

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОГО ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абдукаюмов А.А.¹, Хакимов О.Ш.²

¹Агентство «Узстандарт»,

²НИИ стандартизации, сертификации и технического регулирования

(Институт стандартов) агентства «Узстандарт»

ortagoli@mail.ru

Некоторые текстильные и нетканые материалы, трикотаж, готовые изделия, специальные одежды и средства защиты (далее – материалы) подлежат обязательной сертификации. Одним из основных показателей защитной эффективности этих материалов является их суммарное тепловое сопротивление, определяемое теплопроводностью, толщиной и коэффициентом теплоотдачи поверхности материала.

Определение суммарного теплового сопротивление материалов R_{Σ} , как известно [1], основано на измерении темпа охлаждения m тепловой ячейки, изолированной образцом исследуемого материала, на δT градусов с последующим вычислением по формуле

$$R_{\Sigma} = \frac{E}{\Phi \cdot K (m - B \cdot E)}. \quad (1)$$

Следовательно, основными источниками неопределенности результата измерения суммарного теплового сопротивления являются:

$E=3C_1/(3C_1+C_2)$ – коэффициент;

$\Phi=C_1/S$ – тепловой фактор калориметра, Дж/(м²К);

$K=0,4+[0,6/(1+2b/D)^2]$ – коэффициент, учитывающий рассеяние теплового потока в пробе;

m – темп охлаждения, с⁻¹;

B – поправка, учитывающая рассеяние теплового потока в калориметре.

Основным элементом установки [2,3] для измерения суммарного теплового сопротивления текстильных материалов (далее – установка) является тепловая ячейка, представляющая собой медную пластину (265x243x4,7 мм).

Темп охлаждения m_i тепловой ячейки определяется по формуле

$$m_i = \frac{\ln T_0 - \ln T_i}{t_i - t_0}, \quad (2)$$

где T_0 , T_i и t_0 , t_i – начальные и текущие температура и время охлаждения тепловой ячейки.

Значение температуры измеряется с точностью до десятой доли градуса, а времени охлаждения ± 1 секунда. В момент, когда температура достигнет значения $(65 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, прекращаются измерения. Средние значения m и R_{Σ} вычисляются по результатам 3-5 кратных измерений. Значения коэффициентов E , Φ , K и B берут из паспорта или сертификата аттестации установки.

Установка обеспечивает измерение суммарного теплового сопротивления

в диапазоне $0,1 \div 1,5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ с погрешностью не более 3-5 %. Погрешность измерения температур в диапазоне от 15 до 80 °С не более 0,3 °С. Скорость нагрева пластины не менее 7 °С/мин.

Оценивание неопределенности результатов испытаний продукции является требованием международных стандартов, в частности ISO/IEC 17025:2005 [4].

Реализация перечисленных требований стандартов осуществляется на основе использования "Руководства по выражению неопределенности измерений" (GUM: 1993) [5].

В рассматриваемой работе неопределенности типа А оценены по результатам 5-ти кратных наблюдений, а типа В оценены с учётом погрешностей измерений, в основном, температуры ($\pm 5 \text{ °С}$), времени ($\pm 1 \text{ с}$), вычислений и, округления ($\pm 0,1$). Оценены: коэффициенты чувствительности суммарных стандартных неопределенностей к изменениям стандартных неопределенностям результатов измерения величин m и R_{Σ} ; вклады стандартных неопределенностей входных величин в суммарная стандартная неопределенность типа А и типа В; коэффициенты корреляции между входными величинами. После определения всех составляющих неопределенности измерения оценена суммарная стандартная неопределенность $u(R_{\Sigma})$ в соответствии с законом распространения неопределенности [5] и расширенная неопределенность U результата измерения.

Список литературы

1. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления.
2. Джаббаров Р.Р., Хакимов О.Ш., Черепанов В.Я. Калориметр для измерения суммарного теплового сопротивления текстильных материалов // Измерительная техника. -2001. - № 5. – С43-45.
3. Джаббаров Р.Р., Хакимов О.Ш., Черепанов В.Я. Установка для измерения теплового сопротивления теплоизоляционных материалов. //Материалы пятой Международной научно- технической конференции “Актуальные проблемы электронного приборостроения”. 26-29 сентября 2000 года, Новосибирск. – 2000. – Т.3. – С. 200.
4. ISO/IEC 17025:2005 General requirement for the competence of testing and calibrating laboratories.
5. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva: ISO, 1993. 101 p.

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Ахмедов Г. М.

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт
стандартизации, сертификации и технического регулирования»
2501483@mail.ru*

Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан № 220 от 14 марта 2019 года создан “Институт стандартизации, сертификации и технического регулирования” при ангенство “Узстандарт” (Институт стандартов). Одним из основных подразделений Института стандартов является “Центр переподготовки и повышения квалификации”. Центр обеспечивает переподготовку и повышение квалификации специалистов в области стандартизации, технического регулирования, метрологии и оценки соответствия, в том числе неразрушающего контроля.

В сотрудничестве с развитыми странами в 2019 году было организовано 7 международных учебных курсов, один из которых был проведен в Турции. Около 300 специалистов прошли обучение по международным стандартам, в частности, ISO 9001: 2015, ISO 22000: 2018, ISO 14001: 2015, ISO 37001: 2016, ISO19011: 2018, ISO 50001: 2018, ISO / IEC 17025 [1].

В Центре занятия проводятся интерактивными методами на основе современных педагогических технологий и слушатели получают не только теоретические знания, но проходят практические занятия. Для проведения учебного процесса на должном уровне приглашаются ученые и с других стран, в их числе и ученые Украины: Величко О.Н., Гордиенко Т.Б., Рамазанова-Степкина Е.А. и многие другие. Также приглашаются опытные специалисты и эксперты-аудиторы на протяжении многих лет.

Центр проводит учебные курсы по визуальному контролю – VT, ультразвуковому контролю – UT, магнитопорошковому контролю – MT, вихретоковому контролю – ET, радиографическому контролю – RT и контролю проникающими веществами – PT, в соответствии с международным стандартом ISO 9712 [2]. Этот курс предназначен для специалистов I и II уровней.

В настоящее время в республике необходимо организовать повышение квалификации и сертификацию специалистов III уровня. Поэтому Институт стандартов вносит предложение организовать в 2020 году курсы по повышению квалификации специалистов методам неразрушающего контроля III уровня.

Список литературы

1. ГОСТ ISO/IEC 17025- 2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (IS O /IEC 17025:2017, IDT).
2. ISO 9712:2012(en) Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МЕХАНІЧНОГО ВИКОНАННЯ СТАНДАРТНИХ СИМВОЛІВ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Білевська О.С., Лазебний В.М., Несін В.В., Озерчук І.М.

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових
експертиз Служби безпеки України
witnes@ukr.net*

Стандартні символи для заміни написів активно застосовуються в приладобудуванні. Перелік найуживаніших символів зазначений у стандарті ISO 7000 [1]. Основою для побудови є базовий квадрат зазначений у IEC 80416-1 [2]. Часто пропонується форма символів є громіздкою. Виникає складність у їх механічному виготовленні як за стандартною процедурою нанесення за допомогою шаблону на гравіювально-фрезерних верстатах зі зменшувальним пантографом, так і для програмного описання форми за допомогою G-кодів у сучасних оброблюваних центрах. Зображення символу займає значну площу в стандартному вигляді, а зменшення його розмірів до 2 мм по висоті призводить до втрати інформативності. Велика кількість елементів зображення різної форми та напрямку унеможливорює мініатюризацію без зменшення глибини обробки поверхні на якій вони плануються до нанесення. Як наслідок, ускладнюється процедура забезпечення контрасту зображення втиранням емалі та зменшується чіткість сприйняття символу. Частина перерахованих проблем визнається і в ISO/IEC 74 [3].

З метою усунення вищенаведених недоліків, збільшення можливості мініатюризації зображення, спрощення механічного виготовлення, забезпечення загальної технологічності виконання та внесення декоративно-захисного покриття символу на виробках та досягнення іншого позитивного ефекту рекомендується: 1) залишаючи загальну форму, проводити спрощення символів, зменшуючи кількість елементів, з яких вони складаються; 2) зазначити конкретні взаємні співвідношення округлих та прямолінійних елементів.

Вказана зміна конструктивних особливостей та введення конкретних взаємних співвідношень елементів змінених символів, які виконуються механічною обробкою, підвищує технологічність нанесення та поліпшує основні технічні характеристики, які є визначальними для вказаних символів. Такими характеристиками є наочність, чітке зображення і достатній контраст, простота, інформативність, естетичне й інтуїтивне сприйняття зображення символу спостерігачами.

Список літератури

1. ISO 7000 Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis.
2. IEC 80416-1 Basic principles for graphical symbols for use on equipment – Part 1: Creation of graphical symbols for registration.
3. ISO/IEC GUIDE 74:2004 “Graphical symbols – Technical guidelines for the consideration of consumers’ needs”.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕПОЛИНОМИАЛЬНОЙ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЗАВИСИМОСТИ С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИТ

Боцюра О.А., Захаров И.П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

newzip@ukr.net

Задача построения калибровочной зависимости средств измерительной техники (СИТ) $Y = f(X)$ решается с помощью измерительного эксперимента, в ходе которого величины X и Y измеряются или/и задаются с некоторыми погрешностями. По полученным значениям X и Y для заданного вида зависимости $f(X)$ проводят ее идентификацию и вычисляют неопределенность построенной зависимости.

Наиболее распространенным методом решения задачи идентификации является метод наименьших квадратов (МНК) [1], который хорошо реализуется для полиномиальных зависимостей. В метрологической практике нередко приходится сталкиваться со случаем, когда при идентификации нелинейной калибровочной зависимости повышение степени полинома в разумных пределах не приводит к существенному уменьшению погрешности аппроксимации. В этом случае применяют преобразование исходной зависимости $Y = f(X)$ в линейную зависимость $Y^* = A_0 + A_1 X^*$ путем замены переменных $X^* = \Phi(X)$; $Y^* = \Psi(Y)$. Параметры A_0, A_1 линеаризованной зависимости в дальнейшем находят с помощью МНК.

Неопределенность идентификации линеаризованной зависимости состоит из двух составляющих – неопределенности аппроксимации и инструментальной неопределенности. Первая составляющая находится известными способами в рамках использования МНК. При нахождении второй составляющей рассматривают два случая: значения входной переменной известны точно; значения входной переменной определяются экспериментально и известны с соответствующими неопределенностями u_X [2].

Необходимо учитывать, что поскольку с помощью СИТ непосредственно измеряются значения Y и X , то при идентификации линеаризованной зависимости $Y^* = A_0 + A_1 X^*$ инструментальные неопределенности u_Y и u_X необходимо пересчитать в инструментальные неопределенности u_{Y^*} и u_{X^*} .

В докладе рассмотрено решение задачи оценивания неопределенности идентификации неполиномиальной зависимости с учетом погрешностей СИТ.

Список литературы

1. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: “Энергоатомиздат”, 1990 – 224 с.
2. Захаров И.П. Составление бюджета неопределенности совместных измерений // Український метрологічний журнал. – 2005, № 2, с. 5-11.

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Брагинец И.А., Масюренко Ю.А.

Институт электродинамики НАН Украины

kiabio@i.ua

В практике измерений значительную долю составляют измерения линейных размеров и перемещений, связанные с контролем геометрических параметров различного оборудования. При невозможности установки на объекте необходимого оснащения без изменения конструкции самого объекта, нагреве объекта до высокой температуры (более 1000°) в условиях высокой влажности мониторинг оборудования предусматривает бесконтактное получение измерительной информации о линейных размерах контролируемого объекта или его элементов с погрешностью 0,1...1,0 мм. Целесообразным в данном случае является использование оптоэлектронных измерительных систем, построенных на базе фазовых лазерных дальномеров. Однако в этом случае при контроле объектов с диффузным оптическим отражением возникает случайная погрешность, обусловленная влиянием внешних факторов (фоновая засветка, электромагнитные наводки) и внутренних шумов фотоприемника и усилителя, входящих в структуру дальномера.

Как показали результаты исследований, доминирующее влияние оказывают внутренние помехи, к числу которых относятся белый шум и низкочастотный (фликкер) шум. Случайная погрешность, обусловленная действием белого шума, некоррелирована и поэтому может быть существенно уменьшена за счет усреднения результатов многократных измерений. Однако в этом случае значительно увеличивается время измерения. Фликкер-шум, спектральная плотность мощности которого, в отличие от белого шума, не постоянна и существенно возрастает со снижением частоты, ограничивает возможность повышения точности измерения путем усреднения.

В докладе рассматриваются рекомендации по применению нетрадиционных методов повышения помехоустойчивости указанных систем, основанные на реализации специальных алгоритмов оценки фазовых сдвигов сигналов, пропорциональных измеряемому расстоянию. Здесь возможны два варианта решения задачи: компенсация влияния шума и повышение значения отношения сигнал-шум.

В [1] рассмотрен алгоритм оценки фазового сдвига, основанный на ортогональной обработке исследуемого сигнала. При этом математическая модель измеренного значения φ_u может быть представлена выражением:

$$\varphi_u = \arctg \left[(\sin \varphi_x + \sigma_u) (\cos \varphi_x + \sigma_u)^{-1} \right], \quad (1)$$

где φ_x – истинное значение фазового сдвига; σ_u – среднеквадратическое значение случайной погрешности в относительных единицах из-за влияния

фликер-шума.

Предложенный алгоритм предполагает введение в измерительный канал системы такого дополнительного фазового сдвига, чтобы значения $\sin \varphi_x$ и $\cos \varphi_x$ в (1) были примерно одинаковыми с учетом базового расстояния до контролируемого объекта (оно может составлять от 3 до 30 м). В этом случае влияние σ_ϕ на результат измерения φ_e существенно уменьшается. Указанный алгоритм позволяет также повысить эффективность подавления широкополосных помех при усреднении результатов многократных измерений. В табл.1 приведены данные вычислений случайной погрешности в градусах $\Delta\varphi^\circ$ и единицах длины ΔL при различных значениях числа выборок шума N , $\sigma_{\phi-ш}$ и отношения сигнал-шум ρ .

Таблица 1

N	$\sigma_{ш}$	0,01		0,005		-0,01		-0,005	
	ρ	100	300	100	300	100	300	100	300
100	$\Delta\varphi^\circ$	0,055	0,016	0,05	0,02	0,056	0,016	0,046	0,018
	ΔL , мм	0,457	0,131	0,416	0,166	0,47	0,135	0,385	0,147
500	$\Delta\varphi^\circ$	0,02	0,00634	0,023	0,00843	0,021	0,00652	0,022	0,00872
	ΔL , мм	0,166	0,053	0,194	0,07	0,171	0,054	0,181	0,073
1000	$\Delta\varphi^\circ$	0,015	0,00834	0,015	0,0061	0,015	0,00624	0,017	0,0069
	ΔL , мм	0,123	0,07	0,125	0,051	0,128	0,052	0,145	0,058

Рассмотрен также второй путь повышения помехоустойчивости лазерных дальномерных систем за счет увеличения значения ρ . В принципе, уменьшение интенсивности шумов в измерительном канале системы можно достичь при снижении частоты модуляции лазерного излучения. Однако в этом случае повышенные требования по точности предъявляются к фазоизмерительному устройству, поскольку фазовому циклу соответствует большее значение длины волны. Поэтому нами предлагается компенсационный метод измерения фазового сдвига с использованием высокоточного фазовращателя в виде калиброванной световолоконной линии [2]. При реализации указанного метода к фазометру предъявляются не столь жесткие требования по точности и при относительно низкой частоте модуляции лазерного излучения (до 25 МГц) можно проводить линейные измерения с погрешностью не более 0,05 мм.

Список литературы

1. Брагинец И.А., Зайцев Е.А., Кононенко А.Г., Масюренко Ю.А., Ниженский А.Д. Повышение помехоустойчивости фазовых лазерных дальномерных систем. *Технічна електродинаміка*. 2014. № 3. С.91-96.
2. Брагинец И.А., Зайцев Е.А., Кононенко А.Г., Масюренко Ю.А. Применение компенсационного метода измерения фазового сдвига в лазерных дальномерных. *Технічна електродинаміка*. 2015. № 3. С.75-80.

ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Букреева О. С.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
olga_bukreeva@ukr.net*

Стремительное развитие инноваций и глобализация создают высокую конкуренцию на рынке труда между молодыми специалистами. Так, по данным базы ЄДЕБО (info.edbo.gov.ua) по специальности 152 «Метрология и информационно-измерительная техника» в Харьковской области 7 вузов выпускают магистров, а 6 из них – бакалавров, где в настоящий момент на дневной и заочной форме обучаются 293 человека в магистратуре и 397 в бакалаврате. В то же время, самые популярные сайты по поиску работы в Украине (www.work.ua, rabota.ua, ua.trud.com, ua.jooble.org, hh.ua) предлагают порядка 30 вакансий на должность метролога (по состоянию на 04.01.20). Также, кроме профессиональных навыков, работодатели требуют от выпускников организаторских, управленческих, коммуникативных умений. Эти факторы создают необходимость поиска приемов эффективного обучения студентов с учетом характера каждой дисциплины.

Дисциплины в сфере технического регулирования входят в учебный план подготовки бакалавров и магистров указанной специальности с целью формирования у студентов таких профессиональных компетенций (К) и программных результатов обучения (ПР):

1) для бакалавров: К22 «Способность разрабатывать нормативную и методическую базу для обеспечения качества и технического регулирования и разрабатывать научно-технические основы систем управления качеством и сертификационных испытаний»; ПР11 «Знать стандарты по метрологии, средствам измерительной техники и метрологическому обеспечению качества продукции»; ПР18 «Свободно владеть терминологической базой специальности, понимать научно-техническую документацию государственной метрологической системы Украины, международные и межгосударственные рекомендации и руководства по специальности» [1];

2) для магистров: К21 «Способность учитывать требования к метрологической деятельности в сфере технического регулирования, обусловленные необходимостью обеспечения устойчивого развития»; ПР06 «Уметь разрабатывать нормативно-технические документы и стандарты метрологической направленности на инженерные продукты, процессы и системы» [2].

Для этого студенты должны знать понятия стандартизации, сертификации, оценки соответствия, технического регулирования, их нормативно-правовую базу, принципы и методы, схемы и модули оценки соответствия, требования к органам оценки соответствия и порядок их аккредитации, порядок сертификации продукции и систем управления, порядок разработки и внедрения стандартов, особенности международных процессов стандартизации, ответственность за нарушение законодательства в сфере технического

регулирования. Как видно из данного перечня, специфика этих дисциплин носит, в основном, теоретический характер и базируется на изучении нормативных и правовых документов. Эти факторы осложняют получение студентами необходимых К и ПР.

Решением этой проблемы может быть использование инновационных технологий (лично-ориентированное обучение, лекция-визуализация, проблемное обучение, тестовые формы контроля знаний, блочно-модульное обучение, метод проектов, обучение в сотрудничестве) [3] и интерактивных методов обучения (мозговой штурм, мини-лекция, работа в группах, ролевая игра, разработка проекта, решение ситуационных задач, дискуссия группы, интервью, проигрывание ситуаций, выступление в роли обучающего, занятия в виде «круглых столов»). Подтверждением эффективности данных методов может быть производственно-ориентированная технология обучения [4], которая, однако, требует наличия тесных связей с предприятиями отрасли или производственной базы для практики студентов. Кроме того, для будущих инженеров важным навыком является самостоятельный информационный поиск. Авторы [5] предлагают методы его развития путем создания учебно-профессиональных ситуаций полной определенности (известны цель, содержание, средства и результат), частичной неопределенности (известны цель и содержание), полной неопределенности (известна цель). Такими ситуациями с различной неопределенностью могут выступать деловые игры, а с полной неопределенностью – метод проектов. Т. о., с учетом специфики дисциплин в сфере технического регулирования и материально-технических условий вуза, предлагается использовать указанные методы для повышения качества и результативности обучения студентов.

Список литературы

1. Наказ МОН України № 1263 від 19.11.2018 «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти».

2. Наказ МОН України № 731 від 24.05.2019 «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» для другого (магістерського) рівня вищої освіти».

3. Гузеев В.И. Роль инновационных технологий обучения при подготовке специалистов в области метрологии, стандартизации и сертификации. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. 2015. Т. 15. № 1. С. 91-99.

4. Логанина В. И. Опыт применения производственно-ориентированной технологии обучения при подготовке специалистов по направлению «Стандартизация и метрология». *Траектория науки. Электронный научный журнал*. 2016. № 3(8). С. 5.12-5.18.

5. Гончарова Я. С. Обучение бакалавров в техническом вузе: создание учебно-профессиональных ситуаций в процессе преподавания дисциплины «метрология, стандартизация и сертификация». *Вестник КрасГАУ*. 2014. № 6. С. 312-314.

ДОСЛІДЖЕННЯ БЮДЖЕТУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ У БЕЗЛУННІЙ КАМЕРІ

Васильєва О.М., Макаров О.В., Колбасін О.І.

Національний науковий центр «Інститут метрології»

koropetc@ukr.net

Проблеми метрологічного забезпечення радіоелектронних систем і підвищення достовірності вимірювань в області надвисоких частот 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.

Наявність еталона одиниці напруженості електромагнітного поля дає можливість проведення калібрування і повірки різного типу антен і вимірників рівнів електромагнітного поля.

Джерела невизначеностей вимірювань при реалізації установки відтворення одиниці напруженості електромагнітного поля на базі безлунної камери можна розподілити на декілька категорій [1, 2]:

- 1) невизначеності, які пов'язані з вимірюванням потужності сигналу, що надходить на вхід рупорної антени;
- 2) невизначеності, які пов'язані із застосуванням рупорних антен;
- 3) невизначеності, які пов'язані з вимірювальним середовищем;
- 4) невизначеності, які пов'язані із застосуванням кабелів та пристрою позиціонування зонду.

У ході досліджень була проведена оцінка вищезазначених джерел невизначеності з метою визначення складових, які вносять найбільший внесок до сумарної невизначеності відтворення одиниці напруженості та розробка заходів з їх мінімізації.

Перелік джерел

1. Christopher Eio. CSEM KEY COMPARISON CSEM.RF-K24.F E-field measurements at frequencies of 1 GHz, 2.45 GHz, 10 GHz and 18 GHz and at indicated field levels of 10 V/m, 30 V/m and 100 V/m. Final Report of the Pilot Laboratory, National Physical Laboratory, Teddington, March 2013. – 358 с.

2. Hill, D., et al., “Generating Standard Reference Electromagnetic Fields in the NIST Anechoic Chamber, 0.2 to 40 GHz”, NIST Technical Note 1335, March 1990.

НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ПРИНЦИПЫ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

Ващенко Л.Л., Любинский В.Р., Молчанова Н.И.

Институт сцинтилляционных материалов

Национальной академии наук Украины

vashenko@isma.kharkov.ua, molchanova@isma.kharkov.ua

Показатели качества средств измерений (СИ) ионизирующих излучений к которым относятся: дозиметры, радиометры, спектрометры, устройства (блоки) детектирования дозиметрические и радиометрические, а также комбинированные и многофункциональные приборы - это количественная или качественная характеристика одного или нескольких свойств этих СИ, которая определяет их качество и рассматривается применительно к условиям их разработки, изготовления и эксплуатации [1].

Номенклатура показателей качества формируется на этапе разработки СИ ионизирующих излучений, так как здесь они закладываются в конструкцию. Далее на этапе изготовления эти показатели находят свое воплощение, а на этапе эксплуатации показатели становятся характеристикой СИ.

На этапе разработки оценивается уровень разрабатываемых СИ, в результате чего устанавливаются требования к качеству СИ и проводится их включение в ТУ.

В первую очередь рассматривается группа показателей качества по назначению, обуславливающая область применения СИ ионизирующих излучений. К этой группе относятся такие показатели как «измеряемая физическая величина», «диапазон энергий или измеряемый нуклид (нуклиды)», «время установления рабочего режима», «время непрерывной работы» и в зависимости от назначения СИ «диапазон измерений», «предел допускаемой основной погрешности СИ», «энергетическая зависимость», «чувствительность или коэффициент преобразования», «предел допускаемой основной погрешности характеристики преобразования», «характеристика преобразования», «абсолютное или относительное энергетическое (амплитудное) разрешение», «максимальная статистическая загрузка» [1].

Затем группа показателей стойкости, которые характеризуют устойчивость и прочность к внешним воздействиям – это «устойчивость», «прочность», «предельно допустимое облучение», «радиационный ресурс».

Затем идет группа показателей надежности – это «вероятность безотказной работы», «средняя наработка на отказ или средняя наработка до отказа», «среднее время восстановления», «средний срок службы до капитального ремонта или средний срок службы», «средний срок сохраняемости», «коэффициент готовности или коэффициент оперативной готовности».

К показателям технологичности относятся «коэффициент использования материала» и «коэффициент сборности».

Следующая группа показатели транспортабельности, а именно «габаритные размеры без упаковки», «масса без упаковки», «габаритные размеры с упаковкой», «масса с упаковкой».

К показателям качества характеристик относятся: «условия эксплуатации и назначение», «безопасность», «вид детектора или его наименование по стандартам и техническим условиям на конкретный тип», «характеристика выхода информации или выходного сигнала СИ», «характеристика источника питания», «характеристика присоединительных элементов», «метод измерений и принцип действия СИ», «гарантийный срок».

С использованием такого подхода к выбору показателей СИ ионизирующих излучений при большом разнообразии использования установлена их оптимальная номенклатура с возможностью ее рисков на всех этапах жизненного цикла СИ [2].

Кроме того, для большого количества документов, которые разрабатываются на всех стадиях жизненного цикла СИ ионизирующих излучений, а именно (технического задания, пояснительной записки, технического описания, технических условий) применяется далеко не вся эта номенклатура показателей и в дальнейшем для различных стадий разработки документов установлена применяемость определенных показателей.

Таким образом на этапе разработки оценивается уровень разрабатываемых СИ ионизирующих излучений, в результате чего устанавливаются требования к качеству СИ и производится выбор оптимальных показателей качества СИ для установления их в ТУ.

На этапе изготовления определяется фактическое значение показателей качества СИ ионизирующих излучений, по результатам контроля и испытаний оценивается уровень изготовления СИ и принимаются соответствующие решения при управлении качеством.

На этапе эксплуатации оценивается уровень качества изготовленных СИ ионизирующих излучений и по результатам эксплуатации применяются управляющие решения, направленные на сохранение или повышение уровня качества СИ и при необходимости установление дополнительных значений номенклатуры показателей качества СИ.

Список литературы

1. Ващенко Л.Л., Любинский В.Р., Молчанова Н.И. К вопросу о выборе номенклатуры показателей качества средств измерений // 19-я Международная научно-практическая конференция с действующими семинарами «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика» (КСК-19). Тезисы докладов, 09–13 сентября 2019 г., Одесса. – Одесса, 2019. - С. 34-36.

2. Ващенко Л.Л., Молчанова Н.И. О выборе номенклатуры показателей качества средств измерений с использованием метода оптимизации //Інфраструктура якості: перспективи та тенденції розвитку. Переваги застосування стандартів: IV Міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей (Київ, 16 жовтня 2019 року). – Київ, ДП«УкрНДНЦ», 2019. – С. 7 - 8.

LINKING RESULTS OF INTER-LABORATORY COMPARISONS FOR DC ELECTRICAL RESISTANCE

Velychko O.¹, Gordiyenko T.², Boriak K.³

¹*State enterprise “All-Ukrainian Research and Production Center for Standardization, Metrology, Certification and Consumers Rights Protection” (SE “UKRMETRTESTSTANDART”),*

^{2,3}*Odesa State Academy of Technical Regulations and Quality (OSATRQ)*

¹*velychko@ukrcsm.kiev.ua, ²t_gord@hotmail.com, ³kostya.boryak@gmail.com*

The issue of organizing and conducting the inter-laboratory comparisons (ILC) is a rather pressing issue for the National Accreditation Agency of Ukraine accredited calibration laboratories (CL) and testing laboratories (TL). In order to confirm the competence of the CL and TL in accordance with the requirements of national standard DSTU ISO/IEC 17025 [1], accreditation in the field of accreditation is necessary. ILC programs are developed in accordance with the requirements of national standards DSTU ISO/IEC 17025 and DSTU EN ISO/IEC 17043 [2].

At the initiative of the SE “Ukrmetrteststandart” as a reference laboratory (RL or Ref) was organized and conducted two rounds of ILC calibration of direct current (DC) measures of electrical resistance for CLs. These rounds were conducted radially in 2016 and in 2018-2019. Only 12 CLs including the RL participated in these rounds [3, 4].

The deviations of the results obtained by each CLs were determined and their correctness was evaluated taking into account the measurement uncertainty of by one of the criteria for performance statistics for the selected electrical resistance ratings [5]. The evaluation of the results of each participating CL was performed using a criterion based on performance statistics – the E_n number, which was defined by:

$$E_n = |D_{lab}| / \sqrt{U(R_{lab})^2 + U(R_{ref})^2}, \quad (1)$$

where $U(R_{lab})$ is expanded measurement uncertainty in determining the value of DC electric resistance by the CL participant; $U(R_{ref})$ is expanded uncertainty obtained by calibrating electrical resistance measurements by the RL for the appropriate nominal (1 Ohm, 10 Ohm and 100 Ohm).

In this case, if:

$|E_n| \leq 1$ is the result does not require corrective action or reaction;

$|E_n| > 1$ is the result does require corrective action or reaction.

The results of the two rounds of ILC of the measures of DC electric resistance of 1 Ohm, 10 Ohm and 100 Ohm are obtained. The linking procedure of ILCs is used for rounds of ILC.

For analyze the results of the ILC and to formulate conclusions regarding the

CLs participating in the ILC calibration of DC electrical resistance measures of all determined denominations the E_n number determined by (1) was used [5].

Studies of the RL showed that the participating CLs in ILC used their own measurement methods and their own working standards. The obtained values of E_n numbers for both rounds show that for all the CLs participating in the ILC they satisfy the established criterion, except for the results of the next CLs from first round ($E_n > 1.00$):

Lab 4 ($E_n = 4.56$) and Lab 6 ($E_n = 2.35$) for electrical resistance of 1 Ohm;

Lab 1 ($E_n = 1.95$) and Lab 2 ($E_n = 6.06$) for electrical resistance of 10 Ohm;

Lab 2 ($E_n = 4.26$) for electrical resistance of 100 Ohm.

A comparative analysis of the corrected results of the calibration of DC resistance measures for laboratories that took part in the first and second rounds was carried out.

References

1. DSTU ISO/IEC 17025:2006 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

2. DSTU EN ISO/IEC 17043:2014 Conformity assessment. General requirements for testing laboratory qualifications.

3. Velychko O., Dovgan V., Nikitenko D., Brezytskiy Ya. Interlaboratory comparisons of results of calibration of measures of electric resistance of direct current // Metrology and devices, 2018. – № 2. – P. 25–30.

4. Velychko O., Dovgan V., Nikitenko D., Brezytskiy Ya. Second round of interlaboratory comparisons of results of calibration of DC electrical resistance measures // Metrology and devices, 2019. – № 5. – P. 8–13.

5. Velychko O., Gordiyenko T. Metrological Traceability at Different Measurement Levels. In book “Standards, Methods and Solutions of Metrology”. Edited by Luigi Cocco. Published by IntechOpen, United Kindom. October, 2019, pp. 1–21.

EXTENDED METHOD OF ESTIMATION UNCERTAINTIES OF INDIRECT MULTIVARIABLE MEASUREMENTS AND THEIR SYSTEMS

Zygmunt Warsza¹, Jacek Puchalski²

¹*Industrial Research Institute of Automation and Measurements (PIAP),*

²*Central Metrology Office (GUM), Warszawa Poland*

zlw1936@gmail.com, j.puchalski@gum.gov.pl

The new extended mathematical model for evaluation uncertainties of indirect multivariable measurements, which upgrade method given in Supplement 2 of GUM, is proposed. In this model the uncertainties and all correlations of parameters of the processing function are taken into account. This new model can be used also to describe the accuracy of instruments and systems of such measurements.

In the basic and technical research, in monitoring and technical diagnostics, many physical quantities and parameters have to be measured for characterize the object under the test. In many cases there is no possibilities to carry out direct measurements. Then indirect methods must be applied. The international recommendations for application of the method of determination estimators of values, uncertainties and correlations in multivariable measurements are described in Supplement 2 to the GUM. General processing relation (1) and propagation of absolute (2a) and of relative variances (2b) [1] of X for $U_F = \mathbf{0}$ are:

$$Y = F(X) \quad (1)$$

$$U_Y = S U_X S^T \quad (2a)$$

$$U_\delta = S_\delta U_{\delta(X-X_0)} S_\delta^T \quad (2b)$$

Main quantities and their symbols used in this paper: X, Y -input and output measurands, X_0, Y_0 - their initial values; \bar{X}, \bar{Y} – vectors of estimators of n values \bar{x}_i and of m values \bar{y}_j ; $\underline{u}_x, u_{\delta x}, u_y, u_{\delta y}$ – their absolute and relative standard uncertainties; $F(X), U_F, U_{\delta F}$ – multivariable functional of processing X to Y and its covariance matrices; S, S_δ , –sensitivity and covariance matrices for absolute and relative uncertainties; $U_X, U_{\delta X}, U_Y, U_{\delta Y}, U_{YP}$ – covariance matrices of X and Y ; $U_P, U(P,X)$ – covariance and correlation matrices of k parameters P of the processing circuit E .

Relations (2a,b) for covariance matrices U_Y, U_δ of absolute and relative uncertainties of estimators \bar{y}_j of results obtained for indirectly observed m -dimensional measurand Y , are the same whether the measurement functional $F(X,P)$ is linear or linearized by the first derivative. All, or some components of measurement results \bar{Y} can be next used separately or jointly. In the latter case it is also necessary to take in considerations the correlations between of variables y_i of the output measurand Y .

In many cases the realization of indirect measurements of m – components of the measurand Y is made by automatic measurement systems. If not, then a collection of individual quantities of X should be synchronically measured, and from above data both, of \bar{Y} and covariance matrices U_X, U_Y can be externally calculated.

This recommendation of GUM-S2 do not cover situations, when the functional $F(X, P)$ is not accurate. For example, that is due to approximation of transfer function, signal processing circuits made on elements with uncertainty and limited frequency ranges, with AC/DC converters, analogue multipliers, etc. In the most precise measurements, the rounding of calculations also becomes essential, including ones resulting from the precision of the digital part of circuit.

Supplement 2 of the GUM guide assumes that processing function (1) is accurate and covariance matrices propagate on (2a). In instrumental measuring systems (Fig. 1), the accuracy of the real function $F(X, P)$ depends also on uncertainties and correlation of parameters P . Authors developed the new extended formula for covariance matrix U_Y , which includes all possible influences on uncertainties u_y . It is given below:

$$U_Y = U_X + U_F = S_X U_X S_X^T + S_p U_p S_p^T + S_X U S_p^T + (S_X U S_p^T)^T \quad (3)$$

In several papers, authors described how to use this new method. Few examples of implementation this model to indirect measurement of a two-terminal circuit parameters through a four-terminal T type network, considering the uncertainties and correlation of its impedances in general case and for $U= \mathbf{0}$ are presented in detail in [1], [2, 3],

Literature

[1] Warsza, Z.L., Puchalski, J.: Extended method for evaluation uncertainties of indirect multi-parameter measurements and circuits... Part 1 and 2. *Pomiary Automatyka Robotyka* (2019),v.23, n.3 p.55 and n.4 p.47, DOI:10.14313/PAR_233/55 and DOI:10. 14313/PAR 234/47 (in Polish)

[2] Warsza, Z.L., Puchalski, J.: Estimation of uncertainties in multivariable measurements. Part 1. Case of correlated quantities. Proc. of Conf. Automation 2020, 18-20 March, PIAP, paper 25, Springer series: Advances in Intell. Systems and Comp.

[3] Warsza, Z.L., Puchalski, J.: Estimation of uncertainties in multivariable measurements. Part 2. Influence of the processing function accuracy. Proc. of Conf. Automation 2020, paper 37 Springer series: Advances in Intelligent Systems and Comp.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Войтенко С.С., Мошаренков В.В.

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,

kafedra702@ukr.net

Результати останніх воєнних конфліктів у світі свідчать, що сьогодні у війні перемагає той, хто якісніше підготовлений до проведення бойових дій і вміло застосовує свої знання та озброєння на практиці. Проведення операції об'єднаних сил на сході України викрило низку проблем в організації технічного забезпечення військ (сил). Наприклад відсутність дієвої системи визначення фактичного технічного стану зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) з метою прийняття обґрунтованого рішення з подальшого використання цих зразків. Тому, актуальним питанням є розв'язання проблеми організації ефективної системи контролю технічного стану зразків ОВТ на етапі експлуатації для підвищення бойових спроможностей підрозділів у цілому та їх окремих складових [1].

Зростаюча технічна оснащеність військових підрозділів, поява на озброєнні нових типів бойової техніки привели до необхідності вимірювання оптичних, теплотехнічних, магнітних, світлотехнічних і інших фізичних величин. Ця тенденція зумовлює інтенсивне збільшення витрат часу на виконання завдань контролю технічного стану. Вже сьогодні при технічному обслуговуванні та підготовці ОВТ до бойового застосування 40-90 % часу займають вимірювання. Озброєння військових підрозділів новими високотехнологічними зразками ОВТ (наприклад, високоточними керованими системами ракетної зброї різного призначення; сучасними телекомунікаційними системами; оптико-електронними системами наведення та цілевказівки та системами формування ІЧ-зображень цілей; глобальними системами місце визначення – GPS; засобами визначення електромагнітної сумісності радіоелектронного обладнання; засобами на основі використання надвисокочастотних технологій тощо) підвищує вплив системи контролю технічного стану на досягнення їх завдань за бойовим призначенням [1-4].

Виходячи з аналізу проведення збройних конфліктів у світі та операції об'єднаних сил на сході України сформульована мета контролю технічного стану зразків ОВТ, як складової частини технічного забезпечення ОВТ у локальних війнах [5].

В доповіді наводяться результати аналізу систем технічного забезпечення інших країн (переважно країн членів блоку НАТО). Висуваються вимоги до структури системи контролю технічного стану зразків ОВТ, яка повинна відповідати організаційній побудові військ, поєднуватися зі всіма видами забезпечення бойових дій, відповідати принципу об'єднання однотипних підрозділів при зміні структури військ на різних театрах воєнних дій та

вимогам мобільності, маневреності, підтримці необхідного рівня єдності та точності вимірювань при мінімізації витрат на функціонування системи.

Визначені спільні риси систем технічного забезпечення ОВТ провідних країн. Виходячи з цього в організацію системи контролю технічного стану зразка ОВТ на етапі експлуатації пропонується закласти три основні принципи:

- мобільність технічних підрозділів, яка досягається за рахунок оснащення їх пересувними лабораторіями та транспортабельною апаратурою;
- гнучкість і живучість системи;
- сумісність системи технічного забезпечення з системою бойового забезпечення, що полягає в тому, що технічне забезпечення не повинне приводити до порушення експлуатації озброєння та зниження ступеня його боєготовності.

В доповіді запропоновані завдання для системи контролю технічного стану зразків ОВТ військових підрозділів при реформуванні та наводяться перспективні завдання системи, які пропонується включити до концепції розвитку системи технічного (матеріально-технічного) забезпечення сфери оборони, тобто для системи технічного забезпечення усіх збройних формувань держави. Також визначені напрями та сформульовані основні заходи щодо удосконалення системи контролю технічного стану зразків ОВТ військових підрозділів на етапі їх переозброєння. Врахування запропонованих напрямів і заходів дозволить підвищити ефективність застосування військових підрозділів під час підготовки та ведення бойових дій, проведення антитерористичних, спеціальних і миротворчих операцій шляхом вдосконалення структури системи контролю технічного стану зразків ОВТ та оптимізації елементів цієї системи у сфері оборони.

Перелік літератури

1. Войтенко С.С. Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов, В.В. Куценко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, – Х.: ХНУПС – 2016. – №3(24).

2. Герасимов С.В. Розрахунок функції розподілу вихідного сигналу об'єкту контролю при визначенні його технічного стану / С.В. Герасимов // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХУПС. – 2014. – Вип. 1 (117). – С. 13–17.

3. Герасимов С.В. Розробка оптимальної методики контролю параметрів технічних систем за критерієм точності / С.В. Герасимов // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2014. № 1, с. 213-216.

4. Мошаренков В.В. Совершенствование военных эталонов фазовых сдвигов Вооруженных Сил Украины / В.В. Мошаренков // Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 1 (37), С. 62-64.

5. Войтенко С.С. Особливості метрологічного забезпечення озброєння і військової техніки у локальних війнах останніх десятиріч / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов // Системи озброєння та військової техніки. 2008. № 1 (13). С. 42-46.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОГО ТИПУ ГАЗОРОЗРЯДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Глухова Н.В.¹, Пісоцька Л.А.²

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

²ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

glnavi@ukr.net

В умовах зростаючого техногенного забруднення навколишнього середовища виявлення факторів токсичного впливу на організм людини є актуальним завданням. Небезпека токсичного впливу полягає у складності виявлення порушень у функціонуванні органів та систем на ранніх стадіях [1]. У багатьох випадках причини патологій, викликані зовнішнім токсичним впливом, встановлюються занадто пізно або взагалі залишаються невідомими.

Одним з найважливіших завдань комплексної діагностики є виявлення захворювань на ранніх стадіях. В останні роки з метою медичної діагностики організму людини широкого розповсюдження набув метод газорозрядного випромінювання [2]. В його основі лежить фізичне явище формування газового розряду навколо пальців рук людини під впливом зовнішнього електромагнітного поля. В результаті медико-біологічних досліджень окремим секторам випромінювання навколо пальців поставлено у відповідність функціонування певних органів та систем [3].

На основі опрацювання бази зображень газорозрядного випромінювання та їх співставлення з результатами досліджень іншими діагностичними методами було встановлено, що проявам токсичного впливу на різні органи та системи відповідають затемнені зони з рівномірним забарвленням у секторах зображень з порушенням характерної гіллястої структури формування газорозрядних треків. Також при дослідженнях використовувалась база зображень з групи «контроль» для практично здорових людей. Зображення газорозрядного випромінювання для контрольної групи характеризуються рівномірним розташуванням розгалужених розрядних треків навколо пальця.

Завдання подальших досліджень полягало у розробці системи підтримки прийняття діагностичних рішень, яка базується на інформаційно-вимірювальній технології встановлення типів випромінювання [4], у тому числі визначення токсичного типу. Виявлення та кількісна оцінка характерних ознак на зображеннях, яким відповідають певні властивості та параметри об'єктів досліджень, у загальному випадку є нетривіальним завданням. При необхідності отримати лише окремі кількісні оцінки геометричних параметрів зображень, методика розрахунку результатів вимірювань та метрологічних характеристик не викликає особливих труднощів, тому що очевидним є вимірювальний параметр та відповідні способи оцінки його невизначеності. У даному випадку при розробці інформаційно-вимірювальної технології для системи підтримки прийняття діагностичних рішень необхідно по-перше виявити специфічну ознаку (ознаки) зображень, які вказують на певний тип випромінювання.

Простий аналіз геометричних характеристик картини випромінювання не дозволив розв'язати поставлене завдання, оскільки геометричні розміри випромінювання пов'язані з формою та розмірами пальця, але не залежать від характеристик випромінювання, які для токсичного типу проявляються у вигляді суцільного рівномірного забарвлення певної ділянки у секторі пальця на відміну від нормального типу світіння з гіллястою структурою окремих розрядів.

При порівнянні накопичених баз зображень для нормального та токсичного типів випромінювання і з урахуванням експертних оцінок, для виділення специфічних ознак токсичного типу світіння запропонована наступна послідовність аналізу зображень: 1) побудова профілів яскравості у секторах зображення випромінювання навколо пальця; 2) виділення на основі програмної фільтрації високочастотної складової з кривої профілю яскравості; 3) побудова спектру потужності високочастотної складової профілю; 4) розрахунок суми амплітуд спектральних складових.

Такий підхід заснований на одночасному аналізі геометричних та фотометричних (яскравісних) ознак зображень та дозволяє надати кількісну оцінку просторовій частоті чергування ділянок зображення з різним значенням яскравості. Оскільки при обробці задіяна тільки високочастотна складова профілю яскравості у певному секторі, це дозволило усунути з аналізу загальні для усіх зображень характеристики змін яскравості (зображення завжди має округлу форму та приблизно однаковий розмір) і зосередити увагу на особливостях зміни яскравостей при формуванні розрядних треків.

Шляхом обробки баз зображень для нормального та токсичного типів випромінювання розраховано експериментальні оцінки найбільш ймовірних значень суми амплітуд спектру потужності у вигляді середнього арифметичного та стандартні невизначеності за типом А. Середні арифметичні відповідно для нормального та токсичного типів становили $x_{cp}^{norm} = 53,42$, $x_{cp}^{tox} = 41,31$. Стандартні невизначеності типу А відповідно дорівнюють $u_A^{norm} = 0,33$ та $u_A^{tox} = 0,51$.

Список літератури

1. Jaishankar M. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals / M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan, B. Blessy // Interdiscip Toxicol. – 2014. - #7(2). – PP. 60–72.
2. Коротков К. Г.. Метод ГРВ биоэлектрографии на современном этапе. / К. Г. Коротков СПб. – 2017. – 135 с.
3. Treugut H. Görner C. Lüdtke R. Mandel P. Kirlian-Fotografie: Reliabilität der energetischen Terminalpunkt diagnose (ETD) // Complementary Medicine Research. – 1997. – Vol.4, N 4. – PP.32-45.
4. Глухова Н.В. Автоматизована ідентифікація проявів психоемоційної лабільності на зображеннях газорозрядного випромінювання / Н.В. Глухова, Л.А. Пісоцька // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Том 30 (69), № 5, 2019, Частина 1. – С.69-74.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО РАДІОФІЗИЧНОГО ГРАВІМЕТРА – КОНТРОЛЬНО-КОРИГУЮЧОЇ СТАНЦІЇ РТК МЕРЕЖІ

Головня М.В.¹, Домбровський М.Г.¹, Куліш Ю.М.¹ Матвієнко С.А.²

¹ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»

²АТ "НВК "КУРС"

mgol@ukr.net

В рамках Угоди про спільну наукову діяльність між АТ «НВК «КУРС» і ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» №324/16 від 21.12.2015 на базі Вторинного еталону одиниць часу і частоти з метою поліпшення характеристик та розширення функціональних можливостей РТК-мережі, яку створює АТ "НВК "КУРС" для ДКА, на основі [1],[2],[3] було створено вимірювальний комплекс прискорення вільного падіння g радіофізичним методом - диференційний радіофізичний гравіметр – станцію «ККС-Гравіка», і проведено метрологічні дослідження.

Станція «ККС - Гравіка», крім геодезичних параметрів, видає значення прискорення вільного падіння (ПВП), визначене радіофізичним методом при вимірюванні різниці вихідних частот 10 МГц двох приймачів, рознесених на фіксовану відстань по ортометричній висоті (з різним гравітаційним потенціалом u) і які приймають один і той же сигнал однієї з супутникових навігаційних систем [4]. Один і той же сигнал забезпечується однієї приймальною антеною і дільником потужності сигналу. Вимірювання різниці частот проводиться фазовим компаратором з роздільною здатністю від 10^{-14} на 1 секундному інтервалі спостережень до 10^{-17} на 1000 секундному інтервалі спостережень.

Приймається умова [3], що точки з гравітаційними потенціалами u_0 і u_1 рознесені по висоті над Землею на досить малу відстань ΔH , на якій зміну u можна вважати практично лінійною. Тоді отримують рівняння для визначення величини g по гравітаційному зсуву сигналу Δf з частотою f при проходженні цим сигналом деякої досить малої відстані ΔH в неоднорідному гравітаційному полі

$$g = \frac{\Delta f}{f} \frac{c^2}{\Delta H}.$$

Зсув частоти (а значить і прискорення вільного падіння) визначається відносно джерела високостабільної частоти, яке знаходиться в полі гравітаційного потенціалу u_0 .

При калібруванні ККС на еталоні одиниці прискорення вільного падіння [5] визначалось значення різниці частоти (Δf_g) при абсолютному значенні g і при відомому Δh , а також коефіцієнт перетворення K_g , який характеризує чутливість ККС у вигляді значення різниці частоти (Δf) на 1 Гал зміни ПВП при конкретному Δh . Результати калібрування [6] наведені в табл.1.

Таблиця 1

K_g , Гал/Гц	$2,72401 \cdot 10^{12}$
Δf_g , $g = 980996.5558$ мГал	$0.509568 \cdot 10^{-14}$
Стандартна невизначеність за типом А, u_A , по g , Гал	0.000102

Експериментальне дослідження ККС "Гравіка" дало наступні результати [7]:

1. ККС може виконувати одночасно функції абсолютного та відносного гравіметрів.
2. Значення прискорення вільного падіння вимірюється на рівні знаходження генератора високостабільної частоти.
3. Чутливість ККС дозволяє вимірювати зміну гравітаційного зсуву частоти при зміні висоти на 1 см, що дорівнює 3 мкГал [9].
4. За результатами калібрування ККС у ННЦ "Інститут метрології" стандартна невизначеність за типом А вимірювання прискорення вільного падіння становить 102 мкГал [8], а незалежна оцінка дала значення 39 мкГал.
5. За рахунок гравітаційного зсуву частоти навігаційного сигналу похибка у визначенні координати Z може досягати 20 см.
6. Стає актуальним пошук кореляції між гравіметричними та сейсмічними вимірюваннями. Такі дослідження пропонується провести у рамках нової НДР.

Список літератури

1. Пат. № 83239 «Способ определения параметров гравитационного поля» (МПК G01V 7/00; дата пріоритета 20.02.2006).
2. Пат. № 98358 «Способ определения геодезических параметров и устройство для его осуществления» (МПК G01V 7/14; дата пріоритета 03.06.2010).
3. Свидетельство про регистрацию авторского права № 42468 на произведение научно-технического характера «Радиофизический метод измерения параметров гравитационного поля Земли» от 24.02.2012.
4. С.А. Матвієнко, О.В. Прокопов, В.М. Романько та інш. Експериментальні дослідження щодо застосування GNSS-приймача для реалізації радіофізичного методу визначення гравітаційного потенціалу Землі. Український метрологічний журнал. 2010. № 1. Стор.7-13.
5. Метрологія. Гравіметри. Радиофизическое измерение ускорения свободного падения. Методика калибровки. МКУ 02-461:2017.
6. Сертифікат калібрування UA 01 №3782 від 30.07.2019 «ККС - Гравіка».
7. Науково-технічний звіт за Договором №175/01/10 від 10.10.2019 р. між НЦУВКЗ та АТ "НВК "КУРС" (шифр "Навігація-Гравіка").
8. Грушинский Н.П. Основы гравиметрии. – М. Наука. 1983.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИТРАТОМІРІВ КОРІОЛІСОВОГО ТИПУ

Гребельний І.В., Дегтярьов О.В., Юношев Д.Є.
Харківський національний університет радіоелектроніки
oleksandr.degtiarov@nure.ua

Одним з важливих завдань в нафтовій промисловості є максимально точний контроль витрати нафти, та інших рідких та газоподібних енергоносіїв. Тому у нафтовій промисловості найбільш вагомою характеристикою витратомірів є точність вимірювання. Отже основна мета роботи - розвиток метрологічного забезпечення вимірювань витрат речовини шляхом вдосконалення методів повірки коріолісових витратомірів, та калібрувань трубопоршневих установок [1].

Коріолісові витратоміри, або витратоміри Коріоліса – це витратоміри, принцип роботи яких заснований на вимірюванні сили Коріоліса, яка виникає під час руху речовини через витратомір, та залежить саме від маси речовини.

Коріолісовий витратомір складається з перетворювача витрати (первинний пристрій) і вимірювального пристрою (вторинний пристрій), що вимірює масову витрату на основі взаємозв'язку між рідиною, що протікає, і коливанням сенсорної трубки або трубок у полі дії коріолісової сили. Витратомір – законодавчо регульований засіб вимірювальної техніки. Коріолісові витратоміри вимагають виконання обов'язкових умов, які вказані у ДСТУ ISO 10790:2009 [2].

Сучасні нафтопереробні заводи та вузли обліку нафти потребують витратомірів для обліку великої витрати рідини та відповідно методів повірки та калібрування таких витратомірів. Тому, з урахуванням цих факторів було розроблено витратомірну установку з витратою рідини $Q=500 \text{ м}^3/\text{год}$. Установка має імпульсний вимірювальний канал типу «відкритий колектор» (ВК), що використовується для підключення засобу вимірювальної техніки витрат з імпульсним виходом типу ВК та всі необхідні аналогові вимірювальні канали. Для калібрування установки використовується метод безпосередніх звірень. Розроблено методуку оцінки невизначеності вимірювань та складено бюджет невизначеностей.

Виходячи з цього можливо сказати, що для визначення витрат рідких речовин необхідний точний засіб вимірювальної техніки, який повинен проходити своєчасну та правильну повірку.

Список літератури

1. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості / Й.І. Стенцель, В.В. Тіщук. – Луганськ: Східноукраїнський держ. ун-т, Сєверодонецький технологічний ін-т, 2000. Ч.1. – 263 с.
2. ДСТУ ISO 10790:2009 Вимірювання витрати рідини в закритих трубопроводах. Настанови щодо вибирання, монтажу та застосування коріолісових витратомірів (ISO 10790:1999, IDT).

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ФОТОПРИЕМНИКА НА ТОЧНОСТЬ 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.

Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины

nana.mneyan@gmail.com

В работе оценивалась точность измерения технического светового выхода C_{ph} , в фотонах/МэВ (ф/МэВ), сцинтилляторов на основе оксидных монокристаллов вольфрамата кадмия (CWO) и германата висмута (BGO), *n*-терфенила и сцинтиллятора на основе полистирола (ПС). Измерения C_{ph} сцинтилляторов различных размеров, перекрывавших разные зоны чувствительной поверхности ФЭУ R1307 Ø76 мм, проводили на стандартном спектрометрическом тракте, в соответствии с [1], при возбуждении гамма-излучением ^{137}Cs . Оценивание точности измерений проводилось в соответствии со стандартом [2]. Прецизионность измерений определялась в условиях внутрилабораторной воспроизводимости (3 серии по 3 измерения). Полученные значения прецизионности $S_R(C_{ph})$, правильности $\Delta_c(C_{ph})$ и точности $\pm\Delta(C_{ph})$ измерений светового выхода приведены в табл. 1. Здесь K – отношение чувствительностей зон фотокатода ФЭУ, занимаемых выходными окнами рабочего и исследуемого сцинтилляторов, соответственно.

Таблица 1

Сцинтил-лятор	Размер сц-ра, мм	C_{ph} , ф/МэВ	K	Прецизионность, $S_R(C_{ph})$		Правильность, $\Delta_c(C_{ph})$		Точность, $\pm\Delta(C_{ph})$	
				Абс., ф/МэВ	Отн., %	Абс., ф/МэВ	Отн., %	Абс., ф/МэВ	Отн., %
CWO	Ø40x80	5060	1,000	20,4	0,404	330,1	6,52	336,9	6,65
	Ø15x25	7590	0,920	22,0	0,286	545,0	7,18	551,4	7,27
BGO	□16x40	2800	1,000	16,2	0,582	191,3	6,87	196,6	7,06
	Ø30x50	3340	0,935	17,3	0,519	240,7	7,23	246,3	7,40
<i>n</i> -терфенил	Ø40x16	13680	1,000	55,6	0,404	897,7	6,56	915,9	6,69
	Ø30x16	12700	0,989	59,8	0,474	904,1	7,12	923,5	7,28
ПС	Ø45x20	4300	1,000	20,9	0,486	293,6	6,83	300,3	6,98
	Ø30x15	4700	0,989	33,8	0,734	337,1	7,32	349,1	7,58

Список литературы

1. ДСТУ ІЕС 62372:2009. Ядерне приладобудування. Сцинтилятори упаковані. Методи контролювання технічного світлового виходу та власної роздільної здатності (ІЕС 62372:2006, IDT). [Чинний від 2009-30-12]. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 22 с.
2. ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1-2-3-4-5-6:2005. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. [Чинний від 2006-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2006. 31 с.

НОВЫЕ ТРЕНДЫ В ОТНОШЕНИИ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Данилов А.А.

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Пензенской области»,

Далеко не все измерительные системы применяются в сфере законодательной метрологии, а потому вместо привычных процедур утверждения типа и поверки для них [1] все чаще применяются калибровка и самоконтроль.

Практика показала, что проведение калибровки с целью введения поправок в результаты измерений, полученных с помощью измерительных каналов измерительных систем, может оказаться не только затруднительно, но и экономически нецелесообразно ввиду того, что различные компоненты распределенных измерительных систем находятся в различных условиях эксплуатации. Это приводит к необходимости не только построения многофакторных моделей измерений и введения дополнительных каналов измерений влияющих величин (условий, в которых находятся компоненты измерительных систем), но и колоссального массива поправок для различных сочетаний значений влияющих величин.

Поэтому в отношении измерительных систем целесообразнее говорить о калибровке, проводимой с целью принятия решения о соответствии измерительных каналов измерительных систем с учетом неопределенности измерений при калибровке [2]. При этом следует иметь ввиду, что для проведения калибровки измерительных каналов измерительных систем в рабочих условиях их эксплуатации могут не существовать переносные калибраторы, обеспечивающие требуемые значения метрологических характеристик. В этом случае целесообразно использовать известный способ [3], позволяющий все же использовать переносные калибраторы с неудовлетворительными значениями метрологических характеристик при условии их кратковременной стабильности в условиях воспроизводимости. Указанный выше способ состоит из двух этапов и заключается в следующем. На первом этапе выполняют калибровку измерительных каналов измерительных систем в рабочих условиях эксплуатации их компонентов с помощью переносного калибратора, а на втором этапе переносной калибратор сличают со стационарным эталоном (находящемся в нормальных условиях эксплуатации) в тех же точках диапазона измерений, в которых был использован переносной калибратор. При этом на втором этапе с помощью специальных технических средств для переносного калибратора обеспечивают те же условия эксплуатации, в которых он использовался в течение первого этапа.

Вместе с тем, проведение комплектной калибровки измерительных каналов измерительных систем в рабочих условиях эксплуатации довольно часто затруднено из-за отсутствия переносных калибраторов с приемлемыми временными и финансовыми затратами на их транспортировку и подготовку к использованию на новом месте. Поэтому вместо комплектной калибровки

целесообразно проводить поэлементную калибровку компонентов измерительного канала, в отношении каждого из которых принимать решение об его соответствии с учетом неопределенности измерений при калибровке [2].

При этом следует помнить, что калибровка позволяет принять решение о соответствии измерительных каналов измерительных систем в данный момент времени в данных условиях, и не дает никаких гарантий о соответствии измерительных каналов измерительных систем как в других условиях эксплуатации, так и в недалеком будущем. Поэтому важными являются вопросы правильного назначения и последующей корректировки интервалов между калибровками, которые могут быть выполнены с применением подхода, описанного в работе [4], развивающего положения [5].

Выводы:

1. В отношении распределенных измерительных систем калибровку следует рассматривать как процедуру, направленную не на повышение точности, а на принятие решения о соответствии измерительной системы заданным требованиям с учетом неопределенности измерений.

2. Для проведения комплектной калибровки в рабочих условиях эксплуатации измерительных систем целесообразно использование двухэтапного способа калибровки, основанного на применении переносного и стационарного эталонов [3].

3. Проведение поэлементной калибровки измерительных каналов измерительных систем целесообразно в случае отсутствия переносных калибраторов с приемлемыми временными и финансовыми затратами на их транспортировку и подготовку к использованию на новом месте.

4. Интервалы между калибровками измерительных систем целесообразно определять с применением подхода, описанного в работе [4], развивающего положения [5].

Список литературы

1. Данилов А.А. Развитие измерительных систем и их метрологического обеспечения. *Метрология*. 2016, № 3. С. 3-11 / Danilov A.A. The development of measurement systems and their metrological support. *Measurement Techniques*. 2016, Vol. 59. pp. 899-903.

2. ILAC-G8:09/2019 Guidelines on decision rules and statements of conformity.

3. Бержинская М.В., Данилов А.А., Кучеренко Ю.В., Ординарцева Н.П. Калибровка средств измерений в рабочих условиях. *Метрология*. 2014, № 1. С. 19-22 / Berzhinskaya M.V., Ordinartseva N.P., Danilov A.A., Kucherenko Yu.V. Calibration of measuring instruments under working conditions. *Measurement Techniques*. 2014, Vol. 57. pp. 228-230.

4. Данилов А.А., Спутнова Д.В., Тюрина Ю.Г. Теоретические основы определения интервалов между калибровками средств измерений. *Законодательная и прикладная метрология*. 2019, № 3. С. 43-45

5. ILAC-G24/OIML D 10: 2007 Guidelines for the determination of recalibration intervals of measuring equipment used in testing laboratories.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО КВАЛІМЕТРИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО СТОХАСТИЧНОГО ОБ'ЄКТУ

Должанський А.М., Бондаренко О.А., Бородин В.О.

Національна металургійна академія України

Sana105@i.ua

Сучасні підходи до забезпечення якості продукції (послуги) передбачають урахування та максимально можливе задоволення специфічних вимог конкретних споживачів. Зазвичай це супроводжується перебільшенням кількості параметрів, що можуть бути врахованими, складнощами та зайвими витратами при виробництві продукції, зокрема, при реалізації підходів “Just-in-Time” [1]. Таке становище формує загальне завдання максимізувати якість продукції для певних вимог з одночасною мінімізацією власних витрат.

Згідно з традиційним підходом поставлене завдання реалізується шляхом формування та максимізації комплексного показника Q якості об'єкту з урахуванням $1 \leq i \leq n$ суттєвих одиничних показників y_i якості з їх коефіцієнтами k_i вагомості, які визначаються експертним шляхом.

Відповідно до запропонованого удосконалення максимізацію комплексного показника Q якості об'єкту слід проводити за рівнями технічних або/та технологічних, або/та організаційних $1 \leq j \leq m_j$ параметрів x_{ij} з коефіцієнтами вагомості, які притаманні відповідним y_i з урахуванням залежностей останніх від x_{ij} , та неповноти опису u об'єкту при $\sum_1^n k_i + u = 1$.

Алгоритм аналізу включає наступні кроки:

- попереднє отримання та аналіз інформації про одиничні показники якості об'єкту оцінювання та процесу його виготовлення;
- формування імітаційної моделі якості об'єкту у вигляді комплексного показника його якості з урахуванням його залежності від нормованих до одиниці одиничних показників якості з їх відповідними коефіцієнтами вагомості;
- забезпечення узгодженості моделі з реальними умовами існування об'єкту та уточнення параметрів моделі;
- представлення комплексного показника якості функціоналом виду:
 $Q = \varphi(x_1, \dots, x_j, \dots, x_m; k_1, \dots, k_i, \dots, k_n; u)$;
- проведення багатопараметричної максимізації функціонала Q за рівнями параметрів x_{ij} . При цьому, коефіцієнти вагомості k_i враховуваних одиничних показників y_i якості об'єкту на першому етапі встановлюють у діапазоні $0 < k_{ij} < (1 - u_1)$, мінімальне значення коефіцієнта вагомості, що обмежує перелік враховуваних одиничних показників якості, визначають за рівнянням:

$$k_{\min} = (k_{\text{сеп}} - (0 \dots 0,9) \cdot s_k), \quad (1)$$

а на другому етапі уточнюють значення коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості та коефіцієнта неповноти опису об'єкту за формулами:

$$k_{i2} = \left(1 + \frac{\sum_{k_{i1} < k_{\min}} k_{i1}}{1 - \sum_{k_{i1} < k_{\min}} k_{i1}}\right) \cdot k_{i1}; \quad (2)$$

$$u_2 = \left(1 + \frac{\sum_{k_{i1} < k_{\min}} k_{i1}}{1 - \sum_{k_{i1} < k_{\min}} k_{i1}}\right) \cdot u_1, \quad (3)$$

де k_{\min} - мінімальне значення коефіцієнта вагомості з переліку k_i , яке обмежує перелік враховуваних одиничних показників якості об'єкту;

$1 \leq i \leq n$ - номер i -того одиничного показника якості об'єкту з n їх загальної попередньо визначеної кількості;

$$k_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{i1}}{n} = \frac{1 - u_1}{n} - \text{попередньо визначена експертним методом середня}$$

величина n значень коефіцієнтів вагомості k_i ;

S_k - стандарт відхилення розподілу k_i від $k_{\text{сер}}$;

k_{ij} - коефіцієнти вагомості i -х одиничних показників якості об'єкту, які визначено на першому ($j=1$) етапі та після уточнення – на другому ($j=2$) етапі;

u_j - оцінка неповноти опису об'єкту;

- зіставлення знайдених значень x_{ij} з реальними умовами існування об'єкту;

- при відсутності математичного максимуму Q визначення значень x_{ij} , які забезпечують його глобальний максимум у рамках моделі, що сформована;

- використання значень x_{ij} при управлінні процесом.

Тестові розрахунки виявили підвищення чутливості представленої моделі до зміни технічних та/або технологічних, та/або організаційних тощо параметрів в реальному діапазоні їх існування та, як наслідок, адекватності та стабільності їх впливу на якість оцінювання об'єкту при забезпеченні максимізованого значення комплексного показника якості об'єкту з наступним підвищенням якості керування останнім.

Список літератури

1. Куць, В.Р. Кваліметрія/ В.Р. Куць, П.Г. Столярчук, В.М. Друзюк. – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 256 с.

PPP-ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО GPS-ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТОК ХНУРЭ 2014–2019 гг.

Жалило А.А., Яковченко А.И.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
alexey.zhalilo@nure.ua*

GPS-позиционирование приземных объектов сантиметровой точности

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования (с использованием реальных измерений) позволили осуществить новые реализации современных методов и алгоритмов PPP-позиционирования наземных объектов по результатам двухчастотных наблюдений сигналов GPS. Метод PPP (Precise Point Positioning) оценки координатных параметров использует вспомогательную информацию (высокоточные орбиты и точные значения отсчетов шкал времени бортовых часов GPS-спутников, другие необходимые параметры) международных и национальных центров обработки наблюдений глобальной и региональных сетей перманентных референционных ГНСС-станций.

В ходе разработки и исследований было:

– реализовано статическое и кинематическое PPP-позиционирование в режимах float-PPP («плавающее» решение) и fixed-PPP (с разрешением дискретных целочисленных фазовых неоднозначностей);

– созданы алгоритмические и программные средства оценивания кодовых и фазовых аппаратурных задержек сигналов в трактах L1 и L2 GPS-спутников на основе использования наблюдений наземных референционных станций;

– проведены экспериментальные исследования и анализ характеристик (точности и сходимости/инициализации) float- и fixed- PPP-решений с использованием реальной измерительной информации.

Прототип программно-математического обеспечения точного PPP-позиционирования включает следующие основные блоки-модули: предварительной обработки наблюдений, оценки тропосферных, ионосферных задержек, а также фазовых инструментальных задержек сигналов в трактах GPS-спутников, решения задачи разрешения фазовой неоднозначности (РФН) недифференциальных наблюдений на трассах «спутники – наземные приемники потребителей»; определение текущих координат потребителей.

Апостериорная оценка точности координатно-временных определений с использованием разработанных реализаций метода PPP показала возможность достижения сантиметровой/миллиметровой точности определения местоположения.

Так, в случае реализации статического режима измерений погрешности суточных float PPP-решений составляют **~5–8 мм** (с вероятностью **P≈95%**). Среднее время сходимости (с вероятностью **P≈95%**) float PPP-решений составляет **~30 мин.** для порога устойчивого достижения точности **~5 см.**

В кинематическом режиме измерений среднее время сходимости float-

решений к точности **~5–8 см (P≈68%)** составляет **~1–2 часа**. Для дискретных fixed PPP-решений среднее время инициализации (разрешения фазовой неоднозначности) в статическом режиме измерений составляет **~15–20 минут**, после чего погрешности точечных оценок координат не превышают **~5 см**.

Определение параметров движения низкоорбитальных космических аппаратов

Для определения параметров движения низкоорбитальных космических аппаратов (НКА) также разработаны и экспериментально исследованы оригинальные реализации PPP-технологий обработки недифференциальных двухчастотных бортовых GPS-наблюдений. При этом выполняются и высокоточные оценки ионосферных задержек навигационных сигналов, которые позволяют моделировать высотное распределение полного электронного содержания (ПЭС/TEC) ионосферы с использованием радиозатменных (Radio Occultation) технологий.

В ходе тестирования экспериментального программного обеспечения выполнена обработка бортовых суточных GPS-наблюдений зарубежных научных НКА COSMIC/FORMASAT-3 и GRACE. Показано достижение дециметровой/сантиметровой точности определения текущих координат НКА при реализации кинематических (без использования моделей движения НКА) float- и fixed- PPP-решений. Достигнута практически потенциальная точность определения параметров траекторий НКА, которая соответствует наиболее современным мировым достижениям и удовлетворяет наиболее жёстким требованиям к точности определения параметров движения НКА для всех существующих и будущих космических миссий.

В частности, экспериментальные результаты показали, что с использованием разработанных технологий достигается устойчивое определение координат НКА с погрешностями, не превышающими **~10÷20 см (P ≈ 95%)** для float-метода и **~3÷5 см (P ≈ 95%)** для fixed-метода. Средние интервалы сходимости/инициализации fixed PPP-решения составили **~90–120 мин.** с вероятностью, близкой к единице. Составляющие вектора скорости НКА были определены с погрешностями, которые не превышают **~1÷2 мм/с (P ≈ 95%)**.

Более высокая точность определения параметров траекторий НКА может быть получена только при совместном использовании кинематического и динамического методов, когда, кроме результатов обработки радиотехнических измерений, используется дополнительная априорная информация о моделях движения НКА.

Предложенные решения задач высокоточного координатно-временного обеспечения не имеют отечественных аналогов и соответствуют современному мировому уровню достижений в данной области.

**АВТОНОМНОЕ (PPP) И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ (DGPS)
КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ.
СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОБРАБОТКИ
БОРТОВЫХ GPS-НАБЛЮДЕНИЙ САМОЛЁТА АН-158**

Жалило А.А., Дохов А.И., Яковченко А.И.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
alexey.zhalilo@nure.ua*

Коллективом НИЛ «Спутниковые технологии навигации и высокоточного позиционирования» ХНУРЭ в последние несколько лет в соответствии с тематикой выполняемых работ были разработаны новые отечественные технологии автономного (PPP – Precise Point Positioning) и дифференциального (DGPS) высокоточного кинематического позиционирования дециметровой/сантиметровой точности по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для определения параметров движения высокодинамичных объектов, включая низкоорбитальные спутники.

Для проверки эффективности разработанных методов и алгоритмов координатных определений, а также для сравнения точности двух рассматриваемых альтернативных технологий (PPP и DGPS) точного ГНСС-позиционирования была проведена обработка GPS-наблюдений двухчастотного ГНСС-приемника (NovAtel, Канада), установленного на борту самолёта АН-158.

Наблюдения были выполнены в ходе одного из тестовых полетов самолёта. Сеанс GPS-измерений был зарегистрирован 22.10.2010 г., продолжительность полёта составляла около 2,5 часов. Для того, чтобы оценить эффективность разработанного алгоритмического и программного обеспечения при разной продолжительности интервалов измерений, была также проведена их обработка на меньших интервалах: 1 час, 15 минут и 5 минут.

Для указанных интервалов наблюдений было реализовано кинематическое PPP-позиционирование в режиме float («плавающее» решение) и дифференциальное DGPS-позиционирование в режимах float («плавающее» решение) и fixed (с разрешением дискретных целочисленных фазовых неоднозначностей). Для получения DGPS-решения были использованы двухчастотные наблюдения перманентной референцной станции GLSV (г. Киев), при этом удаление самолета от станции в ходе полёта изменялось в пределах от ~15 км до ~270 км.

Указанные наблюдения (на интервале 2,5 часа) также были обработаны в специализированном центре обработки ГНСС-наблюдений CSRS (Канада), где координаты самолета были определены в автономном режиме позиционирования PPP. Траектория самолета, сформированная в результате обработки данных в центре CSRS, была принята в качестве эталонной. С ней сравнивались оценки параметров траектории, полученные с использованием разработанного в ХНУРЭ алгоритмического и программного обеспечения.

Оценка точности решений **PPP** и **DGPS**, выполненная по результатам сравнения решений с принятым эталоном, показала следующее.

1) Среднеквадратические погрешности (СКП/RMS) кинематического float PPP-решения на интервале наблюдений ~ 2,5 часа не превышали **~3–5 см** по плановым координатам и **~7–8 см** по высоте.

При уменьшении интервала наблюдений (взяты интервалы: 1 час, 15 мин., 5 мин.) погрешности (СКП/RMS) кинематического PPP-решения ожидаемо возрастают и достигают значений, сведенных в сравнительную таблицу 1.

Таблица 1

Интервал наблюдений	Оценки (СКП/RMS) погрешностей определения текущих координат самолета АН-158
~ 2,5 часа	~3–5 см (в плане), ~7–8 см (по высоте)
1 час	~5–6 см
*15 мин.	~10 см
*5 мин.	~20 см
*Оценки СКП для указанных интервалов наблюдений являются приблизительными (поскольку выполнены для единичных «малых» выборок) и в последующем должны быть уточнены	

2) Среднеквадратические погрешности кинематического DGPS-решения на интервале наблюдений ~ 2,5 часа не превышали:

– **2,5–3,5 см** по всем координатам в режиме float;

– **1,5–2 см** по плановым координатам и **~2,7 см** по высоте в режиме fixed.

При уменьшении интервала наблюдений (~5–15 мин.) среднеквадратические погрешности кинематических float DGPS-решений возрастают до **~ 5 см**. Погрешности же кинематических fixed DGPS-решений при уменьшении интервала наблюдений практически не изменяются, но только при условии правильного разрешения фазовой неоднозначности.

Очевидно, что при прочих равных условиях достигаемая точность кинематических DGPS-решений примерно в **2–5 раз** выше, чем точность float PPP-решения, хотя в обоих случаях достигается сантиметровая/субдециметровая точность позиционирования.

При этом весьма существенным преимуществом PPP-технологии является то, что она не нуждается в использовании дифференциальных коррекций и специальных телекоммуникационных каналов их распространения.

СЛИЧЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ УСТАНОВОК НАИВЫСШЕЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ

Задорожная И.Н.¹, Захаров И.П.²

¹Национальный научный центр «Институт метрологии»

²Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

tymbyryla@gmail.com

В докладе рассмотрены дополнительные сличения, позволяющие определять эквивалентность эталонов, калибровочные и измерительные возможности национальных метрологических институтов (НМИ). Решение провести сличения интерференционных установок для измерения концевых мер длины в диапазоне 0,1 – 100 мм принято на заседании ТК 1.5 «Длина и угол» КООМЕТ. Сличения являлись двухсторонними. ННЦ «Институт метрологии» являлся пилотной организацией данного сличения. Вторым участником сличений выступал Казахский РГП ЮКФ «КазИнМетр». В качестве эталонов сравнения использовались две плоскопараллельные концевые меры длины, (КМД) номинальным размером 100 мм (стальная и кварцевая). При двухсторонних сличениях достаточно установить попарную степень эквивалентности сличаемых установок, т.е. разность результатов между измерениями мер сравнения НМИ и соответствующую им расширенную неопределенность.

Участники сличений имели возможность измерять центральную длину КМД абсолютным интерференционным методом с помощью интерферометров Кестерса. Метод измерения соответствовал требованиям пп. 3.1, 3.2 и 3.4 ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 [1].

С целью определения стабильности эталонов сравнения лаборатория – пилот (ННЦ «Институт метрологии») сделала по десять измерений каждой меры в начале и в конце сличений.

В докладе представлены бюджеты неопределённости измерений кварцевой меры № 11 и стальной меры № 423 проведенные в ННЦ «Институт метрологии» и «КазИнМетр», рассчитанные в соответствии с требованиями [2].

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что расхождения результатов измерений мер сравнения участниками сличений не превышает соответствующих им расширенных неопределенностей, что подтверждает хорошую степень эквивалентности сличаемых установок.

Список литературы

1. ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 1 и 2-го разрядов и рабочие классов точности 00 и 0 длиной до 1000 мм. Методы и средства поверки.

2. JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide for the Expression of Uncertainty in Measurement.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДИАМЕТРА НИТИ ФИЛАМЕНТА 3D ПЕЧАТИ

Зайченко Н.Я., Хорошайло Ю.Е., Меньяло А.Д., Сова А.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

olha.zaichenko@nure.ua

Прототипирование деталей посредством 3D печати применяется в радиоэлектронном приборостроении при изготовлении корпусов аппаратуры и др. Основную проблему составляет противоречие между спросом на 3D печать и дороговизной профессионального оборудования. Изучение физических процессов, создание их моделей и получение рекомендаций по упрощению технологии изготовления будет способствовать дальнейшей популяризации 3D печати за счет удешевления оборудования. Исследование, которому посвящен данный доклад, включает такие составляющие как описание предметной области, оборудования, возможных дефектов печати, зависимости дефектов печати от параметров филамента, представляющего собой пластиковую нить из ABS или PLA пластика, и методов определения его параметров.

Экструдер, который применяется для изготовления нити филамента для 3D-печати, состоит из электродвигателя, редуктора, подшипникового узла, загрузочного устройства, корпуса, нагревательного элемента, шнека и экструзионной головки [1,2]. Гранулированный пластик засыпается в бункер экструдера, затем попадает в загрузочную зону шнека, а затем транспортируется по цилиндру пластификации. От сдавливания, перемешивания и контакта с нагретым цилиндром и шнеком полимерное сырьё расплавляется и превращается в однородную массу – расплав. Затем он проходит через экструзионную головку, которая обеспечивает определенную форму готового изделия.

Качество детали, изготовленной из филамента аддитивным способом, иными словами 3D печатью, зависит от качества самого филамента. Например, дефект в виде линии на боковой поверхности распечатки вызван колебаниями диаметра филамента. Так, если диаметр филамента колеблется в пределах всего 5% , ширина экструдированного пластика может различаться на 0,05 мм. То есть некоторые слои могут получиться толще остальных, что будет выглядеть, как линия на боковой поверхности распечатки [3].

Итак, для изучения выделим такой параметр как диаметр сечения пластиковой нити. Классификация методов измерения диаметра сечения нити позволяет разделить по используемым датчикам на емкостные, оптические, пневматические, тепловые, радиоволновые. Емкостной метод измерения основан на отслеживании изменения такого параметра как емкость между обкладками конденсатора при изменении геометрических размеров диэлектрика, то есть часть исследуемого филамента, помещенного внутри конденсатора. Этот самый очевидный метод имеет такое преимущество, как дешевизна, но одновременно недостаточную чувствительность и быстрое действие. При пневматическом методе измерения исследуемый участок

филамента вставляют в измерительную головку с несколько большим круговым сечением через которую проходит сжатый воздух, и средний перепад давления, находится в прямой зависимости от диаметра образца [4]. Достоинство – высокая точность: порядка 20 микрон. Недостатки – высокая нелинейность, влияние на поверхностную структуру нити, инерционность измерений. Один датчик при оптическом методе измерения состоит из оптопары, то есть излучателя и приемника излучения. В качестве светочувствительного элемента можно использовать ПЗС-матрицу. Такие датчики обладают высоким быстродействием. Недостатком является требование к источнику света, который должен обеспечить постоянную мощность во время измерения. Радиоволновые методы самые дорогостоящие, так как требуют для своей реализации специфического оборудования. Принцип действия в этом случае основан на сложении излученного и принятого сигнала. По их суперпозиции определяют геометрические параметры измеряемого объекта. Среди достоинств можно отметить высокое быстродействие, а также СВЧ генератор можно использовать и в целях разогрева сырья филамента, так как СВЧ нагрев отличается способностью концентрировать большую энергию в небольшом объеме. Тепловые методы могут быть основаны на использовании тепловизора. Это метод будет самым наглядным.

На основании проведенного аналитического обзора литературных источников определились с критериями выбора метода контроля диаметра нити филамента для 3D печати на выходе экструдера. Это такие параметры как быстродействие, стоимость реализации, доступная для небольших полупрофессиональных производств. Перспективным направлением исследования является анализ других параметров кроме диаметра нити филамента, к числу которых можно отнести не только геометрические, но и механические и электрические параметры.

Список литературы

1. Попов О. В. Дослідження точності діаметру при технологічному процесі екструзії філамента : магістерська атестаційна робота, пояснювальна записка / О. В. Попов ; кер. роботи доц. Яшков І.О. ; ХНУРЕ, Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки. – Харків, 2019. – 92 с.

2. Wankhade, Mamta & Bahaley, Satish. (2018). Design and Development of Plastic Filament Extruder for 3D Printing. IRA-International Journal of Technology & Engineering (ISSN 2455-4480). 10. 23. 10.21013/jte.v10.n3.p1.

3. Проблемы качества 3D печати [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://3dpt.ru/page/faq> – 14.01.2020 г. – Загл. с экрана.

4. Генке Е. А. Проектирование и разработка устройства контроля диаметра композитной нити на выходе экструдера: бакалаврская работа / Е.А.Генке; рук. работы Щаденко С.В.; Национальный исследовательский томский политехнический университет, кафедра примышленной и медицинской электроники. – Томск, 2017. – 77с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭФФЕКТОВ В БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ГРАВИМЕТРАХ

Занимонский Е.Е.

*Йаель Акцентик, Харьков, Украина
yevgenzan@gmail.com*

Относительная неопределенность измерений ускорения свободного падения современными лазерными баллистическими гравиметрами (БГ) стараниями разработчиков и исследователей, уменьшена до уровня 10^{-9} . При этом, актуальным становится учет релятивистских эффектов [1] и [2], в частности, конечности скорости света в интерферометре [3].

Как показано в цитируемых источниках, измерение ускорения свободного падения само по себе не является релятивистским экспериментом, так как используется только одна система отсчета с одним эталоном времени-частоты. Элементы специальной теории относительности привносятся лазерным интерферометром, измеряющим перемещение пробного тела гравиметра с помощью электромагнитного сигнала, распространяющегося параллельно вектору ускорения, аналогично известным мысленным опытам А. Эйнштейна [4].

Собственно говоря, история баллистических гравиметров, со свободно падающим телом, началась с опытов Галилея, мерой длины в которых являлась высота башни, с которой ученый бросал пробные тела. До внедрения лазеров, для измерения пути, пройденного пробным телом, использовались вертикальные линейки. Оптическими датчиками фиксировалось прохождение пробным телом очередного штриха линейки и регистрировался соответствующий момент времени.

Принципиально то, что в лазерном интерферометре электромагнитное излучение, несущее измерительную информацию, распространяется вдоль траектории пробного тела. В этом случае измерения являются, так сказать, «продольными». При использовании линеек информация о положении пробного тела считывается поперек направления движения. Естественно назвать такую схему «поперечной».

Результаты, полученные в свое время БГ с поперечными измерениями пути, конечно, не сопоставимы по точности с результатами современных приборов. Но больше чем за столетия со времени этих работ, существенно усовершенствовались измерители перемещений на основе прецизионных линеек, используемых, например, в металлообрабатывающей промышленности и в метрологической практике. Поэтому, по крайней мере, принципиально, возможно использование таких измерителей в БГ.

Релятивистские эффекты в литературе чаще всего связываются с космическими скоростями и расстояниями. В случае с баллистическими гравиметрами в одном лабораторном помещении можно поместить несколько приборов, в одном из которых необходимо вводить поправку за конечность

скорости света, а в другом эта скорость только связывает единицы времени и длины. Более того, возможно создать устройство, в котором в качестве пробного тела используется линейка со штрихами, а также имеется аналогичная неподвижная линейка. В одном броске пробного тела выполняются два измерения – с неподвижным и падающим эталонами длины. В ходе прямого сравнения результатов, полученных в двух системах отсчета, разность показаний должна быть пропорциональна релятивистскому изменению длины.

Для гравиметрии такой совместный эксперимент не актуален в виду того, что в настоящее время теоретические расчеты и экспериментальные данные находятся в хорошем согласии [1]. А вот принципиальная возможность измерения параметров относительного движения двух систем отсчета без обмена сигналами вдоль вектора скорости дает основание для мысленных и реальных релятивистских экспериментов в локальном масштабе. Регистрация положения штрихов при относительном движении двух линеек, выполняемая в поперечном направлении, исключает влияние скорости распространения сигнала, влияние эффекта Доплера, не требует использования преобразования Лоренца.

В ходе выполнения настоящей работы было предложено несколько схем баллистических гравиметров, в том числе с двумя поперечными измерительными трактами, а также рассмотрены возможности релятивистских экспериментов на больших лазерных линейных компараторах. Были проанализированы составляющие бюджета неопределенности релятивистского эксперимента, в частности из-за конечности ширины штрихов и погрешности Аббе.

Список литературы

1. Shao C.G., Tan Y.J., Li J., Hu Z.K. The speed of light perturbation in absolute gravimeters from the viewpoint of ‘relativistic geometry’. *Metrologia*, 2015, Vol. 52. pp. 324–329.
2. Nagorny V.D., Zanimonskiy Y.M., Zanimonskiy Y.Y. Can corner-cube absolute gravimeters sense the effects of Special Relativity? (arXiv:1205.5084v1).
3. Nagorny V.D., Zanimonskiy Y.M., Zanimonskiy Y.Y. Correction due to the finite speed of light in absolute gravimeters. *Metrologia*, 2011, Vol. 48. pp. 101-113.
4. Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел. Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1966, Т. I. С. 7-35.

ОБРАБОТКА ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ ГНСС РАЗЛИЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ КОРОТКИХ ВЕКТОРОВ

**Занимонский Е.М.¹, Ныкел Г.², Фигурски М.², Горб А.И.³, Купко В.С.¹,
Прокопов А.В.¹, Костриков А.Л.¹, Олейник А.Е.¹, Ли Ц.⁴, Хе М.⁴**

¹Национальный научный центр «Институт метрологии»,

²Гданьский Политехнический университет,

³Навигационно-геодезический центр,

*⁴Национальный институт метрологии Китайской Народной Республики
yevgenzan@gmail.com*

Метрологические измерения эталонного уровня с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) представляют собой сложный многофакторный физический эксперимент. При этом обычно используются прикладные программы обработки данных, предлагаемые фирмами-изготовителями приемников. Противоречие между требуемым уровнем точности результатов и гарантированными возможностями программного обеспечения обычно игнорируется. Таким образом формируется дополнительный источник расхождений, например, при сравнении результатов измерений длин методами ГНСС и лазерными дальномерами.

Сигналы навигационных спутников, регистрируются приемником и преобразовываются в информацию о расстоянии от спутников до антенны приемника. Эта информация содержит полезную часть, имеющую большую избыточность, а также включает в себя обширный перечень помех, практически всех известных классов и категорий. Программные пакеты используются для извлечения полезной информации, преобразования в результат измерения, подавления помех и оценки качества результата. Методы обработки, модели сигналов и процессов в измерительной системе во всех пакетах принципиально не отличаются. Однако детали алгоритмов преобразования информации, ее сжатия и фильтрации, реализованных в разных программах, отличаются настолько, что патентные службы имеют основания для согласования присвоения отдельных собственных имен программным продуктам и продажи их на свободном рынке геодезической техники, программ и услуг.

По сведениям из литературы и по собственному опыту авторов, применяя разные программы к одному и тому же набору данных, накопленных в одном или нескольких приемниках в ходе измерительных сессий (сессии), получим отличающиеся результаты измерений. Причем, вообще говоря, априорно нет критериев, по которым можно сделать выбор в пользу той или иной фирменной программы. Впрочем, как показывает практика, сложные научные программные пакеты, для коротких векторов, не дают заметно лучших результатов.

Предложения, связанные с обработкой первичных данных ГНСС на эталонном уровне сформулированы в статье [1]. В настоящей презентации

излагаются результаты использования нескольких программ для получения общего решения и оценки его качества и согласования с международным эталоном – глобальной сетью перманентных станций ГНСС. Искомое общее решение явно выходит за рамки классической метрологии. В какой-то мере это результат многократных измерений, в какой-то мере это результат операции, аналогичной размножению выборок.

В качестве первичных данных были использованы результаты, накопленные в измерительной сессии в течение двух дней ноября 2019 года на эталонном базисе длиной один километр линейного геодезического полигона Национального научного центра «Институт метрологии» (ННЦ «ИМ»). Измерения проводились сотрудниками ННЦ «ИМ» и Национального института метрологии Китайской Народной Республики.

Четыре мультисистемных приемника ГНСС были установлены по очереди на нескольких реперных пунктах эталонного полигона, что позволило сформировать шесть векторов, длиной от 72 до 577 метров. Активное участие в проверке качества и обработке информации принимали участники сотрудники Гданьского Политехнического университета в Польше. Перед установкой антенн приемников ГНСС и после нее, были выполнены измерения расстояний между реперными пунктами с помощью лазерных дальномеров, которые были использованы как эталонные при анализе данных ГНСС.

Предварительная обработка свидетельствует об успешном выполнении первого этапа – накоплении исходных данных в приемниках. В настоящий момент полученные ГНСС-решения для расстояний не формируют достаточного массива для полномасштабной статистической обработки. Мы надеемся, что представление наших материалов на международной научно-технической конференции “Метрология, информационно-измерительные технологии и системы” (МИИТС-2020) с последующей публикацией их в сети “Research Gate” позволит расширить круг специалистов, заинтересованных в обработке наших данных фирменными, научными и оригинальными программами, в участии в обсуждении и интерпретации результатов. Уже имеющиеся результаты измерений для отдельных векторов сопоставлены с сетевыми ГНСС-решениями, получаемыми в результате уравнивания и публикуемыми международными организациями в сети Интернет.

Список литературы

1. Купко В. и др. Геодезия и метрология больших длин и коротких векторов. Эксперименты и эталоны. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Збірник наукових праць. Випуск II (32), 2016. с. 55-62.

VERIFICATION AND VALIDATION AS DEFINITION OF QUALITY IN THE SOFTWARE TESTING

Zarharova O.I.

*Kharkiv national university of radioelectronics
bocharova.alyona@gmail.com*

Quality of software defines by several metrics described by standards, like ISO/IEC 9126 (external and internal quality, quality in use). It's called quality metrics. There are 1 functional characteristic and 9 non-functional characteristics in quality metrics [1].

But how we can better understand what to do in practice with this metrics. Software testing helps us to measure the quality of software in terms of the number of defects found, the tests run, and the system covered by the tests. We can do this for both the functional attributes of the software and for the non-functional software requirements and characteristics.

Software testing is a process that should be done during the development process. In other words software testing is a verification and validation process. The purpose of software verification and validation is to help the development organization build quality into the software during the software life cycle.

Verification: the process of evaluating a system or component to determine whether the products of a given development phase satisfy the conditions imposed at the start of that phase. Formal proof of program correctness.

In other words, to make sure the product behaves the way we want it to.

Validation: the process of evaluating a system or component during or at the end of the development process to determine whether it satisfies specified requirements [2, 3].

In other words, to make sure the product is built as per customer requirements.

Software quality has many dimensions, each requiring a different testing approach. How do we know all the different types of tests we need to do? Not all is described by standards in software area. And some useful ideas are described in books [4]. The Agile Testing Quadrants matrix (table 1) (introduced by Brian Marick and further worked by Lisa Crispin) helps testers to understand the relationship between the various forms of tests [5-7].

Table 1

Verification	Validation
<u>Quadrant 2</u> This Quadrant focuses on requirements System testing level	<u>Quadrant 3</u> System or acceptance level Business facing tests that critique the product
<u>Quadrant 1</u> The internal code quality is the main focus in this quadrant Unit testing level Component testing level Integration testing level	<u>Quadrant 4</u> Technology facing tests that critique the product Performance, load, stress, security tests

Verification and validation processes are presented through all software testing process. If look at the Table 1, we can see how quadrants can be divided on verification and validation processes. So that, Quadrant 1 and Quadrant 2 are related to verification process. And Quadrant 3 and Quadrant 4 – to validation process.

References

1. ISO/IEC 9126-1:2001, Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model.
2. IEEE-STD-610.12-1990, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.
3. IEEE-STD-1012-2004, IEEE Standard for Software Verification and Validation <http://pesona.mmu.edu.my/~wruslan/SE2/Readings/detail/Reading-7.pdf>
4. Using the Agile Testing Quadrants, 2011 <https://lisacrispin.com/2011/11/08/using-the-agile-testing-quadrants/>.
5. Lisa Crispin, Janet Gregory - Agile Testing A Practical Guide for Testers and Agile Teams – 2009.
6. Agile Testing Automation, 2015 <http://swtester.blogspot.com/2015/04/agile-testing-automation.html>.
7. James Bach / Satisfice and Michael Bolton / DevelopSense “The Real Agile Testing Quadrants”, 2014 (<http://www.developsense.com/presentations/2014-06-Dublin-RSTAgileTesting.pdf>).

ПРОБЛЕМА ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ЕТАЛОНУ ЧАСУ ТА ЧАСТОТИ

Засядько В.М.

*Національний науковий центр «Інститут метрології»,
Victorybox17@ukr.net*

Національний науковий центр «Інститут метрології» є головним в Україні по відтворенню та збереженню одиниці часу використовуючи первинний квантовий стандарт [1].

Первинний еталон одиниці часу базується на частоті квантового переходу в цезії-133, відтворення одиниці складає $1 \cdot 10^{14}$.

Недоліком квантового стандарту є недостатня короткочасова стабільність.

Для вдосконалення відтворення одиниці часу та підвищення точності до $3 \cdot 10^{-16}$ за рахунок зниження до 0 теплового руху атомів, запропоновано використання цезієвого фонтану, що використовує на сьогоднішній день ряд країн, таких як Англія та США.

Також пропонується більш детальне вивчення та дослідження більш перспективного стандарту частоти, що працюватиме в оптичному діапазоні на переході стронцію, ітербію, ртуті. В Токійському університеті розроблено експериментальні стронцієві годинники, в яких іони стронцію знаходяться в оптичній пастці на перехресті шести лазерних променів, під впливом яких вони утримуються в енергетичних ямах майже не взаємодіючи і випромінюючи світло надзвичайно стабільної частоти. Невизначеність відтворення секунди близько $1 \cdot 10^{-16}$ з прогнозованою можливістю зниження до $1 \cdot 10^{-18}$ [2]. ННЦ «Інститут метрології» займається вивченням цих проблем для відповідності вимогам часу.

Задача відтворення одиниці часу полягає не тільки в у вдосконаленні еталону, а також у вдосконаленні способу її передачі користувачу.

Для реалізації прискорення передачі одиниці часу користувачу найбільш досконалим є передача по волоконно-оптичним системам, які передають на основі оптичної діелектрики. Широкопasmове пропускання сигналу частотою 10^{14} Гц дозволяє передавати по одному волокну інформаційний потік зі швидкістю кількох терабіт у секунду і не використовувати повторювачі у наддовгих магістралях [3].

Список літератури

1. Павленко Ю. Ф. , Кондрашов С. І. , Неєжмаков П. І. и др. Вступ до квантової метрології. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харків, 2016-117 с.
2. Кононогов С.А. Метрология и фундаментальные физические константы, 2008-272 с.
3. Agrawal, Govind P. Fiber-optic communication systems / G.P. Agrawal. - 3rd ed. - New York : Wiley, 2002. - XVII, 546 p.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СИЛЫ ТОКА МЕТОДОМ ЭКСЦЕССОВ

Захаров А.А., Токарева М.С.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
newzip@ukr.net*

Рассмотрена процедура оценивания неопределенности косвенного измерения силы тока методом эксцессов [1]. Измеряемый ток I_x определяют по результатам многократных измерений падения напряжения V_{ind} вольтметром с коэффициентом трансформации T_{ind} на резисторе сопротивлением R_{m0} с температурным коэффициентом сопротивления $\alpha = 0,00005 \text{ K}^{-1}$ в соответствии с выражением [2]:

$$I_x = V_{ind} / [T_{ind} R_{m0} (1 + \alpha \cdot \delta t)] \quad (1)$$

где: δt – отклонение температуры окружающей среды от $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

Значения x_j входных величин X_j , их стандартные неопределенности u_j и эксцессы их распределений η_j приведены в табл. 1.

Таблица 1

Бюджет неопределенности измерений

X_j	x_j	u_j	η_j	c_j	$u_j(y)$
V_{ind}	100,045 мВ	0,058571 мВ	6	0,09982 мОм ⁻¹	0,00585 А
T_{ind}	1	0,00026	- 1,2	-9,98652 А	- 0,00259 А
R_{m0}	10,018 мОм	0,00305 мОм	0	-0,99686 А/мОм	- 0,00300 А
δt	0	1,732051 К	- 1,2	-0,0005 А/К ²	- 0,00086 А
Y	y	$u(y)$	η	k	U
I_x	9,98652 А	0,00712 А	0,000137	1,96	0,0139 А

В табл. 1 также представлены коэффициенты чувствительности c_j , вклады неопределенности входных величин в измеряемую $u_j(y)$, значение измеряемой величины y , ее стандартная неопределенность $u(y)$, эксцесс измеряемой величины η , коэффициент охвата k и расширенная неопределенность U .

Проводилась валидация предлагаемой процедуры методом Монте-Карло [3], показавшая полное совпадение результатов, полученных разными методами.

Список литературы

1. Zakharov, I.P., Botsyura, O.A. Calculation of Expanded Uncertainty in Measurements Using the Kurtosis Method when Implementing a Bayesian Approach // Measurement Techniques, 2019, Volume: 62, Issue: 4, pp. 327-331.
2. Messunsicherheiten: Theorie und Praxis/ Franz Adunka. -2. Aufl. Essen: Vulkan-Verl., 2000.
3. Zakharov I.P., Vodotyka S.V. Application of Monte Carlo simulation for the evaluation of measurements uncertainty // Metrology and Measurement Systems, 2008, Vol. XV, № 1. – pp. 118-123.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ УРАВНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

Захаров И.П., Семенец В.В., Сергиенко М.П.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
newzip@ukr.net*

Проблема обоснования уравнения (модели) измерения является первостепенным этапом решения любой метрологической задачи. Сложность данной проблемы нашла свое отражение в решениях рабочей группы WG 1 JCGM по подготовке отдельного приложения JCGM 103 к GUM [1], посвященного методологии обоснования модельного уравнения. Документ планировался с начала деятельности JCGM-WG1. Его составление началось до создания новой перспективы GUM и будет завершено, когда новая перспектива уже будет создана. Таким образом, он должен представлять собой мост между старым и новым сценариями. Этот документ содержит руководство по определению измеряемой величины, а также по разработке и использованию модели измерения. В нем обсуждаются различные этапы моделирования, начиная с принципа измерения и заканчивая систематическими эффектами, и рассматриваются различные типы моделей из разных областей, включая статистические модели.

Первый Проект Комитета был распространен среди организаций-членов и национальных метрологических институтов в ноябре 2018 года, на который до конца марта 2019 года были получены всего 18 комплектов комментариев, которые не обеспечили завершение работы над документом вплоть до настоящего времени. Это свидетельствует об отсутствии четкого представления метрологов о путях решения данной задачи.

С точки зрения авторов доклада, документ далек от совершенства, он больше напоминает лекцию, в которой вместо строгой теории даны отдельные рецепты по моделированию в различных ситуациях. Ниже перечислены предложения, которые, по мнению авторов доклада, позволят улучшить Проект Комитета.

1. Необходимо дать общую классификацию всех моделей по следующим признакам: по количеству измеряемых величин; возможности прямого определения измеряемой величины через входные; по типу входных и выходных величин; в зависимости от реализации принципа суперпозиции; в зависимости от наличия случайных входных переменных; в зависимости от типа уравнения; в зависимости от необходимости учитывать динамические характеристики; в зависимости от метода нахождения функциональных связей между дополнительными эффектами и измеряемой величиной.

2. Следует добавить классификацию и описание категорий моделей на вербальные, графические, аналитические и программные модели, последовательная реализация которых является основными этапами создания модели.

3. Необходимо обеспечить строгое математическое решение описанных методов моделирования.

4. К классам математических моделей, рассматриваемых в разрабатываемом документе JCGM 103, следует добавить динамические модели. Добавить отдельное расширенное дополнение для динамических измерений.

5. В документ необходимо добавить отдельный параграф «Алгоритмическая реализация модели».

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ ЭКСЦЕССОВ ПРИ КАЛИБРОВКЕ МИКРОМЕТРА ГЛАДКОГО

Захаров И.П., Цыбина И.Ю.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
newzip@ukr.net*

Рассмотрена процедура оценивания неопределенности измерений при калибровке микрометра гладкого методом эксцессов [1]. Отклонение Δ показаний l_c микрометра от длины l_s эталонной концевой меры длины (КМД) составляет:

$$\Delta = (l_c + \Delta_c + \Delta_{пл} + \Delta_{пар}) - l_s + \alpha l_s \Delta_t$$

где: Δ_c – поправка, учитывающая разрешающую возможность калибруемого микрометра; $\Delta_{пл}, \Delta_{пар}$ – поправки на неплоскостность и непараллельность измерительных поверхностей микрометра, соответственно; Δ_t – поправка, учитывающая разность температуры КМД и калибруемого микрометра; $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ – средний коэффициент теплового расширения материалов микрометра и КМД. Значения x_j входных величин X_j , их стандартные неопределенности u_j и эксцессы их распределений η_j приведены в таблице.

Таблица

Бюджет неопределенности измерений

X_j	x_j , мм	u_j	η_j	c_j	$u_j(y)$, мкм
l_c	15,3606	0,302 мкм	1,2	1	0,302372
Δ_c	0	0,289 мкм	-1,2	1	0,288675
$\Delta_{пар}$	0	0,866 мкм	-1,2	1	0,866025
$\Delta_{пл}$	0	0,346 мкм	-1,2	1	0,34641
l_s	15,36	0,15 мкм	0	-1	-0,15
Δ_t	0	1,115 °C	-1,2	0,00018	0,2007
Y	y	$u(y)$	η	k	U
Δ	0,6 мкм	1,052 мкм	-0,56	1,88	1,98 мкм

В таблице также представлены коэффициенты чувствительности c_j , вклады неопределенности входных величин в измеряемую $u_j(y)$, значение измеряемой величины y , ее стандартная неопределенность $u(y)$, эксцесс измеряемой величины η , коэффициент охвата k и расширенная неопределенность U .

Проводилось валидация предлагаемой процедуры методом Монте-Карло [2], показавшая полное совпадение результатов, полученных разными методами.

Список литературы

1. Zakharov, I.P., Botsyura, O.A. Calculation of Expanded Uncertainty in Measurements Using the Kurtosis Method when Implementing a Bayesian Approach // Measurement Techniques, 2019, Volume: 62, Issue: 4, pp. 327-331.
2. Zakharov I.P., Vodotyka S.V. Application of Monte Carlo simulation for the evaluation of measurements uncertainty // Metrology and Measurement Systems, 2008, Vol. XV, № 1. pp. 118-123.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОБРОБКИ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Іванець О.Б.¹, Кулаков П.І.², Загрійчук М.С.³ Дейниченко А.Г.³,
Буриченко М.Ю.¹

¹Національний авіаційний університет

²Вінницькій національний технічний університет

³Національний інститут хірургії та трансплантології ім. О.О.Шалімова
bikam@i.ua¹, adeyn@ukr.net², kpi@vntu.edu.ua³

Під час роботи організму виникають події, які негативно впливають на його працездатність. До таких подій відносяться як морфологічні: інфекційні захворювання, наявність хронічних захворювання, запалювальні процеси та травмованість, наявність зовнішніх збудників, стан стресу; не модифіковані: вік, стать, генетичні чинники, вроджені вади, крім цього окремою групою можна виділити неякісне виконання медичним персоналом своїх функціональних обов'язків при діагностуванні (похибки першого, другого роду), невизначеність результатів вимірювань технічними засобами, та інше [1]. Основною ознакою виникнення певної події є негативний результат вимірювального контролю відповідного параметру організму. Слід відзначити, що у багатьох випадках невідповідність значення певного параметра межах допуску може виникнути внаслідок великої кількості різноманітних факторів, тобто ця обставина не гарантує наявності відповідної події. У відповідності з [2], відхилення стану організму від його норми, як правило, супроводжується одночасною зміною та знаходженням за межами допуску певної кількості його параметрів. Таким чином, оцінити стан складових підсистем організму можливо на основі результатів вимірювального контролю декількох його параметрів окремих підсистем організму.

В якості прикладу в роботі розглянуті параметри, що характеризують функціональний стан однієї з підсистем організму, а саме видільною. В якості контрольованого параметру першого рівня визначений ліпокалін, асоційований з желатиназою нейтрофілів NGAL (Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin) в сироватці крові та сечі [3]. При розвитку ниркових захворювань рівні NGAL в сироватці крові змінюються та корелюють з тяжкістю патології. Вважається, що підвищений рівень NGAL визначає тубулярні пошкодження, які протягом декількох днів випереджають падіння ренальної дисфункції, а підвищений креатинін свідчить про втрачені екскреторні функції нирок. Для виявлення відхилення стану видільної системи здійснюється вимірювальний контроль N_k параметрів, які корельовані з контрольованим параметром першого рівня. Під контрольованим параметром другого рівня будемо розуміти той контрольований параметр, який має найбільше значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Для аналізу видільної системи обрані показники креатиніну в сироватці крові та сечі. Таким чином, контрольованим параметром i -го рівня є той контрольований параметр, який

має i -те за величиною значення модуля коефіцієнту кореляції з контрольованим параметром першого рівня. Позначимо через $P_{K1}, P_{K2}, P_{Ki}, P_{KNk}$ результати вимірювального контролю контрольованих параметрів $1, 2, \dots, i, \dots, N_k$ рівня. Прийmemo, що якщо значення контрольованого параметра i -го рівня не відповідає нормі, то $P_{K1}=1$, якщо відповідає нормі – $P_{K1}=0$. Коефіцієнт кореляції ρ_{K1i} , який є нормованою величиною, що знаходиться в межах від -1 до 1, визначається за виразом:

$$\rho_{K1i} = \frac{Y_k}{\sqrt{D_{K1} D_{Ki}}}$$

де D - дисперсія результатів вимірювання параметрів першого та i -го рівня, Y_k - коваріація послідовностей даних результатів вимірювання.

Чисельне значення критерію оцінювання стану складових однієї з підсистем організму на основі результатів вимірювального контролю його параметрів пропонується визначати за виразом

$$K_{PO} = \frac{|\rho_{K11}|P_{K1} + |\rho_{K12}|P_{K2} + \dots + |\rho_{K1i}|P_{Ki} + \dots + |\rho_{K1Nk}|P_{KNk}}{|\rho_{K11}| + |\rho_{K12}| + \dots + |\rho_{K1i}| + \dots + |\rho_{K1Nk}|} = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} |\rho_{K1i}| P_{Ki}}{\sum_{i=1}^{N_k} |\rho_{K1i}|} \quad (1)$$

З урахуванням того, що критерій оцінювання стану виділяльної системи організму на основі результатів вимірювального контролю його параметрів є сенс визначати тільки тоді, коли $P_{K1}=1$, а у будь-якому випадку $|\rho_{K11}|=1$, вираз (1) приймає вигляд:

$$K_{PO} = \frac{1 + \sum_{i=2}^{N_k} |\rho_{K1i}| P_{Ki}}{1 + \sum_{i=2}^{N_k} |\rho_{K1i}|}$$

Чим більше значення критерію наближається до одиниці, тим більша імовірність наявності відповідного відхилення стану даної підсистеми організму від норми. Таким чином використання запропонованого підходу надасть змогу покрокової перевірки контрольованих параметрів, що дозволить підвищити достовірність оцінювання функціонального стану однієї з підсистем організму при цьому зменшити надлишковість аналізів.

Список літератури

1. Ivanets O.B, Kosheva L.O Approach to the Evaluation of the Functional State of the Human Body Taking into Account the Variability of Medical and Biological Indicators. Proceeding of CAOL*2019 with UM*2019 XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” Sozopol, Bulgaria. September 6 – 8, 2019. – С.661-665. #978-1-7281-1814-7/19/31.00 2019 IEEE.

2. Кулаков, П. І. Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с. - ISBN 978-966-641-641-7.

3. Мельник А. А. NGAL – липокалин, ассоциированный с желтиназой нейтрофилов, - новый биомаркер для ранней диагностики повреждения почек / А. А. Мельник // Аспекты лабораторной диагностики. – 2015. – № 8 (357). – С. 44-46.

СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Іванець О.Б., Морозова І.В., Назарчук М.А. Миколушко А.М.,
Іваницькій Є.С.

Національний авіаційний університет
iramoro@ukr.net

На практиці оцінювання складних об'єктів здійснюється за рахунок забезпечення максимально повноти отримання інформації про параметри даного об'єкта за рахунок вимірювання фізичних значень, що корелюються з даним параметром [1]. Ступінь спільності процесів вимірювання та діагностування в інформаційному відношенні значна, що відкриває можливості їхнього сумісного дослідження та отримання співвідношень справедливих і при вимірюваннях і при контролі. В обох випадках обов'язковою є операцію порівняння з нормою, окрім цього є статистична залежність між значеннями контрольованої величини, що оцінюється (тобто станом об'єкта) до та після проведення вимірів.

Так якщо складний об'єкт характеризується параметром Y , а X_1, \dots, X_k – виміряне фізичне значення, що відображає властивості фізичного об'єкту. Якщо Y – випадкове в тому сенсі що відсутня можливість точного, метрологічно обґрунтованої відповідності будь-якого його заданого значення у визначеному діапазоні X_j , усіх її можливих змін. Однак, дисперсія значень Y в будь-якій точці діапазону кінцева та постійна ($\sigma^2 = const$), а для математичних сподівань Y та $\{X_i\}_1^k$ існує функціональна, але апріорі невідома залежність [2] :

$$M[Y] = F(M[X_1], \dots, M[X_k]).$$

Окрім цього, для будь-якої з контрольованих значень існує умовна щільність $f X_i | Y_j, X_l^k, l \neq i$, що відображає стохастичний зв'язок між значеннями X_i та залишившимися значеннями при умові, що $Y_j = Y_j = const, j=1,2,\dots$. Усі значення належать множині дійсних чисел та їх кількість теоретично вважається необмеженою, хоча, за технічними причинами, є місце умові $k < \infty$ [3].

В роботі пропонується наступний принцип отримання та перетворення вимірюваної інформаційної про значення контрольованого параметру Y за результатами вимірю X_1^*, \dots, X_k^* значень контрольованої величини. Вимірювання здійснює перетворення виміряних значень X_1^*, \dots, X_k^* контрольованих величин, а саме, показників, що характеризують кожну з підсистем організму. В оцінку Y^* входять значення параметра, де a_1, \dots, a_p – коефіцієнти математичної моделі перетворення, а $M[Y] = F(M[X_1], \dots, M[X_k])$. Оцінка коефіцієнтів a_1, \dots, a_p здійснюється на етапі вивчення об'єкта діагностування за вибіркою об'єму n для кожної з фіксованих величин $Y_j, j = \overline{1, m}$ рівнів параметра Y . Прийняття рішень здійснює вибір $\{a_l, b_c\}_1^m$ одного $y_j \{a_l, b_c\}_1^m$ із $\{y_i\}_i^m$ рішень про значення Y , після порівняння Y^* з нормою $(a_l, b_l), l = \overline{1, m}$ у відповідності з правилом вибору рішення $\forall Y^* [Y^* \in (a_j, b_j) \rightarrow Y^* \in Y_j]$ [4].

За вибіркою обсягом n за відомої дисперсії генеральної сукупності використано статистику:

$$z = \frac{(\bar{x} - \mu_0)}{\sigma/\sqrt{n}}$$

При дослідженні багатовимірної випадкової величини :

$$z^2 = n(\bar{x} - \mu_0)^2 (\sigma)^{-1}, \quad (1)$$

яке в матричній формі можна представити наступним чином:

$$T_H^2 = n(\bar{X} - \mu_0)^T \Sigma^{-1} (\bar{X} - \mu_0).$$

За рахунок порівняння середньоарифметичного показника з модою надає отримати більш чутливий принцип діагностування кожного з окремих об'єктів, що пояснюється коливанням контрольованих параметрів з так званою індивідуальною нормою [5]. Такий підхід є обґрунтованим для діагностування складних об'єктів, в яких значення норми залежить від великої кількості факторів впливу [6]. До таких об'єктів можна віднести всі об'єкти діагностування в медицині, екології, біології, метеорології, кліматології, при оцінюванні якості сировини, всіх видів палив та інших об'єктів [7].

Список літератури

1. Ivanets O.B, Kosheva L.O Approach to the Evaluation of the Functional State of the Human Body Taking into Account the Variability of Medical and Biological Indicators. Proceeding of CAOL*2019 with UM*2019 XVI Scientific Workshop "Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects" Sozopol, Bulgaria. September 6 – 8, 2019. – С.661-665. #978-1-7281-1814-7/19/31.00 2019 IEEE.

2. Boichenko S.V., Kosheva L.O., Kuzovik V.D. Ivanets O.B. Methodological aspects of evaluating a homeostasis of a biological object Сучасні досягнення в науці та освіті - Modern Achievements of Science and Education" (MASE); 14 International conference Науково-практична конференція September 26-October 03, 2019 – Netanya (Israel), P/p 19-22/

3. Щапов П.Ф., Камбаев И.И., Ребенок М.П., Таран И.А. Информационная модель многопараметрического контроля. Вісник НТУ «ХП». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХП» 2012. – № 42(948).

4. Щапов П., Мигущенко Р., Кропачек О., Коржов І. Дослідження кореляційних моделей спектральної нестационарності випадкових сигналів . Метрологія та прилади.–2018. – №5 (54). – С. 11-15.

5. Ivanets O., Kuzovik V., Bulyhina O. Onykiienko Y., Kolesnic P., Wojcik W., Nuradilova D. Complex assessment of the fight crew's psychophysiological state. / Information technology in Medical Diagnostics II.- 2019 – p.77-85 // doi.org/10.1201/9780429057618. ISBN 9780367177690.

6. Морозова І.В., Іванець О.Б. Особливості конструювання складних систем. Вісник інженерної академії України. – 2018. – №4 – С. 126-129.

7. Іванець О.Б., Буриченко М.Ю. Підхід до оцінювання якості медичних послуг. Метрологія та прилади.–2019. – №3 (54). – С. 41-45.

HIGH-PRECISION REPRODUCTION OF THE UNIT OF ALTERNATING CURRENT

Valentyn Isaiev¹, Oleh Velychko²

^{1,2} *State enterprise "All-Ukrainian state research and production center for standardization, metrology, certification and consumers' rights protection"*

¹*black2001w@gmail.com*, ²*velychko@hotmail.com*

Precision electrical instruments, including digital ammeters, electricity meters (meters have measuring circuits, both alternating current (AC) and voltage), are widely used in the power industry and must have proven accuracy. Reference instruments are used to verify metrological characteristics. Insufficient level of precision of metrological support hinders the development of Ukrainian production of measuring equipment and testing equipment for AC, and also makes it impossible to recognize these products at the world level. The most accurate means of metrological support of measuring instruments are state primary standards. In [1] the problem of the lack of a legalized standard of AC unit was pointed out and the direction of its solution was suggested.

Considering the complexity of AC unit implementation directly according to the new definition of the 26th General Conference on Weights and Measures (2018), the vast majority of national metrology institutes of the world have gone the way of creating a national standard of this unit under Ohm's law. The indirect method of realizing an AC unit is based on a comparison of the root mean square (RMS) values of alternating current and an equivalent direct current using a precision thermoelectric converter [2, 3].

Given the level of national scientific, technical and economic development, it is advisable to use as a guideline the experience of operating national standards of countries with similar indicators of the overall development of a country, such as the Poland, the Russian Federation, Turkey or Hungary. In all of the countries listed above, the method of constructing the high-precision standards is based on the method of thermoelectric AC/DC comparison using thermal converters and shunts.

The main advantage of the thermoelectric converters based on thermocouples is the independence of such device readout from the shape of the input signal curve, as a consequence, the high accuracy of comparing direct current (DC) and AC values. The disadvantages include the nonlinear dependence of the output signal and the inadmissibility of overloading the input circuit of the thermal converter. Unlike the previous type of thermal converters, RMS sensors have almost linear dependence of the output signal.

To extend the range of measured current to tens amperes, a set of precision shunts is used. The shunts are made of materials with high resistivity and low-temperature coefficient so that the increase of the shunt temperature during the current flow in it does not cause changes in the output thermo-electromotive force of

the thermocouple. The measure of electrical resistance and the precision meter of its output voltage influence the result of the reproduction of the AC unit. But it goes to negligible values compared with the influence of the main elements discussed above, that is, precision shunts and a thermal converter whose total contribution is an order of magnitude higher.

The measurement cycle typically lasts from three to six minutes and consists of several steps of applying AC and DC in turns. To reproduce the AC unit, a circuit must be implemented that contains a DC source, AC source, precision DC voltage meters, precision electrical resistance measure, precision shunt, and thermal converter.

After analyzing the measurement scheme and the sequence of operations during AC reproduction, can deduce the mathematical model:

$$I_{AC} = (1 + \delta_{TC}) \cdot (1 + \delta_{SH}) \cdot V_{ac} \cdot (V_+ + V_-) / R_M \cdot (V_{dc+} + V_{dc-}), \quad (1)$$

where δ_{TC} is the AC/DC transfer difference of precision thermal converter;

δ_{SH} is the AC/DC transfer difference of precision shunt;

V_+ and V_- are the average values of *PV2* precision meter readout depending on the direction of DC flow;

R_M is the true value of the resistance of the standard measure;

V_{dc+} , V_{dc-} and V_{ac} are the average values of *PV1* precision meter readout depending on DC flow direction and AC frequency.

From the obtained expression (1), it can be seen that the AC/DC transfer difference of both the reference thermal converter and shunt should be taken into account when reproducing the AC unit. The final measurement result is mainly affected by the short-term instability of the meter of an output signal of the thermal converter. The measured value is almost identical in all cases, so one can neglect the readout correction. The oscillations of the output signals from both the DC and AC sources also affect the final measurement result. Such instability is reflected in the oscillation of the voltage meter readout both at the output of the thermal converter and at the output of the measure of resistance. Therefore, their contribution is also taken into account when estimating measurement uncertainty.

References

1. Isaiev V.V. Problem of precision measurement of the alternating current in Ukraine // Materials of XIII International Research and Practice Conference "Modern Scientific Potential–2017". – Sheffield, United Kingdom, 28 February–07 March 2017. – P. 34–38.
2. Filipski P. S., Boecker M. AC-DC current transfer standards and calibrations at NRC // Simposio de Metrología. – 25 al 27 de Octubre de 2006. – P. 1–5.
3. Hermach F. L. Thermal converters as AC-DC transfer standards for current and voltage measurements at audio frequencies // Journal of research of the national bureau of standards. – February 1952. – Vol. 48, No. 2. – P. 121–138.

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ КООРДИНАТ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Карташов В.М., Олейніков В.М., Селєзньов І.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки
email: d_res@nure.ua

Останнім часом безпілотні літальні апарати (БПЛА) набули широкого поширення. Вони застосовуються у військової сфері, у сільському господарстві БПЛА с GPS-навігацією використовуються при обробці полів, чим досягається економія хімікатів та більш ретельна обробка посівів, малі БПЛА також можуть використовуватись для визначення дефектів на різних висотних об'єктах. Але технічний прогрес в області малих літальних апаратів має і зворотню сторону – існує можливість використання БПЛА у терористичних актах і у цілях несанкціонованої розвідки, що може становити загрозу для різного роду державних або військових установ.

Через це з'являється задача виявлення і виміру просторових координат безпілотних літальних апаратів, насамперед їх куткових координат. Проблема виявлення БПЛА є досить гострою. Завдяки використанню спеціальних матеріалів і певної форми корпусу сучасні БПЛА мають дуже низьку ефективну площу розсіювання (ЕПР), що веде до складності їх виявлення за допомогою радіолокаційних станцій (РЛС). На це є кілька причин:

- такі об'єкти нескладно прийняти за птахів або метеоутворення, тому виникають складнощі з розпізнаванням цілей;
- дальність виявлення істотно нижче, в порівнянні з об'єктами, що володіють великими ЕПР.

Через «непомітне» фарбування елементів корпусу і застосування спеціальних двигунів (електричних або внутрішнього згоряння) БПЛА також складно виявити оптичними засобами і в тепловому діапазоні випромінювання [1,2].

Одним з напрямків у виявленні БПЛА є акустичні спостереження. Шум, створюваний силовою установкою БПЛА і повітряним гвинтом, є істотною демаскуючою ознакою. Створення і вдосконалення методів виявлення, пеленгації і розпізнавання малих БПЛА шляхом прийому і обробки звукових сигналів є актуальним завданням.

Нами виконано ряд експериментів з виявлення і аналізу методів пеленгації БПЛА. Дрондетекція проводилась за використанням двох методів пеленгації - Бартлетта та Кейпона. Метод Бартлетта є класичним методом формування діаграми спрямованості антени, який також називають методом обробки з введенням відносної затримки. Даний метод має низьку роздільну здатність і не підходить для точного вимірювання куткових координат БПЛА. При використанні решітки із чотирьох елементів, метод може розділити з припустимою похибкою, тільки цілі, рознесені на 40 градусів по азимуту.

На відміну від методу Бартлетта, метод Кейпона є надрозрізняючим. У

метода є необхідність у великій кількості навчальних вибірок (вдвічі більше, ніж число елементів решітки), що збільшує об'єм обчислювальних операцій. Даний метод дозволяє розділити джерела, які знаходяться дуже близько один від одного. А при відношенні сигнал/завада 30 дБ (та вище), розрізнення методу Кейпона досягає одного градуса по азимуту. Кількість елементів акустичної решітки не накладає обмежень на роздільну здатність, на відміну від методу Бартлетта [3].

Експеримент по пеленгації джерел випромінювання в «відкритому» просторі, за допомогою вище вказаних методів показав:

- при пеленгу джерела тонального гармонійного сигналу частотою 800Гц метод Кейпона має набагато більшу роздільну здатність, ніж класичний метод Бартлетта, а також менший рівень бічних пелюсток;

- при пеленгу джерела випромінювання в широкій смузі частот метод Кейпона має більш високу роздільну здатність, ніж Бартлетта, але обидва алгоритма можуть працювати тільки з вузькосмуговими сигналами, тому необхідно ввести попередню обробку даних.

Слід зазначити, що акустична помітність аеродинамічних цілей визначається тактичними характеристиками БПЛА, режимом їх польоту, метеоумовами, що впливають на характеристики поширення звуку. При побудові системи акустичної пеленгації БПЛА варто враховувати характеристики акустичної решітки [4].

Список літератури

1. Kartashov, V.M., Oleynikov, V.N., Sheiko, S.A., Koryttsev, I.V., Babkin, S.I., Zubkov, O.V., Anokhin, M.A. Information characteristics of sound radiation of small unmanned aerial vehicles // Telecommunications and Radio Engineering.- New York. - 2018.- Vol. 77, №10.- P.915-924.

2. Semenets V.V., Kartashov V.M., Leonidov V.I. Registration of refraction Phenomenon in the Problem of acoustic Sounding of Atmosphere in Airport Zone // Telecommunications and Radio Engineering.- New York. - 2018.- Vol. 77, №5.- P.461-468.

3. Сафонова А.В. Исследование точности методов углового сверхразрешения источников излучения // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2013»: Материалы 9-й междунар. молодежной научно-техн. конф., Севастополь 22-26 апреля 2013 г – СевНТУ, 2013. – с. 95

4. Сафонова А.В. Эффективность алгоритма оценивания угловых координат источника радиосигнала при различных методах обработки входных реализаций // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. - №2. - С. 54-60.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРЫ

Климов А.Ю.

*Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени
Д.И. Менделеева, klimov@b10.vniim.ru*

При разработке методики измерений массовой концентрации летучих соединений серы (ЛСС) в природном газе на газовом хроматографе с пламенно-фотометрическим детектором (ПФД) была поставлена задача оптимизации в части количества дорогостоящих градуировочных газовых смесей. Диапазон измерений от 1,0 до 100 мг/м³, целевая относительная расширенная неопределённость от 30 % до 10 % (k=2).

На первом этапе исследования был проведён градуировочный эксперимент с применением четырёх газовых смесей и обработкой данных методом наименьших квадратов. Исходя из литературных данных, были исследованы три вида функциональной зависимости хроматографического сигнала (A) от массовой концентрации ЛСС (C): квадратичная (1), степенная (2) и параболическая (3):

$$A = p_1 \cdot C^2 \quad (1) \qquad A = p_2 \cdot C^q \quad (2) \qquad A = p_3 \cdot C^2 + p_4 \cdot C \quad (3)$$

где p_1, p_2, p_3, q – константы.

Наиболее адекватной была признана параболическая зависимость, которая и была положена в основу математической модели измерений по методике.

На втором этапе были проведены вычислительные процедуры с применением метода Монте-Карло для оценивания неопределённости измерений. При этом значения массовой концентрации ЛСС в градуировочных газовых смесях и сигналы ПФД рассматривались как случайные величины с логнормальным законом распределения. Математическая модель реального измерительного газохроматографического эксперимента описывалась следующими уравнениями:

$$\mu_{A_i} = a \cdot \mu_{C_i}^2 + b \cdot \mu_{C_i} \quad (4) \qquad C_j = \mu_{C_j} \cdot e^{u_j \cdot Z_0} \quad (5) \qquad A_i = \mu_{A_i} \cdot \exp\left(\frac{\sigma_A}{\sqrt{m_i}} \cdot Z_0\right) \quad (6)$$

$$S_1 = \sum_{j=1}^n \frac{C_j^4}{A_j^2} \quad S_2 = \sum_{j=1}^n \frac{C_j^3}{A_j^2} \quad S_3 = \sum_{j=1}^n \frac{C_j^2}{A_j^2} \quad S_4 = \sum_{j=1}^n \frac{C_j^2}{A_j} \quad S_5 = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{A_j} \quad (7)$$

$$p_3 = \frac{S_4 \cdot S_3 - S_5 \cdot S_2}{S_1 \cdot S_3 - S_2^2} \quad p_4 = \frac{S_5 - S_2 \cdot p_3}{S_3} \quad C_0 = \frac{-p_4 + \sqrt{p_4^2 + 4p_3 A_0}}{2} p_3 \quad (8)$$

$$U_0 = \frac{|C_0 - \mu_{C_0}|}{\mu_{C_0}} \quad (9)$$

В формулах (4) - (9) **a** и **b** - константы; **i** и **j** - индексы газовых смесей. **i** = 0, 1, ..., n относятся ко всем смесям, участвующим в измерительном процессе. **i** = 0 соответствует анализируемой смеси, остальные - градуировочным смесям (**n** > 1 - количество градуировочных газовых смесей). **j** = 1, ..., n соответствуют только градуировочным газовым смесям. μ_{C_i} и μ_{A_i} -

математические ожидания массовой концентрации ЛСС и соответствующего ей сигнала ПФД в i -й газовой смеси. C_j и u_j - аттестованное значение массовой концентрации ЛСС и относительная стандартная неопределённость аттестации в j -й градуировочной смеси. Z_0 - стандартное нормальное распределение. σ_A - относительное СКО сигнала ПФД. m_i - количество вводов в хроматограф i -й газовой смеси. $S_1 - S_5$ - суммы метода наименьших квадратов. C_0 - измеренное значение массовой концентрации ЛСС в анализируемой газовой смеси. U_0 - относительное отклонение C_0 от его математического ожидания.

В качестве исходных параметров модели задавались a , b , μ_{ci} , u_j , σ_A и m_i .

Виртуальный измерительный эксперимент повторялся 10 000 раз. За искомую величину относительной расширенной неопределённости измерений C_0 для $k=2$ принимали значение U_0 , которое не превосходило 95% всех полученных его значений.

Реализация вычислений осуществлялась стандартными средствами программы OpenOffice Calc, входящей в состав пакета OpenOffice. Для генерации стандартного нормального распределения применялось преобразование Бокса-Мюллера

Предложенный способ оценивания неопределённости измерений применяли и для решения обратной задачи. Задавая в качестве параметров математической модели реальные метрологические характеристики градуировочных газовых смесей и хроматографических систем, искали оптимальное количество измерительных поддиапазонов в составе основного диапазона, подбирали оптимальное количество градуировочных газовых смесей, их оптимальный состав и метрологические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Другов Ю.С., Конопелько Л.А. Газохроматографический анализ газов. - М.: МОИМПЕКС, 1995;
2. Box, G. E. P.; Muller, Mervin E. (1958). "A Note on the Generation of Random Normal Deviates". The Annals of Mathematical Statistics. 29 (2): 610–611

ВЛИВ НЕІДЕНТИЧНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕНЗОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Коваль О. А.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
koval_al@ukr.net*

Надійність дорожньої машини, напрацювання на відмову елементів її конструкції в значній мірі залежить як від її фактичного стану, так і від оптимального використання при проведенні технологічних операцій.

Під оптимальним використанням в даному випадку розуміється застосування дорожньої машини у відповідності до типу ґрунту та динамічних навантажень. На сьогодні, в залежності від динамічних навантажень, використовуються різні класи дорожніх машин, а саме: для легких ґрунтів – легкі дорожні машини, для середніх – середні, для важких – важкі. Тобто, оптимальне використання дорожньої машини одного класу нині не використовується. Однією з багатьох причин відсутності системного підходу щодо оптимізації роботи дорожньої машини при виконанні технологічних операцій є неможливість прогнозування деформацій рами дорожньої машини за даними точкових вимірювань динамічних навантажень. Існуючі методики визначення площинних навантажень ґрунтуються на усереднених даних точкових вимірювань. Отримані результати за такими методиками у більшості випадків не відповідають дійсності і не можуть бути використані для прогнозування деформацій рами дорожньої машини.

Для усунення цього недоліку в даній роботі пропонується методика площинних вимірювань динамічних навантажень з використанням просторово розподіленої вимірювальної інформаційної системи.

Проведені дослідження показали, що при проведенні площинних вимірювань динамічних навантажень необхідно враховувати похибки вимірювань, які викликані: взаємним зв'язком тензоперетворювачів, неідентичністю функцій перетворення датчиків.

Встановлено, що в найбільшій мірі на похибки вимірювань динамічних навантажень в просторово розподілених вимірювальних системах впливає не ідентичність функцій перетворення тензоперетворювачів а неідентичність функцій перетворення вимірювальних каналів площинних динамічних навантажень. Експериментально отриманий коефіцієнт взаємного зв'язку K тензодатчиків має нелінійну залежність. Результати досліджень показали, що в найбільшій мірі взаємопов'язані датчики які розташовані в протилежному

напрямку ($\Theta = 180^0$) дії навантаження – $K = 0,97$. Сусідні датчики ($\Theta = 90^0$) також взаємопов'язані, але в меншій мірі – $K = 0,63$. Також встановлена причина зростання похибок вимірювань динамічних площинних навантажень – зміщення робочої точки вгору по функції перетворення (PT_{\max}) при позитивному навантаженні, або вниз (PT_{\min}) при негативному навантаженні. Величина зміщення, при незмінній швидкості обертання балки, залежала як від величини грузу так і від його виносу по балці. Внаслідок цього вимірювання при азимутальних напрямках 0^0 та 180^0 проводились відповідно на початку та на кінці лінійного участку функції перетворення. Тобто на тих участках де має місце нелінійність функції перетворення. Максимальна похибка вимірювань склала (± 200) г при максимальному навантаженні в 5 кг.

Запропоновані в даній роботі рішення доцільно використовувати в процесі наукових досліджень конструкції дорожньої машини та в навчальному процесі.

Список літератури

1. Назаров Л.В., Кириченко И.Г., Воропович А.В. Динамические нагрузки автогрейдера при ударе отвала о трудно преодолимое припятствие: Сб. материалов Междунар. научн. - техн. конф «ИНТЕРСТРОЙМЕХ». 2006. №1. С. 138 - 144.
2. ГОСТ 8.009:1984. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений [Взамен ГОСТ 8.009-72]. Издат. офиц. Москва: Изд-во стандартов, 1984. 46 с.
3. Холодов А.М., Ничке В.В., Назаров Л.В. Землеройно-транспортные машины: справочник. Харьков: Выш. шк. Изд-во Харьков. 1982. 192 с.
4. Аппроксимация опытных данных состояний насыщенного пара. URL: <http://www.agroproj.ru/articles/engine.html>.
5. Electronic Components Datasheet Search. URL: <http://www.alldatasheet.com/view/jsp&Searchword>.
6. Коваль А.О., Єфіменко Н.М. Обґрунтування необхідності інтелектуалізації інформаційно-вимірювальної системи дорожніх машин. Проблемы информатики и моделирования: сб. науч. тр. 10-й Межд. конф., НТУ "ХПИ". 2010. С. 98–105.
7. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. CITAC Guide CG – 2012. URL: <http://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012P1.pdf>.
8. Коваль А. О. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи / Коваль А. О., Коваль О. А. – Харків: Лідер, 2017. 146 с.

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТИСКУ В МЕТРОЛОГІЧНИХ ОРГАНАХ ДЕРЖАВИ

Кононов В.Б., Волікова А.О., Азізова М.А.

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба,
aveprofessor@gmail.com*

У зв'язку з підвищенням строків експлуатації фахівцями центрів стандартизації та метрології Держави в останній час підвищилась необхідність контролю технічних параметрів зразків промислової техніки, а також контролю її метрологічних характеристик. Існуючи в них засоби виміральної техніки постійно потребують удосконалення метрологічних характеристик, що здійснюється з метою підвищення достовірності контролю параметрів зразків промислової техніки. Одним з параметрів є тиск. Однією із вимог при повірки та калібруванні приладів вимірювання тиску є підвищення якості повірки та калібрування засобів вимірювання тиску. Для цього використовуються методи аналогово-цифрового перетворення, які дозволяють описати схему управління роботою приладу для вимірювання тиску, що працює як в статистичному так і в динамічному режимах.

При проведенні повірки та калібрування засобів вимірювання тиску виникає необхідність в більш скорішому, точному та найбільш раціональному вимірюванню цього параметру. Таким чином актуальність даної науково-прикладної задачі зумовлена постійним підвищенням вимог до якості засобів вимірювання тиску метрологічних органах Держави.

В доповіді розглядається: вимірювання тиску в динамічному режимі та принципи дії перспективного пристрою щодо повірки та калібрування приладів тиску; структурні схеми та властивості вимірювачів тиску в динамічному режимі; пропонується структурна схема та принцип дії перспективного пристрою щодо повірки та калібрування приладів тиску. Технічні рішення, що запропоновані в доповіді, доцільно використовувати як при модернізації існуючих вимірювачів тиску, так і при створенні перспективних зразків вимірювачів тиску.

Список літератури

1. V. Kononov Measuring the pressure in dynamic mode / V. Kononov, A. Chorna, M. Azizova //Advanced information systems. Vol. 3, No. 4, Kharkiv, NTU, 2019. - P. 58-61
2. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. ISO – Geneva, 1993. ISBN 0-948926-08-2.
3. ILAC G 17: 2002 “Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Application of the Standard ISO/IFS 17025”. www.ilac.org.

ОЦІНЮВАННЯ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Косач Н.І.¹, Павлова Г.О.¹, Большаков В.Б.²

¹Державне підприємство «Харківський машинобудівний завод «ФЕД»

²Академія метрології України

dqm@fed.ua

В останні часи в усьому світі велику увагу приділяють розвитку інформаційних технологій (далі — ІТ), які поєднують у собі методи і засоби для збору, оброблення, зберігання і передавання будь-якої інформації, зокрема, вимірювальної. На цей час у виробничій практиці застосовується більш ніж 300 стандартів, пов'язаних з ІТ. Практично всі засоби вимірювання, в яких застосовують ІТ для отримання більш точної інформації про вимірювану фізичну величину, можна вважати електронно-обчислювальною технікою. Тобто, у даному випадку ІТ технології — це перетворення інформації на базі комп'ютерних обчислювальних систем, при якому отримання інформації про вимірювану фізичну величину є процесом, на виході якого інформація — продукт. Якщо інформація є продуктом, то вона підлягає оцінюванню з точки зору встановлення її якісних характеристик, а також визначення та контролю її якості.

Таким чином, процес отримання інформації являє собою склад критеріїв (завдань, дій тощо), які координують використовуються для досягнення визначеної цілі [1], а досягнення цілі визначається наявністю кінцевих даних або результатів, що спостерігаються [2], зокрема про якість вимірювання фізичної величини. Це дає можливість досягати визначених якісних характеристик процесу, оцінку яких здійснюють за досягнутими його результатами та результатами досліджень ступеня відповідності якості процесу заданій характеристиці.

Оцінювання процесу, пов'язаного з ІТ, базується на групі стандартів ISO/IEC 330XX під загальною назвою «Інформаційні технології. Оцінка процесу», у які закладено концепцію оцінювання з урахуванням трьох компонентів: модель процесу, система вимірювання (контролю) процесу і документовані процедури оцінювання. Ця група стандартів визначає систему проведення і застосування оцінювання процесу, забезпечуючи при цьому перелік вимог для його оцінювання. Також зазначені стандарти визначають ресурси, необхідні для ефективної реалізації цієї системи на основі структурованого підходу. Оцінювання відповідності ІТ, як процесу, здійснюється визначеними методами згідно з ISO/IEC 29169 [3].

Список літератури

1. ISO/IEC 33001:2015 Information technology — Process assessment — Concepts and terminology.
2. ISO/IEC/TR 24774:2010 Systems and software engineering — Life cycle management — Guidelines for process description.
3. ISO/IEC 29169:2016 Information technology — Process assessment — Application of conformity assessment methodology to the assessment to process quality characteristics and organizational maturity.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХОРОСТРУМОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ ТОВЩИНИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКРИТТІВ НА МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ ВИРОБІВ

Кошовий М.Д., Заболотний О.В., Цеховський М.В., Кошова І.І.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

kafedraapi@ukr.net

Для забезпечення нормальної експлуатації обладнання і матеріалів, захисту їх від зовнішніх факторів і пошкоджень широко використовуються різні діелектричні покриття. При цьому якість виробу визначається товщиною і рівномірністю цього покриття. Вихорострумові вимірювачі товщини покриття мають істотні переваги у порівнянні з іншими.

Основним завданням їх удосконалення є підвищення точності вимірювання.

На кафедрі інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості розроблено пристрій для вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях виробів, заснований на використанні вихорострумових перетворювачів. Підвищення точності вимірювання досягнуто за рахунок використання наступних способів: установки обмотки збудження паралельно електропровідній поверхні виробу і екранування вимірювача; вимірювання із застосуванням двох вимірювальних елементів Холла, з'єднаних диференційно і розташованих по обидві сторони сердечника; використання удосконаленого накладного перетворювача і цифрової обробки сигналів.

При дослідженні вихорострумових перетворювачів в якості критерію оптимізації було обрано похибку вимірювання δ , %, а домінуючими чинниками: X_1 – діаметр сердечника, мм; X_2 – висота сердечника, мм; X_3 – кількість витків; X_4 – частота напруги живлення, Гц.

Для реалізації плану експерименту по кожному фактору були обрані рівні та інтервали варіювання, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Фактор	Рівень фактору			Інтервал варіювання ΔX_1	Розмірність
	-1	0	+1		
X_1 (d)	3	4,5	6	1,5	мм
X_2 (h)	14	19,5	25	5,5	мм
X_3 (w)	150	225	300	75	Виток
X_4 (f)	300	500	700	200	Гц

Для зменшення вартісних і часових витрат на дослідження вихорострумових перетворювачів експерименти проводилися по плану повного факторного експерименту, побудованому з використанням коду Грея [1]. У

порівнянні з планом [2], побудованим класичним методом, який має 26 переходів значень рівнів факторів при його реалізації, він має 15 переходів. Отже, цей план буде оптимальним за вартісними і часовими витратами при його реалізації. План і результати експерименту наведені у табл.2.

Таблиця 2

Порядковий номер	Фактори				Похибка δ
	X_4	X_1	X_2	X_3	
1	-1	-1	-1	-1	1,75
2	+1	-1	-1	-1	7,60
3	+1	+1	-1	-1	8,77
4	-1	+1	-1	-1	11,11
5	-1	+1	+1	-1	6,43
6	+1	+1	+1	-1	28,07
7	+1	-1	+1	-1	7,01
8	-1	-1	+1	-1	7,01
9	-1	-1	+1	+1	7,01
10	+1	-1	+1	+1	9,35
11	+1	+1	+1	+1	11,69
12	-1	+1	+1	+1	1,16
13	-1	+1	-1	+1	17,54
14	+1	+1	-1	+1	17,54
15	+1	-1	-1	+1	30,99
16	-1	-1	-1	+1	4,09

При обробці результатів експериментального дослідження отримані математичні моделі в перетворених змінних і в натуральних значеннях факторів. Причому математична модель в перетворених змінних дозволяє визначити характер впливу факторів та їх взаємодій на похибку вимірювання δ , а модель в натуральних значеннях факторів дає можливість визначати величину похибки для різних конструктивних параметрів вимірювача. Подальші дослідження будуть направлені на пошук раціональних конструктивних параметрів вихорострумового перетворювача.

Список літератури

1. Кошевой Н.Д. и др. Исследование множества планов многофакторных экспериментов с минимальным числом переходов уровней факторов. Радиоелектроніка, інформатика, управління. 2019. №2. С.53-59.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971. 283 с.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МЕТАНОГО ЕЛЕМЕНТУ В КАНАЛІ СТВОЛА ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ

Крюков О.М.¹, Мудрик В.Г.¹

¹Національна академія Національної гвардії України
mudrik.vad@gmail.com

При проектуванні, модернізації, визначенні технічного стану вогнепальної зброї та для вирішення задач внутрішньої балістики необхідно мати дані про балістичні елементи пострілу – залежності зміни тиску $P(t)$ порохових газів та швидкості $V(t)$ метаного елемента в функції часу його руху каналом ствола [1]. Одним з шляхів отримання такої інформації є реалізація вимірювання миттєвих значень швидкості руху метаного елемента в каналі ствола під час пострілу.

В основу побудови засобу вимірювання швидкості руху метаного елемента в каналі ствола може бути покладено оптичний подвійний диференційний доплерівський метод, який базується на виділенні та реєстрації доплерівського зсуву частот між двома хвилями когерентного лазерного випромінювання, які спрямовуються на метаний елемент під різними кутами нахилу.

Відбите від метаного елемента випромінювання містить декілька хвиль, які, внаслідок інтерференції, створюють сигнал з різницевою частотою, що несе інформацію про швидкість його руху [2]. Для забезпечення прийняттого співвідношення «сигнал/завада» на виході фотоприймача доцільно застосовувати світлоповертальне покриття на основі мікросклокульок або мікросклопризм, яке наноситься на оживальну поверхню метаного елемента. Специфіка методу забезпечує стійкість амплітуди коливань фотоструму навіть за просторової неузгодженості променів на поверхні метаного елемента [2].

Застосування подвійного диференційного доплерівського методу зумовлює виникнення інструментальної похибки, основними джерелами якої є [3]:

1. Технологічні або експлуатаційні відхилення значень параметрів елементів оптичної схеми;

2. Недосконалість алгоритму, який реалізовано в обчислювальному компоненті засобу вимірювань (обмежена розрядність операндів, специфіка алгоритму, який реалізує спектральний аналіз сигналу на основі швидкого перетворення Фур'є тощо);

3. Наявність оберտального руху метаного елемента в каналі ствола (залежить від відхилення точки зондування на поверхні метаного елемента від площини зондування та довжини ходу нарізів).

Проведено математичне моделювання відповідних складових похибки засобу вимірювання, виконано кількісне їх оцінювання. Встановлено, що межа допустимої відносної похибки засобу вимірювання знаходиться в межах $\pm(0,15\dots0,5) \%$ [3].

Експериментальне дослідження наведених принципів побудови засобу

вимірювання проведене із застосуванням експериментальної установки, яка складається з оптичної, механічної та електронної частин [3]. Методика проведення експериментальних досліджень включає підготовку експериментальної установки до проведення вимірювань, отримання вимірювальної інформації та оброблення експериментальних даних. В ході експериментальних досліджень параметри елементів оптичної і механічної частин установки варіювалися з метою перевірки адекватності математичного опису засобу вимірювання. Виконано серію вимірювань, в ході яких за допомогою цифрового осцилографа зареєстровано масиви миттєвих значень напруги фотоструму фотоприймача у csv-форматі з метою їх подальшого оброблення.

Аналіз результатів експериментальних досліджень дозволяє зробити такі висновки:

- практично підтверджується наявність стійкого вимірювального сигналу та можливість його реєстрації і оброблення в умовах проведення вимірювань, що є близькими до реальних;

- вигляд отриманих кривих для доплерівського звуку частот відповідає очікуваному характеру наростання швидкості руху метаного елемента в каналі ствола експериментальної установки;

- наявність просторової неузгодженості лазерних променів на поверхні метаного елемента на окремих ділянках його руху не призводить до падіння відношення «сигнал/завада» до рівнів, які ускладнюють ідентифікацію домінуючих гармонік доплерівського звуку частоти;

- обсяг вимірювальної інформації є достатнім для оброблення сигналу та визначення залежностей швидкості руху метаного елемента в функції часу;

- збіг кривих, отриманих при однакових законах зміни швидкості руху метаного елемента, свідчить про адекватність математичного опису засобу вимірювання, отриманого теоретичним шляхом.

Результати виконаних досліджень можуть стати основою для створення дослідного зразка засобу вимірювання швидкості руху метаного елемента в каналі ствола, який дозволить визначати балістичні елементи пострілу експериментальним шляхом за умови забезпечення зростаючих вимог до точності їх отримання.

Список літератури

1. Голомбовский, А. К. Теория и расчет автоматического оружия [Текст] / А. К. Голомбовский. – Пенза: ПВАИУ, 1973. – 492 с.

2. Крюков, А. М. Дифференциальная лазерная доплеровская анемометрия объектов со световозвращающей поверхностью [Текст] / А. М. Крюков, Г. Н. Доля, В. Г. Мудрик // ХНУРЭ : науч.-техн. журнал. Х. : Прикладная радиоэлектроника, – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 436–441.

3. Крюков, О.М. Засіб вимірювання швидкості руху снаряду в каналі ствола: експериментальні дослідження діючого макету [Текст] / О.М. Крюков, В.Г. Мудрик // Метрологія та прилади. – 2019. – № 3. – С. 27 - 31.

ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ В РЛС З ФАЗОВАНОЮ АНТЕННОЮ РЕШІТКОЮ

Кузнєцов О.Л., Ковальчук А.О.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
SAG2121@ukr.net
Inna700nf@gmail.com

Застосування високих технологій у радіолокаційній техніці стимулює пошук шляхів розвитку радіолокаційних систем. Одним із перспективних напрямків такого розвитку є створення багатофункціональних і багаторежимних РЛС з фазованою антенною решіткою (ФАР) [1, 2].

Турбулентність тропосфери та неоднорідності земної (морської) поверхні є джерелами виникнення флуктуацій фазового фронту хвилі радіолокаційного сигналу в елементах ФАР. Дані флуктуації порушують його просторову когерентність і знижують точність вимірювання кутових координат цілі.

При прийомі когерентного сигналу з випадковою рівномірно розподіленою початковою фазою і випадковою, розподіленою за законом Релея, амплітудою на фоні внутрішнього шуму, дисперсія помилки вимірювання кутової координати для ФАР з рівномірним амплітудним розподілом описується виразом [3]

$$\frac{1}{\sigma_{\theta}^2} = \frac{q^2(4m^2 - 1)}{12} \left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right)^2, \quad (1)$$

де θ - очікуваний кут приходу сигналу, що відраховується від нормалі до апертури ФАР; q^2 - відношення сигнал/шум по потужності; $m = n/2$ - число пар симетричних каналів ФАР (відлік пар ведеться від центру ФАР); n - число елементів ФАР; λ - довжина хвилі РЛС, d - відстань між сусідніми елементами ФАР.

Передбачається, що фазові флуктуації розподілені за нормальним законом з нульовим середнім і дисперсією σ_{ϕ}^2 . Коефіцієнт міжканальної кореляції фазових флуктуацій сигналів описується експонентною залежністю:

$$K(d) = e^{-d/\rho}, \quad (2)$$

де ρ - радіус кореляції флуктуацій фази сигналу для сусідніх елементів ФАР.

Як показано у [3], для коефіцієнту міжканальної кореляції фазових флуктуацій (2), відповідний вираз для дисперсії флуктуаційної складової помилки вимірювання кута приходу сигналу має вид

$$\sigma_{\theta_{\text{фл}}}^2 = \frac{9\sigma_{\phi}^2\lambda^2}{2\pi^2 d^2 m^2 (4m^2 - 1)^2} \left[\sum_{j=1}^m (2j-1)^2 (1 - \exp(-\frac{d}{\rho}(2j-1))) + 2 \sum_{l=1}^{m-j} \exp(-\frac{d}{\rho}l) \sum_{j=1}^{m-l} (2j-1)(2j+2l-1)(1 - \exp(-\frac{d}{\rho}(2j-1))) \right]. \quad (3)$$

Значення середньоквадратичної помилки (СКП) вимірювання кутової

координати повітряного об'єкту при висоті антени $h_a = 8$ м, які отримані для дальностей 50, 100, 150 та 200 км надані в таблиці 1.

Результати отримані для наступних вхідних даних: $m=50$; $\lambda=5$ см; $q^2=100$; $d = \lambda/2$ та зовнішньому масштабі турбулентності тропосфери $L_0 = 1$ км.

В даній таблиці наведені значення СКП вимірювання кутової координати $\sigma_{\theta_{\text{фл}}}$, обумовленої впливом лише фазових флуктуацій сигналу в елементах ФАР (3), та відношення $\sigma_{\theta_{\text{фл}}} / \sigma_{\theta}$ цієї СКП до величини СКП вимірювання кутової координати $\sigma_{\theta} \approx 0,06^\circ$ за умовою впливу лише внутрішніх шумів приймального пристрою РЛС (1).

Таблиця 1

z , км.	50	100	150	200
$\sigma_{\theta_{\text{фл}}}^\circ$	0,18	0,32	0,44	0,75
$\sigma_{\theta_{\text{фл}}} / \sigma_{\theta}$	3	5,3	7,3	12,5

З отриманих результатів випливає, що в РЛС супроводження флуктуаційна помилка вимірювання кутових координат об'єктів радіолокаційного спостереження здатна в декілька разів перевершувати відповідну потенційну помилку вимірювання.

Таким чином, відсутність врахування фазових флуктуації сигналу при його просторовій обробці є причиною виникнення значних помилок вимірювання кутових координат цілі в РЛС з ФАР. В цьому випадку оцінки просторових координат не придатні для використання у якості цілевказівок для забезпечення стійкого супроводження повітряних об'єктів.

Список літератури

1. Радіоелектронні системи / Ю.М. Сєдишев, В.І. Карпенко, Д.В. Атаманський та ін. – Х: ХУПС, 2010. – 418 с.
2. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория / под. ред. Я.Д. Ширмана. – М: З.А.О. «МАКВИС», 1998. – 828 с.
3. Кузнецов О.Л. Оцінювання впливу фазових флуктуацій сигналу на зниження точності вимірювання кутових координат цілі в РЛС з фазованими антенними решітками / О.Л. Кузнецов // Системи обробки інформації. – 2008. – № 1 (68). – С. 38-40.

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ НА ФОНІ ШУМУ ЗА КІЛЬКІСТЮ НУЛІВ ПРОЦЕСУ

Куц Ю.В., Редька М.О., Близнюк О.Д.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»
mike.redka10@gmail.com*

Вступ. Вихрострумний неруйнівний контроль ґрунтується на взаємодії електромагнітного поля з електропровідними матеріалами і виробами з них [1].

У випадку проведення вихрострумного неруйнівного контролю (ВСНК) в динамічному режимі, за умови компенсації напруги холостого ходу та внесеної, допускається представлення моделі інформативної частини сигналу у вигляді радіоімпульсів з гармонічним сигналом-носієм. Характеристики такого сигналу містять інформацію про досліджуваний об'єкт і підлягають подальшому вимірюванню і аналізу. Зазвичай такі сигнали спостерігаються на фоні шуму. Зі зменшенням розмірів дефектів та збільшенням глибини їх залягання зменшується і амплітуда інформаційної складової сигналу, відповідно зменшується відношення сигнал/шум (с/ш) і вірогідність виявлення сигналів від дефектів.

Мета дослідження. Аналіз можливості виявлення сигналів ВСНК на фоні шуму за визначенням в ковзному режимі числа нулів аналізованого сигналу.

Стан питання. Відомо декілька методів виявлення сигналів ВСНК на фоні шумів. В роботі [2] запропоновано використання методу опрацювання сигналів ВСНК, який ґрунтується на аналізі r -статистики, отриманої в ковзному режимі опрацювання фазової характеристики сигналу. Цей метод здатний забезпечити виявлення сигналів ВСНК за низького відношення с/ш, проте потребує значних обчислювальних затрат, тому використання запропонованого методу в динамічному режимі контролю за високих швидкостей взаємного руху виробу і вихрострумного перетворювача ускладнено.

Основна частина. Запропонований метод базується на виявленні сигналу ВСНК з його адитивної суміші з шумом за кількістю нулів процесу.

Під нулем процесу мається на увазі перетин знакозмінною функцією (за відсутності постійної складової) осі абсцис. Відомо, що кількість нулів шумового процесу має певні статистичні характеристики. Для адитивної суміші корисної складової та шуму ці характеристики змінюються. Ця властивість покладена в основу запропонованого методу виявлення сигналів ВСНК.

Згідно розглянутого методу виконується віконне опрацювання сигналу в ковзному режимі з визначенням кількості нулів процесу всередині віконної функції прямокутної форми. В результаті опрацювання сигналу формується результуючий нормований вектор кількості нулів процесу $Z[j]$.

Методика моделювання. З метою перевірки можливості виявлення сигналів ВСНК запропонованим методом було проведено модельний експеримент, який складався з наступних етапів:

1. Формування послідовності радіоімпульсів з гармонічним сигналом-

носієм $u_d[j]$.

2. Формування суміші сигналу з гауссовим шумом.
3. Проведення віконного опрацювання сигнально-шумової суміші з визначенням кількості нулів процесу у вікні аналізу в ковзному режимі.
4. Побудова та аналіз вектора нулів процесу $Z[j]$.

Параметри моделювання. Для модельного експерименту було обрано наступні параметри моделі: частота гармонічного сигналу-носія $f = 5$ кГц; відношення с/ш = 2; частота дискретизації $F_d = 640$ кГц; обсяг вибірки $N = 19000$; апертура віконної функції $M = 256$, форма радіоімпульсів – гауссова.

Алгоритм отримання результуючого вектору нулів процесу $Z[j]$ для сигнально-шумової суміші описується наступним чином: на початку алгоритму запускається зовнішній цикл, який реалізує сканування сигналу віконною функцією. На кожній ітерації зовнішнього циклу запускається внутрішній цикл, який реалізує процес підрахунку кількості нулів процесу всередині віконної функції. На кожній ітерації внутрішнього циклу проводиться перемноження значення поточного та наступного відліків сигналу. Якщо знак добутку від'ємний, між даними відліками міститься нуль процесу. У випадку виявлення чергового нуля процесу значення $Z[j, m]$, де $m=1 \dots M$ – номер відліку сигналу у вікні, збільшується на одиницю. Після закінчення внутрішнього циклу відбувається ділення отриманого результату $Z[j, M]$ на значення апертури віконної функції з метою нормування результуючого вектору: $Z[j] = Z[j, M] / M$.

Аналіз результатів моделювання. Після закінчення зовнішнього циклу відбувається графічне представлення та аналіз вектору $Z[j]$. Результати експерименту засвідчили, що для обраних параметрів моделі на ділянках вибірки за відсутності сигналу значення $Z[j] \approx 0,5$, за наявності сигналу – $Z[j] \approx 0,25$, що дає змогу виявити сигналу від дефекту з високою достовірністю та оцінити його часове положення.

Висновки. Результати моделювання підтверджують, що метод виявлення сигналів ВСНК, що ґрунтується на використанні ковзного віконного опрацювання суміші сигналу з шумом з визначенням вектору нулів процесу $Z[j]$, є ефективним для вирішення завдань вихрострумової дефектоскопії у динамічному режимі. Для ділянок з корисною складовою сигналу значення $Z[j]$ зменшується, що дає змогу визначати часове положення сигналів за малих відношень сигнал/шум. Подальші дослідження доцільно спрямувати на аналіз впливу параметрів моделі на вірогідність виявлення сигналів ВСНК.

Список літератури

1. Nondestructive Testing Handbook, Third Edition: Volume 5, Electromagnetic Testing / Satish S Udpa (technical editor), Patrick O'Moore (editor). – ASNT, 2004. – 536 p.
2. Куц Ю.В. Метод опрацювання сигналів вихрострумової дефектоскопії / Ю.В. Куц, М.О. Редька, О.Д. Близнюк // 5-а Міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС – 2019)». – Вінниця: ВНТУ. – С. 17-18.

MODELLING OF AN AUTOMATED FOOD QUALITY ASSESSMENT SYSTEM BASED ON FUZZY INFERENCE

Kutsenko A.S.¹ Kovalenko S.V.¹, Kovalenko S.M.² Rybalka A.I.³

¹ *National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,*

² *Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture,*

³ *Kharkiv National University of Radio Electronic, adbc@ukr.net*

The quality of food and the issues of quantitative and qualitative nutrition, as well as the safety of food products, occupy an important place in the preservation of the population health. World Health Organization (WHO) considers the issue of food quality and safety as one of the priority areas in maintaining the health of consumers [1]. On the other hand, product quality is one of the main tools for the manufacturer to conquer the market. Therefore, issues of product quality assessment are extremely relevant.

The purpose of this study is to create a methodology for developing an automated system for assessing the quality of food products based on a comprehensive quality indicator and the use of fuzzy logic theory, namely, fuzzy inference. In our opinion, such an approach to quality assessment can reduce the subjective component that has a significant impact on making a final decision.

The mathematical apparatus of fuzzy sets and fuzzy logic, the founder of which is L. Zade, is designed to simulate the capabilities of human intelligence. Designing human approximate reasoning models allows us to make decisions based on information that is incomplete, fuzzy and/or with a large proportion of entropy.

The fuzzy inference system is currently one of the most applicable mathematical tools in decision theory [2]. The decision-making algorithm based on the use of fuzzy logic is as follows:

1. *Initial data* $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ *collection*, on the basis of which a decision will be made. Thus, this automated system will have n inputs and one output. Due to the specifics of the object of study, the initial data may be the results of laboratory measurements (for example, the content of nutrients, vitamins, harmful substances) as well as expert opinions based on organoleptic and laboratory indicators, packaging quality assessments, compliance with domestic and international standards, etc. Also, when using this methodology, it is possible to conduct a quality assessment for any single indicators, and not to take into account all indicators at once.

2. *Fuzzification of input variables*. That is, finding the correspondence between the crisp numerical value of the input variable and the value of a term of a linguistic variable membership function. To create an assessment using a comprehensive quality indicator, n linguistic variables must be defined. Each linguistic variable A_i ($i = \overline{1, n}$) will be characterized by four linguistic terms α_{ij} ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, 4}$), which correspond to qualitative assessments “unsatisfactory”, “satisfactory”, “good”, “excellent”. Each term α_{ij} will be described using a fuzzy set $\alpha_{ij} = \left\langle \left\langle x_i, \mu_{\alpha_{ij}}(x_i) \right\rangle \right\rangle, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, 4}$, where

$\mu_{\alpha_{ij}}(x_i)$ is the value of membership function of x_i in the term $\alpha_{ij} \in A_i$, each of values $\mu_{\alpha_{ij}}(x_i)$ maps each element of the set $x_i \in X$ to a real number from the interval $[0,1]$.

To determine values of membership functions, there are direct and indirect methods [3]. Generally, direct methods are used for measurable concepts (for example, the amount of nutrients, micronutrients), and indirect methods are used for concepts that are difficult to measure (for example, color, taste quality of a food product).

3. *Formation of the rule base* of the fuzzy inference system. Such a base is a formalized reflection of experts' knowledge and is presented in the form of fuzzy production rules $R = C \rightarrow D$, where " \rightarrow " is a symbol of fuzzy implication. For this task the right (antecedent) part of each rule will be represented by composite logical fuzzy statements, i.e. simple fuzzy statements are connected by fuzzy conjunctions, that is, we have i rules of the form:

$$R_i: \text{if } x_1 \text{ is } \alpha_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } \alpha_{in} \text{ then } y \text{ is } \beta_i,$$

where $i = \overline{1, m}$, m is number of rules in the database; x_j , $j = \overline{1, n}$ are input variables; y is the output linguistic variable; α_{ij} and β_i are the membership functions defined respectively on x_j and y .

4. *Fuzzy implication*. In this step values of the degree of fulfillment of fuzzy premises apply to the fuzzy conclusions for each rule. As a result, we get one fuzzy subset for output y . For this task the Mamdani's implication (i.e. using of *min* operator) is proposed. This actually is a "cut-off" in height of the membership function of the output at a level corresponding to degree of fulfillment of the antecedent part of the rule.

5. *Composition*. The formation of one fuzzy set by connecting all the fuzzy subsets for each output obtained on step 4. We also consider the composition according to Mamdani with the use of *max* operation. It means that resulting set obtains by taking pointwise maximums over all fuzzy subsets for output.

6. *Defuzzification* (obtaining crisp values). There are sufficient number of methods for this step – center of gravity (COG), mean of maxima (MOM), first of maximum (FOM), largest of maximum (LOM). Despite the fact that the COG and MOM methods are the most frequently used, choosing the actual method to obtain an adequate value can become an independent task that require a systematic approach.

The system, built on a given algorithm, allows us to assess the quality of food products, taking into account the data of laboratory studies on measurable quality indicators and expert opinions on difficult to measure indicators.

References

1. WHO global strategy for food safety: safer food for better health. World Health Organization, 2002. 26 p.
2. Y. Megel, Kovalenko S. et al. An approach to quantitative assessment of inbound tourism impact on the country's economy. *Information Processing Systems*. 2019. No 3 (158). pp. 65-72.
3. Raskin L., Seraya O. Fuzzy Mathematics. Kharkiv: "Parus". 2008. 352 p.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Кучаева Е.А., Игнатъев И.А., Савостикова О.Г.

Московский политехнический университет

lizakuchaeva00@gmail.com, vanya-ignatev-01@mail.ru, ogsavostik@mail.ru

Обеспечение качества всегда было и остается одной из самых сложных задач, с которыми приходится сталкиваться при производстве продукции и предоставлении услуг.

Контроль предусматривает проверку продукции в самом начале производственного процесса и в период эксплуатационного обслуживания, обеспечивая в случае отклонения от регламентированных требований качества, принятие корректирующих мер, направленных на производство продукции надлежащего качества, надлежащее техническое обслуживание во время эксплуатации и полное удовлетворение требований потребителя.

Если параметры продукции не соответствуют требованиям, система контроля качества позволяет оперативно выявить наиболее вероятные причины несоответствий и устранить их. Недостаточный контроль на этапе изготовления серийной продукции ведет к возникновению финансовых проблем и влечет за собой дополнительные издержки.

К настоящему времени сложились разнообразные методы контроля качества, которые можно разбить на две группы: 1 группа - Самопроверка или самоконтроль; 2 группа – Ревизия.

При контроле качества продукции используются физические, химические и другие методы, которые можно разделить на разрушающие и неразрушающие. К разрушающим методам относят следующие испытания: испытания на растяжение и сжатие; испытания на удар; испытания при повторно-переменных нагрузках; испытания твердости. К неразрушающим методам контроля относят: магнитные (магнитографические) методы; акустические (ультразвуковая дефектоскопия); радиационные (дефектоскопия с помощью рентгеновских и гамма- лучей); органолептические (визуальные, слуховые и т.п.).

Повышение качества продукции было и остается одной из важных задач экономического развития предприятия. Без обеспечения стабильного качества, соответствующего требованиям потребителей, не возможно рационально производить продукцию и поставлять её на рынок.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] //DOCS.CNTD.RU: - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200167117>.

2. «Общие функции управления качеством продукции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа // BIZLOG.RU – URL: http://bizlog.ru/lib/b2/4_4_2.htm.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА РИСКА И НЕАДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛЕЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Левин С.Ф.

Московский институт экспертизы и испытаний
кафедра метрологии и метрологического обеспечения, Россия, Москва

E-mail: AntoninaEL@rostest.ru

В связи с введением в действие ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» рассматриваются вопросы, связанные с определением лабораторной деятельности, а также проблемы использования «статистических методов» анализа риска согласно ГОСТ Р ИСО 31000–2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», ГОСТ Р 51901.7 –2017/ISO/TR 31004:2013 «Менеджмент риска. Руководство по внедрению ИСО 31000» и ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска».

1. Испытания и калибровку можно рассматривать согласно ГОСТ 16504–81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения»:

36. **Контрольные испытания** – Испытания, проводимые для *контроля* качества объекта.

38. **Определительные испытания** – Испытания, проводимые для *определения* значения характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и (или) достоверности.

2. Проблема расчета рисков для стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 заключается в том, что без учета неадекватности моделей метрологических характеристик при калибровке средств измерений оценки вероятностей ложноположительных или ложноотрицательных решений о соответствии заданным показателям точности и (или) достоверности в определительных испытаниях получаемые оценки могут оказаться несостоятельными. Ситуацию в отношении рисков статистических предположений усугубляет ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011, в котором отмечено, что «статистические методы» для анализа вероятностных характеристик риска не применимы.

3. Тем не менее, вероятности риска при калибровке средств измерений могут быть рассчитаны как количественные характеристики достоверности согласно ГОСТ 19919–74 «Контроль автоматизированный технического состояния изделий авиационной техники», МИ 187–86 «МУ ГСИ. Средства измерений. Критерии достоверности и параметры методик поверки», МИ 188–86 «МУ ГСИ. Средства измерений. Установление значений параметров методик поверки», Р 50.2.004–2000 «ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения», МИ 1317–2004 «МУ ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их

параметров» и МИ 2916–2005 «ГСИ. Идентификация распределений вероятностей при решении измерительных задач».

4. Рассмотрен пример калибровки термометра из «Руководства по выражению неопределенности измерения». Показаны последствия отсутствия учета неадекватности модели функции поправок и их влияние на вероятности риска.

Литература

1. Левин С.Ф. Качество поверки средств измерений и апостериорная достоверность контроля // Измерительная техника. 2018. № 9. С. 20–25.
2. Левин С.Ф. Руководство по выражению неопределенности измерения: проблемы, нереализованные возможности и ревизия. Часть 3. Приведение к общему терминологическому знаменателю//Измерительная техника. 2019. № 7. С. 14–22.
3. Левин С.Ф. Максимально допускаемые погрешности и неопределённость измерений в законодательной метрологии // Законодательная и прикладная метрология. 2019. № 2. С. 23–29.
4. Левин С.Ф. Задача градуировки средства измерений // Законодательная и прикладная метрология. 2019. № 4. С. 22–28.
5. Левин С.Ф. Еще раз о «достоверности» в метрологии // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2019. № 5. С. 30–34.
6. Левин С.Ф. Дефинициальная неопределенность и погрешность неадекватности // Измерительная техника. 2019. № 11. С. 7–17.

ЛОКАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ГІСТОГРАМНИМ МЕТОДОМ

Луценко В.О.¹, Кобзєв В.Г.², Пономарьов Ю.В.¹, Бондарев С.А.¹

¹Науково-дослідний інститут транспорту газу,

² Харківський національний університет радіоелектроніки

lutcenko-va@utg.ua

Ефективне управління газовими потоками у газотранспортній системі (ГТС) неможливе без оперативного прогнозування споживання газу на газовимірювальних (ГВС) та газорозподільчих станціях (ГРС).

Розглядається задача аналізу часового ряду значень, отриманих від приладів обліку газу, які встановлені на ГВС та ГРС. Часовий ряд значень обсягу природного газу у цьому дослідженні розглядається як нестационарний шумоподібний випадковий процес.

Метою роботи є дослідження і розроблення методики аналізу шумоподібних часових рядів обсягу газу при суттєво-нестационарному режимі транспортування газу магістральними газопроводами. Відомі найбільш часто застосовувані методи аналізу прихованого в вибірці порядку [1], такі як обчислення фрактальної розмірності методом мінімальних покриттів і аналіз часових рядів з використанням гістограмного методу.

В основі гістограмного методу лежить аналіз попарної подібності форм згладжених гістограм, побудованих на коротких відрізках часового ряду.

Реалізується він способом експертного порівняння і ґрунтується на наборі евристичних правил, знайдених емпірично. У цьому полягає ризик цього методу – можливість отримання суб'єктивної помилки, але його позитивний ефект полягає в використанні локальної властивості часового ряду (короткі відрізки), це і є метою цього дослідження - отримати ефективний алгоритм online-прогнозування для систем диспетчерського контролю та управління режимом доставки природного газу від родовища або підземного сховища газу до споживача.

Гістограмний метод заснований на методі попарного порівняння форм гістограм і умовно може бути розбитий на три етапи:

1. Перетворення вихідного шумоподібного часового ряду в послідовність згладжених гістограм.
2. Парне експертне порівняння гістограм і за результатами порівняння побудова розподілу інтервалів.
3. Аналіз отриманого розподілу інтервалів.

Формальний опис гістограмного методу аналізу часового ряду витрат газу такий.

Є часовий ряд $Q = \{q_i\}$, $i = \overline{1, N}$. Цей ряд розбивається на короткі непересічні відрізки $\bar{q} = \{q_i\}$, $i = \overline{i, n}$ довжиною n, \dots, N , які складаються з множини окремих вимірювань q_i .

Кожен відрізок \bar{q}_j , $j = \overline{1, m}$ перетворюється у незгладжену гістограму

$$\overline{H}_j = Gq_j = G\{q_i | i = \overline{1, n}\}_j, \quad (1)$$

де G – алгоритм побудови гістограм.

Після побудови множини незгладжених гістограм $H \in \{H_j\}, j=\overline{1, m}$ кожна з них згладжується алгоритмом P p раз k -точковим прямокутним вікном. Слід зазначити, що величини p та k суттєво залежать від властивостей часового ряду Q , особливо від його дисперсії.

Згладжені гістограми за своєю суттю відображають спектр амплітуд флуктуацій обсягу газу, а їхня форма відображає інформацію про кількість флуктуацій і величину амплітуди, які були виміряні на множині q_j .

В результаті згладжування утворюється послідовність гістограм певної форми

$$PGq_j = PG\{q_j | i = \overline{1, n}\}. \quad (2)$$

Подоба $PGq_l \sim PGq_j$ або відмінність $PGq_l \neq PGq_j$ встановлюється в процесі попарного порівняння відповідно до набору евристичних правил.

Подоба в цьому алгоритмі розглядається як схожість, а не як точний збіг.

Експертна оцінка формалізується за допомогою формули:

$$R(l, j) = \begin{cases} 1, PGq_l \sim PGq_j \\ \emptyset, PGq_l \neq PGq_j \end{cases}. \quad (3)$$

Суть другого етапу – побудова розподілу інтервалів $I(\Delta)$ між парами подібних гістограм. Δ визначає величину часового інтервалу, який розділяє пару гістограм що порівнюють у часовому ряді.

Розподіл інтервалів запишемо в такому вигляді

$$I(\Delta) = \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^m R(l, j) \cdot L(|l - j| - \Delta), \quad (4)$$

$$\text{де } L(x) = \begin{cases} 1, x = \emptyset \\ \emptyset, x \neq \emptyset \end{cases}.$$

Таким чином, для побудови алгоритмів online-прогнозу обсягу газу можливе використання гістограмного методу. За допомогою нього можна визначити приховані закономірності і тенденції розвитку режиму транспортування та зберігання природного газу в ГТС. Особливість методу – єдиний перехід від вихідного відрізка часового ряду до гістограми заданої форми. Зворотний перехід від гістограми до вихідного відрізка часового ряду є неоднозначним. Одній і тій же гістограмі заданої форми будуть відповідати $n!$ відрізків, які відрізняються один від одного, отриманих в результаті перестановок елементів початкового відрізка.

Ця властивість підкреслює евристичну цінність методу, тобто за допомогою нього можна отримати інформацію з часових рядів таку, яку звичайними методами дослідження отримати неможливо.

Список літератури

1. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 1 (21), том 11, 2014, с.107-133.

ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ ЕТАЛОНІВ НА ПРАКТИЦІ

Малецька О.Є., Бурдейна В.М.

*Українська інженерно-педагогічна академія
maletskaolga@ukr.net*

Вже понад 700 років у метрологічній практиці застосовуються еталони для забезпечення необхідної точності та достовірності показів звірених з ними засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ). Еталон завжди використовується для передавання розміру одиниці вимірювань іншим еталонам або робочим ЗВТ. Еталон, по-перше, це – ЗВТ, який має метрологічні характеристики, такі як діапазон вимірювань та похибка вимірювань. Для забезпечення передавання розміру одиниці необхідно забезпечити більшу точність еталону у порівнянні із точністю ЗВТ. З початку 21 століття згідно з VIM [1] визначення еталону змінилося. Тепер еталон – це реалізація визначення даної величини із встановленим значенням величини та пов'язаною з ним невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння. Однак, чомусь не вважається, що цей термін не суперечить тому, що еталон – це ЗВТ та йому притаманні, крім інших, такі метрологічні характеристики, як діапазон вимірювань та похибка вимірювань, у тому числі випадкова та систематична. В залежності від принципу дії ЗВТ (аналоговий, цифровий або програмно-технічний засіб) випадкова похибка може бути більш або менш суттєвою. Тому її наявність повинна бути проаналізована та, у разі необхідності, врахована. Під час калібрування робочих еталонів у сертифікаті калібрування визначається значення відхилення – систематична похибка, як середнє значення за результатами одержаних незалежних показів. Визначення середнього значення передбачає наявність випадкової складової, яка у деяких джерелах вважається врахованою у невизначеності вимірювань за типом А під час калібрування. Однак оброблення статистичного ряду незалежних показів для оцінки невизначеності за типом А та для оцінки випадкової складової похибки ЗВТ суттєво відрізняються у зв'язку з тим, що невизначеність за типом А є експериментальним середньоквадратичним відхиленням середнього значення, а випадкова складова похибки ЗВТ оцінюється як експериментальне середньоквадратичне відхилення одного значення.

У ДСТУ OIML D8 [2] серед метрологічних характеристик вказано значення систематичної похибки, однак, передбачена можливість застосування значення максимально допустимої похибки еталону як суттєвої вимоги, яка перевіряється під час повірки цього еталону. Тому, необхідність проведення повірки або калібрування еталону повинна визначатися його користувачем.

Список літератури

1. ISO/IEC Guide 99:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)
2. ДСТУ OIML D8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація.

ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ МЕТОДИК ВИМІРЮВАНЬ

Малецька О.Є., Лис Ю.С.

Українська інженерно-педагогічна академія
maletskaolga@ukr.net

Методика вимірювань є документом, який містить сукупність процедур та правил, виконання яких забезпечує необхідну точність вимірювань. У VIM [1] точність визначена як близькість між вимірним значенням величини і істинним значенням вимірюваної величини. Поняття "точність вимірювання" не є величиною і тому не дається у вигляді чисельного значення величини. Вимірювання є більш точним, коли воно має меншу похибка вимірювання. Тобто точність - якісний показник, в кількісному значенні може бути виражений іншими показниками.

Завдання щодо гармонізації з міжнародними та європейськими метрологічними вимогами та впровадження їх у законодавство України сприяє застосуванню міжнародних стандартів. На жаль, міжнародні стандарти на завжди надають однакові вимоги та положення. Наприклад, для поняття точність VIM [1] відносить виключно похибку вимірювань, ISO 5725 [2] – правильність та прецизійність. Тому необхідно уточнити які ж характеристики кількісно визначають поняття "точність вимірювань" та можуть бути застосовані у методиках вимірювань.

Відповідно до міжнародних та національних нормативних документів точність вимірювань може бути кількісно визначена такими характеристиками:

- похибка вимірювань – нормована максимально допустима похибка або приписана похибка;
- невизначеність вимірювань - цільова (встановлене допустиме максимальне значення) або розрахована лабораторією дефінітивна (власна) невизначеність вимірювань;
- правильність – систематична похибка, що характеризує зміщення від опорного значення;
- прецизійність – випадкова похибка, що характеризує повторюваність та відтворюваність.

Для практичного використання у випробувальних та вимірювальних лабораторіях доцільним є використання таких характеристик як межа допустимого відхилення результатів двох вимірювань в умовах повторюваності та відтворюваності за ISO 5725-6 [2]. Застосування цих характеристик надає можливість лабораторії оперативно контролювати якість проведених вимірювань.

Список літератури

1. ISO/IEC Guide 99:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM).
2. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725 (6 частей) Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

ВИКОРИСТАННЯ РИЗИК ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Малецька О.Є., Москаленко М.В., Артюх С.М.

Українська інженерно-педагогічна академія

maletskaolga@ukr.net

Зміни вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність»[1] з 2016 р. визначають необхідність для підприємств удосконалювати систему управління вимірюваннями. Головне завдання цієї системи є забезпечення достовірності результату вимірювань.

Проведення вимірювань завжди пов'язано з наявністю ряду впливних факторів. Всі наявні впливні фактори повинні бути, наскільки це можливо, виявлені, проаналізовані, враховані, а їх негативний вплив зменшено. Можливі впливні фактори будуть залежати від реалізації вирішення вимірювального завдання з урахуванням наявних умов його виконання.

Для поліпшення ефективності виявлення негативного впливу різних факторів пропонується в системі управління вимірюваннями застосовувати ризик орієнтований підхід. При цьому впливні фактори можуть бути кореговані з можливими ризиками. Для кожного з цих видів вимірювань та вимірювального завдання впливні фактори можуть відрізнятися, тому необхідно проводити аналіз цих факторів з урахуванням фактичних обставин їх проведення. Результати аналізу будуть вірними, якщо до проведення аналізу будуть залучені спеціалісти, які виконують вимірювання, та спеціалісти, що добре розуміють критерії достовірності цього вимірювання з точки зору виробництва. Тоді під час проведення аналізу зручніше використовувати метод «мозкової атаки», який дозволяє провести групове обговорювання можливих впливних факторів, їх негативних наслідків та важливість.

Для управління ризиком щодо проведення вимірювань необхідно проводити його ідентифікацію, аналіз та оцінку з урахуванням встановленого критерію ризику. Визначеність впливних факторів щодо вимірювань дозволяє враховувати їх, впливати на них та оцінювати ризики, пов'язані з цими факторами, тобто управляти ними. При цьому одним з призначень системи управління вимірюваннями стає управління ризиками того, що умови проведення вимірювань, вимірювальне обладнання, застосовані методи вимірювання або методика вимірювань можуть привести до недостовірних результатів під час виготовлення та випробування продукції.

Використання ризик орієнтований підходу до організації проведення та контролю якості вимірювань буде сприяти забезпеченню достовірності результатів вимірювань, що необхідні підприємству для випуску якісної та конкурентоспроможної продукції.

Список літератури

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 5 червня 2014 року № 1314-VII із змінами (<https://zakon.rada.gov.ua>).

ЗАСТОСУВАННЯ НАБОРНОГО РОБОЧОГО ШАБЛОНУ ДЛЯ ПРОТЯЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАГОТОВОК СКЛАДНОГО ПРОФІЛЮ

Мандрикін О.Л., Кузьменко Т.М., Лахтадир С.Л., Несін В.В.

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України
witnes@ukr.net*

В технологічному процесі виготовлення деталей з протяжними елементами складного профілю застосовуються спеціальні фрези [1]. Сучасні стандартні системи контролю за станом інструменту не передбачають можливість роботи зі спеціальними фрезами. Формування поверхонь можливе лише до моменту надмірного спрацьовування матеріалу інструменту, що неодмінно досягається в процесі експлуатації.

Перевірка відповідності складного профілю сформованої поверхні вимогам кресленника – процес трудомісткий. Не завжди є доступним застосування складних систем сканування поверхні – через значну вартість придбання та експлуатації. З метою зменшення витрат на контроль якості, був розроблений універсальний для номенклатури виробів, що випускаються, робочий шаблон для перевірки складної рельєфної форми протяжних елементів технологічних заготовок.

Шаблон складається з тонкостінних рухомих пластин зібраних у корпусі. Форма поверхні протяжного елемента технологічної заготовки, яка застосовується для налаштування шаблону – попередньо перевіряється вимірювальним інструментом в характерних точках. При налаштуванні набор пластин повторює поверхню однієї перевіреної (еталонної) заготовки з партії. Позиції пластин фіксуються, затискаються гвинтом. Налаштований робочий шаблон застосовується до всієї партії.

Матеріал пластин робочого шаблону попередньо вибирається із значним перевищенням характеристик твердості та міцності порівняно з властивостями матеріалу контрольованих технологічних заготовок. Передбачено, щоб матеріали шаблону та об'єкта контролю – утворювали фрикційну пару. Такі умови визначають тривалу здатність до експлуатації розробленого шаблону.

Застосування розробленого наборного робочого шаблону є актуальним для міжопераційного контролю малих партій технологічних заготовок з протяжними елементами, складна поверхня яких формується спеціальними фрезами.

Список літератури

1. Каглинський О.Є. Специфічна дія електрографічного маркування та контролю твердості матеріалу Р6М5 спеціальних фрез складного профілю [Текст] с. 67-68. / О.Є. Каглинський, В.В. Несін // Нові матеріали і технології в машинобудуванні: матеріали науково-технічної конференції, 30...31 травня 2016 р., м. Київ / загальна редакція Р.В. Лютий, І.М. Гурія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 167 с.

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДИНАМІЧНИХ ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЁМА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Мандыбура С.С. , Толочко А.С., Владимирова Т.М.

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
mss0974@yandex.ru*

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации на 2019 год оценочная стоимость запаса природного газа составляет 11,3 трлн. руб. В тоже время запасов природного газа России хватит на более чем ближайшие 100 лет.[1] Несмотря на это его стоимость для граждан страны остается существенной строкой расхода в семейном бюджете. В этой связи потребители на прямую заинтересованы в точности средства измерения, которое и определит достоверный объём потреблённого природного газа.

Исследование проводилось на примере МО «Город Новодвинск», Архангельской области Российской Федерации. В данном городе природный газ используется только для приготовления и подогрева пищи и не используется как теплоноситель для системы отопления. Параметры точности прибора учёта природного газа определены путём оценки неопределенности результата измерения. Неопределенность результата измерения, как способ оценки точности выбрана по причине того, что она признается на международном уровне. В качестве средств измерения использовались следующие приборы учёта: механический прибор учёта газа ВК G1,6T; G2.5T; G4T [2] и электронный прибор счетчик газа Гранд 3.2 [3], характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

	ВК G1,6T	Гранд 3.2
Максимальный расход, Q _{max} : м ³ /ч	2,5	3.2 м ³ /ч
Относительная погрешность	от Q _{min} до 0,2 Q _{max} для всех исполнений: ±2,5 от 0,2 Q _{max} до Q _{max} для исполнения 1: ±1,0 для исполнения 2: ±1,5	От Q ном. до 0,1 Q макс.% не более +/- 3 Свыше 0,1 Q ном. до Q макс.% не более +/- 1,5
Габаритные размеры, мм	195*212*155	145x86x83 мм
Межповерочный интервал, лет	10	12
Масса, кг	1,9 кг	0,7 кг
Температура окружающего воздуха, °С	-40...+50	- 10 °С ... + 50

Для оценки неопределенности результата измерения воспользуемся исходными данными, которые представлены в таблице 2. Данные значения получены в результате прямых многократных измерений объёма потребления газа механическим и электронный прибором учёта.

Таблица 2

Номер измерения	Механический прибор учёта	Электронный прибор учёта
1	0,31	0,22
2	0,25	0,25
3	0,27	0,23
4	0,19	0,2
5	0,22	0,18
6	0,17	0,25
7	0,25	0,24
8	0,24	0,26
9	0,28	0,25
10	0,28	0,24

Оценка неопределенности результата измерения механического и электронного прибора учёта газа проведена в соответствии с GUM [4] и с использованием Р 50.1.062 [5]. По итогам оценки неопределенности построен бюджет неопределенности измерения объёма потребления газа для механического и электронного приборов учёта, который представлен предоставлен в таблице 3.

Таблица 3

Измеряемая величина	Измеренное значение, м ³	Суммарная стандартная неопределенность, м ³	Эффективное число степеней свободы	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность, м ³
V _{мех}	0,246	0,058	30	2,04	0,118
V _{эл}	0,232	0,029	30	2,04	0,059

На основании полученных результатов исследования можно сделать вывод о том, что, исходя из оценки неопределенности результата измерения по итогам проведенной серии измерений наибольшая точность была у электронного прибора учёта газа Гранд 3.2.

Список литературы

1. Чем богаты: сколько стоит вся нефть России [Текст] / URL: <https://www.gazeta.ru/business/2019/03/14/12241663.shtml> (дата обращения: 17.01.2020г.).
2. Счетчик газа ВК G1,6T [Текст] / URL: <http://www.almagaz.ru/Produkciya/Schetchnik-gaza-VK-G1?ymclid=15792400997216592719200016> (дата обращения: 17.01.2020г.).
3. Счетчик газа Гранд 3.2 [Текст] / URL: <http://www.almagaz.ru/Produkciya/Schetchnik-gaza-Grand-3-2?frommarket=https%3A%2F%2F&ymclid=15792401359293053919500008> (дата обращения: 17.01.2020г.).
4. ISO/IEC Guide 98:1995. Руководство по выражению неопределенности измерений. – Пер. с англ. - С-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). - 102 с.
5. Р 50.1.062 – 2007. Статистические методы. Неопределенность при повторных измерениях и иерархических экспериментах. М. Стандартинформ. – 2008. – 36 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Михайлов А.Г.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
nirsxai@bigmir.net*

В деревообрабатывающей промышленности вопрос минимизации запыленности воздуха имеет достаточно важное значение. Применяемые измерители запыленности позволяют получить данные только на локальных участках. Таким образом, задача измерения уровня запыленности воздуха при деревообработке остается актуальной.

Типовые цифровые измерители пыли TM-data предназначены для измерения массовой концентрации тонкодисперсной пыли в атмосфере, без применения спектральных фильтров не могут полностью оценить степень загрязнения помещения. Для решения данной задачи предлагается подключение дополнительных устройств CZL-157, которые измеряют уплотненные массы пыли на различных поверхностях с использованием различных спектральных фильтром.

В предлагаемой структурной схеме данные измерителей TM-data интегрируются в вычислительном устройстве (ВУ) с показаниями измерителей уплотненных масс (ИУМ). Число спектральных фильтров зависит от количества измеряемых частиц или различных типов одинаковых частиц. Так, например, мелкодисперсная пыль и укрупненные ее гранулы будут иметь разные спектры.

Датчики ИУМ могут подключаться выборочно, по сигналам внешнего управляющего устройства. Число включаемых каналов может увеличиваться при усложнении получаемой модели объекта исследования.

Структурная схема измерителя состоит из таких элементов:

- измерители TM-data,
- спектральные фильтры,
- измерители уплотненных масс ИУМ.

Анализ данных может производиться с помощью драйверов лабораторного пакета LabView и выводиться на устройство отображения информации (УОИ).

Таким образом, предложенная структурная схема системы, с применением спектральных фильтров позволит учитывать кроме дисперсионного запыления, уплотненные массы пыли, расположенные на поверхностях.

SOFT (PERCEPTUAL) METROLOGY AS ONE OF THE NEW AREAS OF MODERN METROLOGY DEVELOPMENT

Motalo V.P.

*Lviv Polytechnic National University, Ukraine,
vp.motalo@gmail.com*

One of the new progressive areas in modern metrology is a *soft (perceptual) metrology* - a scientific branch that has appeared as a result of dissemination of the information measuring technologies into the field of knowledge of non-physical phenomena and processes [1 - 3]. The soft metrology expression is relatively recent and has appeared in literature the first time in 2003 in a report of the National Physical Laboratory of the Centre for Mathematics and Scientific Computing (London, England) [1]. According to the generally accepted definition [1, 2], *soft metrology* is considered as measurement techniques and models which enable the objective quantification of properties which are determined by human perception. It should be noted that as a synonym for the term "*soft metrology*" it is advisable to use the term "*perceptual metrology*", which, according to the author, more precisely reflects its essence as perception of objective reality by the human senses [3]. Here, *perceptual* (from the Latin. *perceptio* - perception) - the one concerning perception, pertaining to perception.

Therefore, the subject of the study of soft (perceptual) metrology is the investigation of correlation between the human *subjective* responses and *objective* measurements of physical properties of the empirical world and the quantitative evaluation of the properties determined by human perception. As it is known, the human response may be expressed in any of the five *senses: sight, sound, smell, taste, and touch*. In general, a *person* is already equipped with the appropriate sensors (transducers) and the simplest way of his behavior is the response to the stimulus reflected by the algorithm: ***stimulus* \Rightarrow *person* \Rightarrow *response***, where *stimulus* is an object, an effect or an event that causes a specific functional reaction in an organ or tissue, for example, a car, a sound, a shine, a smell, etc.; *response* is a human reaction, that is a physiological or psychological output and an appropriate action, for example, a visual response, an aural response, a olfactory response, a tactile response, etc.

Because soft (perceptual) metrology is a new field of knowledge, it has a number of challenges for research. As it is stated in [2], the main research issues that are currently central to the soft (perceptual) metrology field can be grouped into three main categories:

- foundations of theory;
- methods of measurements and measuring instruments;
- implementation areas and applications.

One of the key issues in this case is the realization of measurements in the field of soft (perceptual) metrology in accordance with the scientific foundations of the representative theory of measurements [3, 4].

The essence of any measurement is the comparison of the quantity to be measured (measurand) with the measurement standard which is a realization of the definition of a given quantity, with stated quantity value and associated measurement uncertainty, used as a reference [5]. So, to perform measurement in the soft (perceptual) metrology area, that is, in the field of measuring the quantities characterizing human senses and responses to stimuli, it is necessary to achieve the authenticity of key metrology concepts in this area in accordance with the International Dictionary of Metrology VIM3, namely [3, 5]: *measurement, measurand, quantity, quantity, measurement result, measurement method*.

In the case of fulfillment of the above conditions we can speak about the implementation of the *sensometrical measurements* in the soft (perceptual) metrology area, that is, measurements of the quantities characterizing the human sensations and responses to stimuli. Accordingly, sensometrical measurement can be considered as one of the types of measurements in general and apply to their analysis all the fundamental principles of the representative theory of measurement [4]. For the practical implementation of the sensometrical measurements the following tasks have been identified:

- to establish measurands in the soft (perceptual) metrology area, that is, of the quantities characterizing the human sensations and responses to stimuli, and describe their mathematical models;
- to make a synthesis of the virtual measurement standards of the quantities characterizing the human sensations and responses to stimuli;
- to develop a methodology for measuring quantities characterizing the human sensations and reactions to stimuli, that is, to develop a measuring procedure of the sensometrical measurements;
- to make a synthesis of the sensometrical measurements scales;
- to develop a processing procedure of the results of sensometrical measurements;
- to develop a procedure of evaluating accuracy of the results of sensometrical measurements by finding their uncertainty.

References

1. M. Pointer, “Report to the National Measurement System Directorate: New directions – Soft Metrology”, NPL Report CMSC 20/30, 2003.
2. L. Rossi, “Objectifying the Subjective: Fundamentals and Applications of Soft Metrology”, in *New Trends and Developments in Metrology*, Luigi Cocco, Ed., London: IntechOpen, 2016, part 10.
3. V. Motalo, “Soft Metrology: Dissemination of the Information Measuring Technologies into the “Measuring the Impossible” Area”, in *International conference of metrologists ICM'2019 (XXIII international seminar of metrologists ISM'2019)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 27-29.
4. K. Berka, *Measurement: It's Concepts, Theories and Problems*, Dordrecht: Springer Netherlands, 1982.
5. OIML V 2:2012 (E/F), International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms, VIM3, 2012.

МОЖЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН З СКМ MAPLE

Мощенко І.О., Нікітенко О.М.

*Харківський національний університет радіоелектроніки
nikonxipe@gmail.com*

Одним з основних понять теорії ймовірностей є поняття випадкової величини. Якщо нам є відомими всі можливі значення, яких набула випадкова величина, та ймовірності для кожного її значення, то розподіл цієї величини вважають теоретично заданим. Отже, закон розподілу випадкової величини задає її ймовірність як функцію, що визначено на множині подій. Випадкові величини, закони розподілу та інші їх характеристики використовуються під час проведення прикладних та фундаментальних досліджень у багатьох галузях науки та техніки. Тому вивчення законів розподілу випадкових величин є актуальним.

Статистичні розрахунки без допомоги ЕОМ є складними й потребують використання багатьох таблиць функцій та квантилів стандартних розподілів. Це не сприяє тому, щоб відчувати елемент новизни в матеріалі, який вивчається, змінити задовільно умови задач тощо, потребує багато часу під час вирішення прикладних виробничих завдань, що є недоцільним. Тому для визначення та дослідження законів розподілу випадкових величин як в практичній діяльності, так і під час навчання, використовують спеціальні математичні програмні пакети прикладних програм, найбільш поширеними серед яких є Mathcad, MatLab, Mathematica, Maple. Спеціалізовані статистичні пакети (SAS, SPSS, STATISTIKA, STATGRAPHICS) недоречно використовувати для навчання, тому що їх застосування вимагає досить високого рівня підготовки у математичній статистиці.

Більшість з існуючих математичних пакетів надають можливість користувачам оперувати з випадковими величинами, в тому числі й система комп'ютерної математики (СКМ) Maple. Порівняно з іншими математичними програмними пакетами СКМ Maple має ряд переваг, які набувають особливого значення під час вирішення статистичних прикладних задач в галузі метрології, а саме: можливість символічних обчислень, оперування числами з довільною точністю, представлення графіків в динамічному режимі тощо [1].

Таким чином метою цієї публікації є опис можливостей вивчення законів розподілу випадкових величин за допомогою СКМ Maple та застосування отриманих навичок у самостійній роботі студентів.

Як відомо випадкові величини поділяються на дискретні та неперервні випадкові величини. Відповідно й закони розподілу випадкових величин поділяють на закони розподілу для дискретних випадкових величин і на закони розподілу для неперервних випадкових величин.

Статистика в СКМ Maple має свою розвинену систему пакетів для вирішення прикладних задач різного типу та призначення. Команди Maple для статистичних робіт призначені для тих категорій користувачів, котрі потребують середовища, яке дозволяє легко переходити від однієї математичної спеціалізації до іншої, не витрачаючи зайвого часу на трансформацію даних й

опанування різноманітних програмних засобів.

Бібліотека Statistics має великий набір команд для аналізу даних з обчисленням різноманітних числових характеристик випадкових величин, графічного зображення їх законів розподілу, а також для статистичної обробки даних [2 – 5].

Бібліотека Statistics СМК Maple надає можливість оперувати з такими законами розподілу дискретних випадкових величин: Бернуллі, біноміальний, від'ємний біноміальний, геометричний, гіпергеометричний, дискретний однорідний, емпіричний, Пуассона; та неперервних випадкових величин: бета, Вейбула, гама, Гамбела, експоненціальний, Ерланга, інверсійний Гауса, Коші, Лапласа, логістичний, логонормальний, Максвела, Мізеса, Мюллера, нецентральний бета, нецентральний Стюдента, нецентральний Фішера, нецентральний χ^2 , нормальний, Парето, показниковий, Релея, Стюдента, трикутний, однорідний, Фішера, χ^2 . Крім цього існує можливість створення нових законів розподілу та дослідження їх властивостей. При цьому доцільно користуватися числовими характеристиками для різних законів розподілу, наведених в публікації [6].

Наявність такого великого списку законів розподілу випадкових величин дозволяє здійснювати їх вивчення та дослідження студентами як під час виконання лабораторних чи практичних робіт, так і під час самостійної роботи, та під час вирішення прикладних та теоретичних завдань в усіх галузях науки та техніки.

Таким чином, СМК Maple завдяки потужному набору статистичних інструментів, можливості символічних обчислень та обробки виразів та даних, широким можливостям графічної інтерпретації отриманих результатів не тільки в статичному, але і в динамічному виді (дво- та тривимірні анімації) доцільно використовувати під час вивчення теми «Закони розподілу випадкових величин» на практичних заняттях та у самостійній роботі студентів для подальшого використання ними набутих навичок при вирішенні прикладних завдань науки та техніки.

Список літератури

1. Аладьев В. З. Программирование в пакетах Maple и Mathematica: Сравнительный аспект : моногр. Гродно : ГрГУ, 2011. 517 с.
2. Корчакова А. С., Нікітенко О.М. Особливості статистичної обробки даних за допомогою комп'ютера. *Метрологія та прилади*. № 1. 2014. С. 138-142.
3. Матросов А. В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. Санкт-Петербург : BHV, 2000. 528 с.
4. Говорухин В. Н. Компьютер в математическом исследовании: Maple, MATLAB, LaTeX. Санкт-Петербург : Питер, 2001. 624 с.
5. Математический пакет Maple V. Руководство пользователя / под ред. Г. Б. Прохоров, В. В. Колбеев, К. И. Желнов, М.А. Леденев. Калуга : Облиздат, 1998. 200 с.
6. Zakharov, I.P., Botsyura, O.A. Calculation of Expanded Uncertainty in Measurements Using the Kurtosis Method when Implementing a Bayesian Approach // *Measurement Techniques*, 2019, Volume: 62, Issue: 4, pp. 327-331 DOI 10.1007/s11018-019-01625-x.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИКО-ТЕПЛОВОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Мощенко І.О., Сергієнко М.П., Єгоров А.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки
inna.moshchenko@nure.ua

Нафтогазова промисловість України як окрема галузь паливно-енергетичного напрямку економіки держави є сьогодні однією з найбільш перспективних й інтелектуально насичених галузей народногосподарського комплексу. Забезпечення високоточного обліку й ощадливого використання природного газу є сьогодні найважливішим науковим і практичним завданням науки і техніки України.

Проблема полягає в тому, що технічне та метрологічне забезпечення нафтогазового комплексу в Україні знаходиться на недостатньо високому рівні. Це пов'язано в першу чергу з тим, що переважна більшість загального об'єму газу обліковується системами, заснованими на методі змінного перепаду тиску (за ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009) [1]. Також використовуються турбінні, вихорові, ультразвукові, роторні, мембранні та інші витратоміри [2, 3]. Застосування контактних первинних перетворювачів призводить до виникнення значної складової похибки вимірювання, яка обумовлена впливом датчика на середовище. Серед безконтактних найбільше розповсюдження отримали ультразвукові витратоміри. Але вони теж мають ряд суттєвих недоліків, що обмежують їх застосування на практиці [4]. Тому перспективною бачиться розробка та дослідження безконтактних витратовимірних пристроїв, зокрема заснованих на безконтактному оптико-тепловому методі вимірювання витрати природного газу [5].

На базі розробленої математичної моделі оптико-теплого методу вимірювання витрати газу [5] проаналізовано метрологічну модель цього методу. Рівняння, що описує оптико-тепловий метод:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi R^4}{\mu \cdot l \cdot K \cdot \left(\int_0^{2R} \frac{dr}{T_1(r)} - \int_0^{2R} \frac{dr}{T_2(r)} \right)} \cdot \left(1 - \frac{3,75}{\xi} \right) \cdot \lambda_0 \cdot m, \quad (1)$$

де Q – витрата газу; R – внутрішній радіус трубопроводу; μ – коефіцієнт в'язкості газу; l – відстань між досліджуваними перетинами; K – коефіцієнт, що визначається як $K = \frac{e^2 / m}{\varepsilon_0 \cdot k_0} \cdot \sum_{k=1}^{N_k} \frac{1}{\omega_{0k}^2 - \omega^2}$ з матеріалів [5]; K_1 та K_2 – абсолютна температура в перетинах трубопроводу; r – поточний радіус; ξ – коефіцієнт, визначається як функція Ламберта; m – кількість інтерференційних смуг; λ_0 – довжина хвилі в вакуумі.

Проаналізовано вплив параметрів функціональної залежності формули (1) на відносну стандартну сумарну невизначеність вимірювання Q , яка становить $\pm 0,2$ % для діаметрів трубопроводу до 700 мм для витрат газу більших за 0,35 м³/с.

Аналіз проведений відповідно матеріалам досліджень в галузі прикладних аспектів теорії невизначеності, розглянутих в публікації [6]. На основі складеного бюджету невизначеності виявлено, що домінуючими складовими сумарної невизначеності є невизначеності обчислення кількості інтерференційних смуг ($6,0035 \cdot 10^{-8} \text{ м}^6/\text{с}^2$), вимірювання міжпроменевої відстані ($1,3589 \cdot 10^{-8} \text{ м}^6/\text{с}^2$), визначення характеру розподілу швидкостей ($1,1686 \cdot 10^{-8} \text{ м}^6/\text{с}^2$). Для діапазону діаметрів трубопроводів від 700 мм до 1400 мм домінуючою стає невизначеність, пов'язана з температурою нагрівання ($5,9016 \cdot 10^{-7} \text{ м}^6/\text{с}^2$), і стандартна сумарна невизначеність вимірювання Q знаходяться на рівні $\pm 0,4 \%$.

Аналіз параметрів рівняння вимірювання (1) дозволив виявити кореляційну залежність між геометричними параметрами трубопроводу (R, δ, l) та теплофізичними параметрами газового потоку і матеріалу трубопроводу (μ, c, λ, ρ), які визначаються температурою нагрівання. Кількісна оцінка показала, що наявність кореляції між визначеними входними параметрами [6], не впливає значною мірою на стандартну сумарну невизначеність вимірювання Q .

Висновки. Здійснені дослідження невизначеності витрати природного газу оптико-тепловим методом обґрунтовують можливість і перспективність його практичного застосування для трубопроводів великих діаметрів.

Подальший розвиток і перспективи досліджень у даному напрямку повинні бути скеровані на підвищення точності методу шляхом введення поправок при зміні складу газового середовища; дослідження впливу на результат визначення витрати присутності механічних домішок, конденсату в газовому потоці, вібрації; розширення можливості використання методу для вимірювання витрати швидкозмінних і пульсуючих потоків.

Список літератури

1. ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009. Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звукувальних пристроїв. Ч. 5. Методика виконання вимірювань. Київ : Держстандарт України, 2009. 198 с.
2. Щупак І.В., Чернишенко О.М., Андрієшин Н.М., Негреба Р.З. Сучасні підходи до вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 5. С. 39-41.
3. Мощенко І.О., Єгоров А.Б. Розробка та дослідження оптико-теплогового методу вимірювання витрати газу. *Стандартизація, сертифікація, якість*. Харків, 2005, №3 (34). С. 33-35.
4. Стеценко А.А. Удосконалення ультразвукового методу і засобів вимірювання витрати текучого середовища у закритих каналах. 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.01.02. Харків, 2015. 171 с.
5. Мощенко И.А. Повышение чувствительности оптического метода измерения расхода природного газа. *Методи та прилади контролю якості*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2005, № 13. С. 53-56.
6. Zakharov, I.P. Estimating measurement uncertainty on the basis of observed and logical correlation // *Measurement Techniques*, 2007, Vol. 50, No. 8, p. 808-816.

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НЕПРЯМИМ МЕТОДОМ

Мощенко І.О., Сергієнко М.П., Штефан Н.В.

*Харківський національний університет радіоелектроніки
maryna.sergiienko@nure.ua*

Постійне підвищення вимог до точності та швидкодії засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) призводить до необхідності все скрупульознішої оцінки невизначеності вимірювань з урахуванням якомога більшої кількості впливових факторів. При цьому для ЗВТ, які працюють в динамічному режимі, основними метрологічними характеристиками, які виражають їх динамічні властивості, є динамічні характеристики (ДХ) [1]. В сучасній практиці ДХ найчастіше вимірюються в дискретних точках з подальшим визначенням порядку та виду математичної моделі й аналітичного виразу, які оптимально описують характеристику. При цьому часто виникає необхідність перерахунку однієї (початкової) ДХ в іншу (шукану).

Аналіз похибок, що виникають при перерахуванні ДХ, та стандартних невизначеностей дискретного вимірювання ДХ в такому випадку був проведений в роботах [2, 3]. При цьому якщо перерахунок початкової ДХ в шукану відбувається одразу після вимірювального експерименту з отриманням дискретних значень шуканої ДХ, і математична модель ЗВТ базується на значеннях шуканої ДХ, стандартні невизначеності вимірювання початкової ДХ, наведені в формулах для оцінок невизначеності вимірювання шуканої ДХ в [3], залежать здебільшого від точності використовуваних в експерименті ЗВТ. Якщо ж отримують аналітичний вираз початкової ДХ ЗВТ, а з нього – шукану ДХ, стандартна невизначеність вимірювання початкової ДХ визначатиметься невизначеностями вимірювання параметрів, які складають аналітичний вираз.

Метою даної роботи є отримання оцінок стандартної невизначеності вимірювання повних динамічних характеристик засобів вимірювальної техніки, які моделюються динамічними ланками першого та другого порядків, непрямим методом шляхом перерахування інших повних динамічних характеристик з урахуванням рекомендацій [4].

Список літератури

1. Визначення динамічних характеристик засобів вимірювальної техніки: моногр. / І.П. Захаров, М.П. Сергієнко. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – 210 с.
2. Сергиенко М.П. Исследование трансформации погрешностей динамических характеристик средств измерительной техники при их взаимном пересчете // Системы управления, навигации и связи, 2007. – Вып. 4. – С. 108 – 111.
3. Сергиенко М.П. Неопределенность динамических характеристик при их взаимном пересчете // Системы обработки информации, 2009. – вып. 5 (79). – С. 50 – 54.
4. Zakharov I.P., Vodotyka S.V., Klimova K.A., Shevchenko N.S. Some examples of the evaluation of measurement uncertainty // Measurement Techniques, 2013, Volume: 56, Issue: 6, pp. 591-598.

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ДЕЯКИХ ЗМІН НАЙМЕНУВАНЬ ВИДІВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Народницький Г.Ю.

Національний науковий центр «Інститут метрології»

narodnytskyi@gmail.com

Запропоновано переглянути широко застосовну рекомендацію про те, що якщо розподіл складових невизначеності типу В невідомий, то його слід приймати рівномірним. У ряді прикладів показано, що складові невизначеності типу В частіше розподілені за нормальним законом, ніж рівномірним. За цієї причини рекомендується при незнанні закону розподілу складових невизначеності типу В приймати його за нормальний. Для прийняття рішення про те, який розподіл ближче для тих чи інших складових невизначеності типу В – рівномірний чи нормальний, запропонований дуже спрощений підхід: якщо в області близько половини діапазону змін (від 40% до 60% діапазону) результатів спостережень ймовірність їх виникнення приблизно така ж сама, що і на краях (дуже великі і дуже малі значення, від 0 до 20% та від 80% до 100% від діапазону змін), то ці дані мають розподіл, близький до рівномірного. Якщо ж в області близько половини діапазону змін результатів вимірювань ймовірність їх виникнення значно більше, ніж на краях діапазону, то ці дані мають розподіл, близький до нормального. У такому випадку є тільки одна невизначеність та, крім цього – відхилення (аналог систематичної похибки).

Запропоновано, так само, як і при калібруванні, при повірці самих точних засобів вимірювальної техніки проводити достатньо серйозну статистичну обробку даних спостережень. Це особливо важливо при повірці законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки.

У дійсний час видається доцільним зберегти відмінності повірки від калібрування:

- при повірці до похибки засобу, що проходить повірку, не входить невизначеність вищестоящого еталону, а при калібруванні у невизначеність засобу, що проходить калібрування, входить невизначеність вищестоящого еталону;

- при повірці визначають, чи відповідає похибка засобу, що проходить повірку, вимогам нормативного документу, а при калібруванні тільки встановлюють невизначеність.

В цьому випадку відмінність невизначеності типу А від невизначеності типу В тільки у тимчасових масштабах випадкових змін спостережень – до декількох годин у випадку типу А і до декількох місяців – типу В. Розділення невизначеностей типу та типу В за методом отримання доцільно виключити – при опосередкованих вимірюваннях виправдано проводити функціональні перетворення також складових невизначеності типу А, а достатньо часто складові невизначеності типу В доцільно знаходити у результаті експериментальних досліджень.

У запропонованій класифікації спрощується перехід від похибки вимірювальних приладів, що застосовуються, до їх невизначеностей. Замість того, щоб знаходити стандартну невизначеність типу В діленням похибки на $\sqrt{3}$ (при припущенні малості стандартної невизначеності типу А), невизначеність приймають рівною похибці.

ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТІВ В МЕТРОЛОГІЧНИХ ОРГАНАХ ДЕРЖАВИ

Науменко А.М., Кононова О.А., Короткий Е.О.

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба,
anatolnaym@gmail.com*

З метою оцінки стану об'єктів та управління ними за допомогою інформаційно-вимірювальних систем здійснюється проведення комплексного вимірювання значень фізичних величин. При цьому повірка (калібрування) засобів вимірювальної техніки здійснюється на підставі методів організації метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктів, через певні міжповірочні інтервали, що дозволяє підтримати їх якісний метрологічний стан. На основі отриманих результатів вимірювань, приймаються рішення про визнання об'єктів придатними до використання або про необхідність їх регулювання та ремонту.

Практична реалізація метрологічного забезпечення, за допомогою інформаційно-вимірювальних систем та надання рекомендацій щодо визнання об'єктів придатними або не придатними, не можлива без аналізу методів організації метрологічного забезпечення за допомогою інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктів, що підкреслює актуальність даної науково-прикладної задачі, що зумовлена постійним підвищенням вимог до якості оцінки стану об'єктів та управління ними в метрологічних органах Держави.

В доповіді розглядається: методи організації метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктами, надаються рекомендації щодо практичної реалізації метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктами. Визначено, що однією з обов'язкових вимог до інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктами є наявність резервних систем, що дозволяє не тільки проводити метрологічне обслуговування (ремонт, градування, повірку), але й привести до підвищення її надійності. А також визначено, що періодичну повірку необхідно проводити за місцем її розміщення, а засоби повірки (еталони і допоміжне обладнання) повинні бути доставлені до місця розміщення інформаційно-вимірювальної системи. Технічні рішення, що запропоновані в доповіді, дозволять підтримувати інформаційно-вимірювальні системи об'єктів в надійному стані, що в кінцевому випадку спрямовано на виконання поставлених завдань.

Список літератури

1. А.М. Науменко, О.О. Бабич, Е.О.Короткий / Науменко А.М., Бабич О.О., Короткий Е.О. // Системи управління, навігації та зв'язку. 2019. - Вип. 3 (57). - С. 25-28.

ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

Неежмаков К. П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
nk87.design@gmail.com

Измерения линейных размеров в микронном и субмикронном диапазонах методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сегодняшний день считаются одними из наиболее точных. В Украине растровая электронная микроскопия представлена РЭМ-106И, позволяющим производить автоматизированные измерения линейных размеров микрорельефа поверхности в диапазоне линейных измерений от 5 мкм до 200 нм.

Для использования РЭМ в качестве средства измерительной техники (СИТ) необходимо производить его калибровку с помощью вещественных носителей размера – мер с программируемым нанорельефом поверхности. Рельефная шаговая структура с трапециевидным профилем и большим наклоном боковых стенок обладает свойствами универсальной меры может быть использована для калибровки РЭМ. Кроме того, она необходима для контроля параметров РЭМ непосредственно в процессе проведения измерений размеров исследуемого объекта и является своеобразным мостом между объектом измерений и эталоном единицы длины – метра [1].

Одним из основных измеряемых параметров РЭМ при калибровке является масштабный коэффициент видеоизображения m , нм/пиксель, который вычисляют по формуле:

$$m = \frac{2a}{A_L + A_R},$$

где a – значение проекции наклонной стенки выступа, приведенное в паспорте на рельефную меру, нм; A_L, A_R – разность значений абсцисс второй и первой, а также четвертой и третьей контрольными точками изображения меры соответственно в пикселях.

В докладе представлена процедура оценивания неопределенности измерения масштабного коэффициента видеоизображения РЭМ, выполненная на основе метода эксцессов [2], включающая бюджет неопределенности, позволяющий автоматизировать процесс оценки неопределенности и повысить достоверность получаемых результатов.

Список литературы

1. Тодуа П.А. Нанометрология — ключевое звено инфраструктуры нанотехнологий «Труды МФТИ» том 3, № 4 (12) (2011), стр. 81–96
2. Zakharov, I.P., Botsyura, O.A. Calculation of Expanded Uncertainty in Measurements Using the Kurtosis Method when Implementing a Bayesian Approach // Measurement Techniques, 2019, Volume: 62, Issue: 4, pp. 327-331.

ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЇ

Неєжмаков П. І.

Національний науковий центр «Інститут метрології»

pavel neyehmakov@metrology.kharkov.ua

Під час обговорення останньої чернетки 9-ої редакції Брошури SI Голова JCGM-WG2 д-р Charles Ehrlich у травні 2018 року надіслав листа президенту CIPM д-ру Barry Inglis з проханням до CIPM переглянути термінологію що була запропонована, а саме звернути увагу на визначення «одиниці величини». Дійсно, визначення поняття «одиниця» в той чернетці 9-ї Брошури SI відрізнялося від чинного англійського варіанту VIM. Міжнародний комітет з мір та ваг (CIPM) обговорив це питання та запропонував провести голосування серед членів Консультативного комітету з одиниць (CCU) з цього конкретного питання. Результати опитування показали, що CCU вважає що у 9-й Брошурі SI слід дотримуватися того самого визначення терміну «одиниця», яке було наведено в 8-й Брошурі SI і узгоджене з VIM. Як наслідок цієї дискусії було порушене питання про те, хто несе кінцеву відповідальність у визначеннях основних метрологічних термінів.

Тому у березні 2019 року CIPM вирішив створити цільову групу CIPM з питань «одиниць». Підґрунтям цього рішення було те, що багато термінів, визначених VIM, потрапляють до національного законодавства держав-членів Метричної Конвенції. Отже, визначення цих термінів повинно знаходитись під контролем держав-членів через CIPM та Генеральну конференцію з мір та ваг.

У 2017 році CIPM обговорював проект документа «Позиція CIPM щодо VIM» де зазначалось, що опитування, проведене в 2012 році, показало, що для декількох найважливіших термінів менше 50% респондентів знайшли у VIM3 доречні та адекватні визначення та терміни. Як відомо VIM3 було опубліковано Об'єднаним комітетом з настанов в метрології (JCGM) англійською та французькою мовами. Однак, незважаючи на велику обережність з перекладом, є деякі важливі терміни, визначення яких в англійській та французькій версіях різняться, оскільки стандартне використання англійської мови було змінено задля відповідності певним принципам термінології. Крім того, по всьому світу були створені національні комітети для обмірковувань про переклад словника, і, мабуть, для деяких мов (наприклад, німецької та російської) було прийнято рішення відповідальним національним органом не перекладати все це дослівно.

Багато респондентів опитування 2012 року зазначили, що визначення VIM3 важко зрозуміти, та/або вказали, що декілька термінів VIM3 відрізняються від тих, що використовуються у загальноприйнятій практиці. Очевидно, що дослідники, які намагаються звітувати про вимірювання якомога чіткіше, знаходять формальний VIM3 важким у використанні.

В доповіді наведені історичні посилання та розбіжності стосовно визначення деяких основних метрологічних термінів, наскільки це було можливо.

ПОВ'ЯЗАНІСТЬ НОРМ ЯКОСТІ ШИРИНИ ТА ВИСОТИ ВАЛИКА З'ЄДНАНЬ, ВИКОНАНИХ ТЕРМІЧНИМ ЗВАРЮВАННЯМ

Несін В.В.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

witnes@ukr.net

Стикові зварні з'єднання, виконані зварюванням плавленням, із зовнішнього боку характеризуються шириною (**b** або **e**) і висотою (**h** або **g**). В міжнародній практиці застосовуються характеристики плавності переходу від основного металу до металу шва за допомогою кута α або радіуса переходу **R**. Номінальні значення і межі відхилень для **e** та **g** в класичних стандартах на форму швів (ГОСТ 5264-80, ГОСТ 14771-76, ГОСТ 16037-80 та ін.) визначалися для всього зварного шва і були зручними для виробництва та контролю якості з'єднань. В класифікації дефектів форми шва за ISO 6520 [1] передбачені такі споріднені терміни: перевищення висоти стикового шва (502), різкий перехід від зварного шва до основного металу (505), нерівномірна ширина шва (513), нерівна поверхня шва (514), перевищення ширини зварного шва (5212).

Загальна оцінка відхилень, залежно від призначеного рівня якості B, C, D та застосовуваного основного матеріалу, відбувається за стандартами типу ISO 5817 [2]. Подаються лише пов'язані співвідношення залежності **h** від **b**, які стосуються перерізу в будь-якій точці лінії шва. Приведені в табл.1 [2].

Таблиця 1

Рівень якості	Співвідношення
D	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,25 b$, але не більше за 10 мм
C	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15 b$, але не більше за 7 мм
B	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1 b$, але не більше за 5 мм

Норми якості для дефектів 513, 514, 5212, які могли б конкретизувати значення **b** та пов'язану з нею **h**, в стандарті ISO 5817 [2] не приводяться.

Щоб позбавитись невизначеності при виготовленні та контролі, номінальне значення ширини зовнішньої поверхні шва має встановлюватися у креслениках на виріб і в технологічній інструкції на зварювання (WPS).

Список літератури

1. ДСТУ EN ISO 6520-1:2015 (EN ISO 6520-1:2007, IDT; ISO 6520-1:2007, IDT) Зварювання та споріднені процеси. Класифікація геометричних дефектів у металевих матеріалах. Частина 1. Зварювання плавленням [Текст]. – На заміну ДСТУ 3491-96 (ГОСТ 30242-97). – чинний від 2016-01-01. – К., 2016.

2. ДСТУ ISO 5817:2016 (ISO 5817:2014, IDT) Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та інших сплавів (крім променевого зварювання). Рівні якості залежно від дефектів [Текст]. – На заміну ДСТУ ISO 5817:2014. – чинний від 2016-08-21. – К., 2016.

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З РЕНТГЕНОГРАФІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Несін В.В.

*Державне підприємство «Міжгалузевий учбово-атестаційний центр
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України»
witness@ukr.net*

Підготовка фахівців з контролю якості може здійснюватися в якості професійного навчання і в якості спеціальної підготовки до атестації з певного виду контролю.

Для проведення навчання за програмами підготовки спеціалістів з радіографічного контролю використовуються матеріали: 1) рентгенівська плівка (вимірювання кількості в $[дм^2]$); 2) проявник, до складу якого входять: вода, фенідон, натрій сірчистоокислий, гідрохінон, натрій вуглекислий, калій бромистий; 3) фіксаж, до складу якого входять: вода, натрій сіркуватистоокислий, мета-бісульфат натрію, хлористий амоній.

В процесі навчання використовуються зразки: 1) стикові зварні з'єднання пластин, товщиною $\delta=[1 \dots 25]$ мм; 2) кутові зварні з'єднання пластин, товщиною $\delta=[1 \dots 20]$ мм; 3) таврові зварні з'єднання пластин, товщиною $\delta=[4 \dots 10]$ мм; 4) стикові зварні з'єднання труб діаметром $\varnothing[48 \dots 520]$ мм, товщиною $\delta=[3 \dots 20]$ мм; 5) кутові зварні з'єднання труб діаметром $\varnothing[50 \dots 325]$ мм, товщиною стінки $\delta=[3 \dots 7]$ мм.

Застосовується наступна послідовність виконання одного рентгенографічного знімка: 1) заряджання касети з рентгенівською плівкою; 2) підготовка об'єкта до контролю; 3) просвічування рентгенівськими променями (експозиція); 4) фото обробка в послідовності: проявлення, промивання, фіксація, остаточне промивання; 5) просушування рентгенівського знімку. В цій послідовності не враховано таких операцій, як приготування дистильованої води, підігрівання води, що підтримує необхідну температуру розчинів, приготування розчину-проявника, розчину-фіксатора й т. ін.

З досвіду роботи рентгенівської лабораторії, визначено, що заготованої кількості проявника і фіксажу (по 1 літру) вистачає для обробки 20 ... 30 рентгенівських плівок форматом 24 см \times 10 см. Компоненти проявника і фіксажу наступні. Проявник: 1) вода 1 л; 2) фенідон 0.003 кг; 3) натрій сірчистоокислий 0.078 кг; 4) гідрохінон 0.009 кг; 5) натрій вуглекислий 0.060 кг; 6) калій бромистий 0.003 кг. Фіксаж: 1) вода 1 л; 2) натрій сіркуватистоокислий 0.250 кг; 3) мета-бісульфіт натрію 0.025 кг; 4) хлористий амоній 0.025 кг. Отже, одного літра проявника і одного літра фіксажу вистачає на: 24 [см] \times 10 [см] \times 20 [шт] = 4800 [см²] = 48 [дм²] площі рентгенівської плівки. На один знімок в фотолабораторії навчального центру витрачається по 0.05 л проявника і фіксажу.

Виходячи з приведених посилань та розрахунків, прийнято за нормативні

[1] для Міжгалузевого учбово-атестаційного центру ІЕЗ ім. Е.О.Патона НАН України витрати матеріалів приведені у таблиці 1.

Для розрахунку прийнято, що середній час виготовлення рентгенографічного знімку становить $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 = 2$ години. Цей час складається з витрат на: 1) час заряджання однієї касети слухачем - $t_1 = 10...15$ хвилин. 2) час підготовки об'єкта до просвічування слухачем - $t_2 = 10...20$ хвилин. 3) час просвічування контрольованого об'єкта, що залежить від товщини матеріалу, вибирається за номограмою рентгенівського апарату, коригується методом пробних знімків, становить для зразків, що просвічуються в навчальному процесі рентгенівським апаратом РАП-150/300 - $t_3 = 2...10$ хвилин. 4) фото обробка, що складається: розряджання касети - $t_4 = 3...5$ хвилин; проявлення - $t_5 = 3...5$ хвилин; промивання - $t_6 = 0.5$ хвилини; фіксація - $t_7 = 10$ хвилин; промивання - $t_8 = 30$ хвилин. 5) час просушування рентгенівських знімків у шафі - 40 хвилин, без шафи на повітрі - 2...4 години, за нормальних умов - $t_9 = [40 \text{ хвилин}...4 \text{ години}]$. Максимальний час виготовлення знімку $T_{\max} \approx 6$ годин 25 хвилин. Мінімальний час $T_{\min} \approx 1$ година 48.5 хвилин.

Таблиця 1

№ п.п.	Назва матеріалів	Витрати матеріалів у грамах на 1 дм ² рентгенівської плівки	Витрати у грамах на 1 зразок
1.	фенидон	0.0625	0.15
2.	натрій сірчистоокислий	1.625	3.9
3.	гідрохінон	0.1875	0.45
4.	натрій вуглекислий	1.25	3
5.	калій бромистий	0.0625	0.15
6.	натрій сіркуватистоокислий	5.20833	12.5
7.	мета-бісульфіт натрію	0.520833	1.25
8.	хлористий амоній	0.520833	1.25

Визначені в роботі кількості матеріалів, контрольні зразки, час обробки знімків можуть бути застосовані до різного роду розрахунків пов'язаних з навчальним процесом. Зокрема: 1) часу потрібного на практичну підготовку і виконання навчальних знімків; 2) кількості матеріалів, потрібної на підготовку одного слухача; 3) обґрунтування вартості практичної підготовки й т. ін.

Список літератури

1. Розрахунок витрат матеріалів для проведення підготовки фахівців у галузі неруйнівного контролю [Текст]. /Відповідальний виконавець В.В. Несін/ – МУАЦ ІЕЗ ім. Е.О.Патона НАН України. – К., 2002.

К ВОПРОСУ ИНТЕРПОЛИРОВАНИЯ НАИЛУЧШИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Новосёлов О.А.

*Публичное акционерное общество «АрселорМиттал Кривой Рог»
oanovoselov@ukr.net*

Политика [1] международной организации по аккредитации лабораторий (ILAC) предусматривает для калибровочных лабораторий выражение своих наилучших измерительных возможностей (Calibration and Measurement Capability – CMC), как один из вариантов, способом указания диапазона значений наименьшей достигаемой неопределённости, соответствующего диапазону измеряемой величины. В этом случае калибровочная лаборатория должна разработать способ выполнения интерполирования с целью получения неопределённости промежуточных значений.

Анализ «Сфер аккредитации» отечественных калибровочных лабораторий, аккредитованных Национальным агентством по аккредитации Украины на соответствие требованиям стандарту [2] показывает, что способ указания своих CMC в виде диапазона значений неопределённости является преобладающим над другими способами, определёнными в [1].

Например, при калибровке штангенциркулей многие лаборатории в своих «Сферах аккредитации» заявляют CMC для диапазона измеряемой длины от 0 мм до 1000 мм. Учитывая, что при измерении длины в поддиапазонах указанного диапазона возможно применения различных типов штангенциркулей (ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III), разработка способа выполнения интерполирования не предоставляется возможным из-за имеющихся различных метрологических характеристик и геометрических параметров измерительных поверхностей калибруемых средств измерительной техники, что приводит к разным узлам интерполяции.

Поэтому, указывать свои CMC в рассматриваемом случае, надо либо единичным значением, относящемся ко всему диапазону измерения конкретного типа штангенциркуля, либо функцией в явном виде, определяющей зависимость значений наименьшей достигаемой неопределённости от измеряемой величины и влияющего параметра.

Стоит отметить, что в «Сферах аккредитации» европейских аккредитованных калибровочных лабораторий способ указания своих CMC в виде диапазона значений неопределённости не нашёл широкого применения.

Список литературы

1. ILAC-P14:01/2013 ILAC Policy for Uncertainty in Calibration.
2. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

ЄМНІСНИЙ ПРЯМИЙ СУМІЩЕНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ З РЕГУЛЬОВАНОЮ ДІАГРАМОЮ СПРЯМОВАНOSTІ.

Ноздрачова К.Л., Слободчук А.Ю.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
nozdrachova@gmail.com*

Питання істотного поліпшення якості промислової продукції, а, отже, підвищення надійності і довговічності машин і механізмів може бути успішно вирішена за умови вдосконалення виробництва і методів контролю якості продукції. Підвищення якості продукції неможливо без вдосконалення методів і засобів вимірювань, випробувань і контролю. Інформативність акустичного методу, який займає домінуюче місце при виконанні неруйнівного контролю безлічі об'єктів, забезпечується можливістю вимірювання значної кількості величин – амплітуди, фази і спектрального складу розсіяних хвиль, швидкості звуку і її дисперсії, коефіцієнтів поглинання і розсіяння звуку тощо.

Найбільш широко застосовується ультразвуковий метод акустичного неруйнівного контролю, з використанням акустичних коливань ультразвукового діапазону. Характеристики та можливості апаратури ультразвукового контролю визначаються, як правило, параметрами первинних перетворювачів механічної енергії в електричну і навпаки.

Калібрування перетворювачів є обов'язковим етапом підготовки до проведення ультразвукового неруйнівного контролю (УЗК). При калібруванні крім параметрів, що визначають допустимість застосування перетворювачів для проведення УЗК, визначаються параметри, специфічні для проведення когерентного відновлення зображення відбивачів в об'єкті контролю.

Однією з основних характеристик є дослідження ультразвукових полів перетворювачів (УЗП). Від діаграми спрямованості (ДН) залежать чутливість, точність вимірювань товщини, швидкості або координат дефектів, крок сканування, поперечна роздільна здатність, умовні розміри дефектів.

Грамотне формування ДН набуває першочергового значення при проектуванні і розробці ультразвукових перетворювачів, так як дозволяє дещо компенсувати низькі коефіцієнти електроакустичного перетворення за рахунок концентрації УЗ хвиль у вузькому тілесному куті і в потрібному напрямку. Якщо щодо застосування перетворювачів, що стандартно застосовуються при класичному УЗК практично всі параметри досліджені і відомі, то у застосуванні нових перетворювачів, розроблених на не настільки популярних, але перспективних методах практично немає даних. Тому у роботі розглянуто ємнісний перетворювач (ЄП), суть роботи якого полягає у формуванні в поверхневому шарі електропровідного виробу металевою пластиною, яка знаходиться на діелектричній основі, ультразвукових імпульсів за допомогою перетворення електричної енергії в акустичну [1-2].

Діаграми спрямованості ультразвукового поля більшості перетворювачів [1-

2] є нерівномірними, що знижує достовірність ультразвукового контролю ОК.

Авторами розроблено два типи ємнісних перетворювачів, що можуть формувати рівномірну діаграму спрямованості за рахунок регулювання форми електрода перетворювача.

Складовими частинами обох типів перетворювачів являються корпус, закріплений в ньому протектор, електричні з'єднувачі і круглого первинного електроду, встановленого на внутрішній стороні протектора. У першому типі ЄП круглий електрод перетворювача виконаний випуклим в сторону протектора з радіусом його кривизни, який визначається експериментально з врахуванням властивостей матеріалу об'єкта контролю і є фіксованим.

В корпусі другого типу ЄП додатково встановлена опора, яка з'єднана механічним регулятором з центром круглого електроду, при цьому електрод ЄП виконаний гнучким, випуклим в сторону протектора з заданим початковим радіусом.

Робота ЄП засновується на тому, що через електричний з'єднувач на первинний круглий електрод перетворювачів подається постійна та імпульсна напруги, взаємодія яких в поверхневому шарі об'єкта контролю (ОК) призводить до збудження імпульсів ультразвукових хвиль, які поширюються у ОК, відбиваються від несучільностей і приймаються цим же електродом. Відомо, що заряди на круглому електроді розподіляються нерівномірно [3]. Їх більше на краях круглого електроду. Вплив нерівномірності зарядів компенсується відстанню різних ділянок круглого електроду до поверхні ОК. Для різного матеріалу ОК відстань від круглого первинного електроду не постійна. Для регулювання відстані виконують зміну відстані експериментально регулятором, який з'єднаний з центром круглого електроду. Зміна радіуса первинного електроду приводить в результаті до поліпшення діаграми спрямованості ЄП, що в свою чергу підвищує достовірність контролю. Протектор ЄП захищає перетворювач від пошкоджень при скануванні ОК.

Конструкції таких перетворювачів, за рахунок компенсації впливу нерівномірності розподілу зарядів по поверхні круглого електроду, дозволять підвищити достовірність ультразвукового контролю.

Дані типи ємнісних перетворювачів успішно можна застосовувати в дефектоскопії та товщинометрії електропровідних матеріалів і виробів ємнісним ультразвуковим методом.

Список літератури

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – Москва: Машиностроение, 2006. – 864 с.
2. Цапенко В.К., Куц Ю.В. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник. Київ: НТУУ «КПІ». 2010. – 448 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.5 Электричество и магнетизм. – М.: Мир, 1966. – 296 с.

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РАДИОВЫСОТОМЕР

Оганесян А. Г., Ткаченко В. Ф.

Университет «Львовская политехника», Украина

a.g.oganesyan@gmail.com

В статье рассматривается импульсный радиовысотомер больших и малых высот – циркуляционный.

В отличие от обычного импульсного радиовысотомера, у которого период повторения импульсов является величиной постоянной, в циркуляционном радиовысотомере он зависит от высоты полета.

Достигается это тем, что отраженный импульс задерживается на время T_0 , после чего им снова запускается импульсный передатчик. Таким образом возникает циркуляция импульсов, период повторения которых зависит от высоты полета:

$$T = T_0 + \frac{2H}{c}, \text{ откуда } H = \frac{c}{2}(T - T_0).$$

Если измерять несколько периодов повторения циркулирующих импульсов, например, k периодов, то систематическая погрешность измерения одного периода уменьшится тоже в k раз. Во столько же раз улучшится и точность измерения высоты полета:

$$T_k = k \left(T_0 + \frac{2H}{c} \right), \text{ откуда } H = \frac{c}{2} \left(\frac{T_k}{k} - T_0 \right)$$

Циркуляционный метод абсолютно аналогичен способу измерения диаметра тонкой проволоки, если под рукой нет микрометра. Для этого достаточно на карандаш виток к витку намотать, например, тысячу витков провода и измерить длину намотанного, скажем, линейкой с миллиметровыми делениями, а результат разделить на 1000.

Очень похоже поступает летучая мышь: она излучает короткий ультразвуковой импульс и как только получает отраженный, то сразу же посылает новый импульс. В итоге: чем ближе цель, тем больше частота повторения импульсов.

Большинство современных РВ имеют цифровой выход, поэтому удобнее ввести разрешающую способность измерения интервалов времени $\delta: H_n = \frac{c\delta}{2}n$, где n – одно из натуральных чисел.

Систематическая погрешность циркуляционного РВ в k раз меньше обычного:

$$\Delta H = H_{n+1} - H_n = \frac{c}{2k} [\delta(n+1) - \delta n] = \frac{c}{2} \left(\frac{\delta}{k} \right).$$

Не трудно показать, что среднеквадратичная погрешность равна:

$$\sigma_H = 100 \frac{C}{2} \left(\frac{\delta}{\sqrt{k}} \right) [\%].$$

При полётах надо льдами циркуляционный РВ позволяет одновременно измерять высоту полёта и толщину льда. Испытания показали, что среднеквадратичная погрешность измерения высоты полёта составляла всего 0,3 метра. Точность измерения толщина льда составила примерно 6%.

Таким образом, циркуляционный РВ хотя и более сложный, но обеспечивает существенно более высокую точность измерения по сравнению с обычными импульсными РВ.

Список литературы

1. Богородский В. В., Оганесян А. Г. Проникающая радиолокация морских льдов с цифровой обработкой сигналов.: Л, Гидрометеиздат, 1987.
2. Оганесян А. Г., Ткаченко В. Ф., Кондратов П. А. О возможности создания орбитальной радиолокационной станции метрового диапазона волн для проникающего зондирования моря и суши. – Міжнародний науково-технічний семінар “Системи контролю оточуючого середовища”. – МГІ НАНУ, Севастополь, Україна, 09.2002.

НОВИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕТАЛОН ПАРАМЕТРІВ ЧМ КОЛИВАНЬ

Павленко Ю.Ф.^{1,2}, Огар В.І.^{1,2}, Васильєва О.М.,² Кирієнко С.Р.²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,

²Національний науковий центр «Інститут метрології»

iurii.pavlenko@metrology.kharkov.ua

Сигнали з частотною модуляцією (ЧМ) широко застосовуються в радіомовленні, радіозв'язку, фізичних експериментах. Для вимірювання девіації частоти ЧМ сигналу в практиці використовуються модулометри типів СКЗ-45, фірм Buntan (США), Rohde & Schwarz (ФРН) та аналізатори спектра з опціями вимірювання параметрів модуляції. Для їх метрологічного забезпечення в Україні з 1996р. працював державний еталон одиниці девіації частоти [1].

В 2019р. на заміну існуючому еталону розроблено новий еталон. Цей еталон побудовано на основі використання ЧМ-генераторів прямого цифрового синтезу DDS (Direct Digital Synthesis) та еталонних методів вимірювання девіації частоти. Генератори DDS, а також їх подальша версія – TrueForm – технологія, що впроваджена в генераторах фірми Keysight 33611[2]. мають високу стабільність частоти і амплітуди, малі частотні і амплітудні шуми, формують високоякісні ЧМ коливання з малими нелінійними спотвореннями закону модуляції, малими значеннями супутньої АМ.

Невизначеність відтворення девіації частоти еталоном визначається, в значній мірі, відповідністю сформованих ЧМ сигналів їх математичній моделі, що з високою точністю забезпечують DDS-генератори..

Для вимірювання девіації частоти використовуються еталонні методи «нулів функції Бесселя» (НФБ), метод «електронно-лічильного частотоміра» (ЕЛЧ) [3] і, цифровий метод, що використовує відповідну опцію в аналізаторі спектра R&S FSL6. Розширена невизначеність відтворення одиниці девіації частоти зменшена з 0,2% до 0,1% в основному діапазоні девіацій частоти до 1МГц, модулюючих частот – до до 500 кГц. Крім того, розширено діапазон девіації частоти – до 8 МГц та діапазон модулюючих частот. Еталон повністю автоматизовано, керування відбувається від комп'ютера за допомогою програми Labview.

Список літератури

- 1.Труды II МНТК «Метрология в електронике», Харьков, 1997
- 2.Direct Digital Synthesis (DDS) Generators versus Trueform Waveform Generators. Technical overview Keysight Technologies. www.keysight.com
3. Павленко Ю.Ф., Шпаньон П.А. Измерение параметров частотно-модулированных колебаний. – М.: Сов.радио,1988 – 208 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕНЕРАТОРІВ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗУ

Павленко Ю.Ф.^{1,2}, Огар В.І.^{1,2}, Кирієнко С.Р.²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,

²Національний науковий центр «Інститут метрології»

iurii.pavlenko@metrology.kharkov.ua

В останні роки набули широкого розповсюдження генератори високочастотних коливань на основі прямого цифрового синтезу (*DDS - Direct Digital Synthesis*) і подальшої версії – *TrueForm* –, які використовують технологію цифрового формування сигналів заданої форми [1,2]. Принцип дії цих генераторів засновано на відомій теоремі Котельнікова-Найквіста [3,4].

В літературі активно прогнозуються високі метрологічні характеристики цих генераторів, в тому числі, в режимах модуляції, але досягнуті кількісні дані не наводяться, а нормування характеристик проведено в дуже обмежених режимах і на досить середньому рівні, що може свідчити про відсутність надійних і високоточних методів їх вимірювання.

Переконаливо виглядають лише дані про високу стабільність частоти і амплітуди, малі частотні і амплітудні шуми. Але особливо важливими є спроможність генераторів формувати високоякісні модульовані коливання з амплітудною (АМ), частотною (ЧМ), фазовою (ФМ) і цифровими видами модуляції в широкому діапазоні частот.

Нами було розроблено методи і проведено експериментальні дослідження, які дозволили кількісно визначити метрологічні характеристики цих генераторів в режимі модуляції (вони дійсно виявились дуже високими), причому достовірність результатів забезпечувалась порівнянням двох і навіть трьох різних методів вимірювання. В доповіді наводяться результати цих досліджень.

Список літератури

1. Direct Digital Synthesis (DDS) Generators versus Trueform Waveform Generators. Technical overview Keysight Technologies. www.keysight.com.
2. Ридики Л. DDS: прямой цифровой синтез частоты. Компоненты и технологии. – №7. – 2001.
3. www.Keysight.com/find/N5172B.
4. Котельников В.А Теория потенциальной помехоустойчивости. – М.: Госэнергоиздат, 1956 – 151 с.

РІЗНОВИДИ ВАГ КІББЛА

Паценко О. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

sashapatsenko@ukr.net

20 травня 2019 р. у дію вступила нова реформа система SI [1]. Відтепер усі одиниці системи SI прив'язані до фундаментальних фізичних констант.

Цим рішенням кілограм більше не пов'язаний з матеріальним носієм-еталоном, і тепер визначається через постійну Планка, яка в точності дорівнює $h = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Велика увага приділяється пристрою, який встановлює зв'язок між кілограмом і постійної Планка: ваги Кіббла. Ваги Кіббла є однією з двох можливостей, які можна використовувати для реалізації одиниці маси на рівні кілограма з відносною невизначеністю приблизно 10^{-8} . Іншою можливістю є метод рентгенівської кристалічної решітки (XRCD) [2].

На сьогоднішній день немає двох однакових ваг Кіббла. Всі ваги Кіббла унікальні за своїм дизайном і роботою. Погоня за багатьма різними ідеями може бути вираженням того, що оптимальна конфігурація балансу Кіббла ще не була виявлена. Створені ваги Кіббла:

- Bureau international des poids et mesures (BIPM), Франція;
- Korean Research Institute of Standards and Science (KRISS), Корея;
- Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Франція;
- Swiss Federal Institute for Metrology (METAS), Швейцарія;
- Measurement Standard Laboratory (MSL), Нова Зеландія;
- National Research Council (NRC), Канада;
- National Institute of Metrology (NIM), Китай;
- National Institute of Standards and Technology (NIST), США;
- National Physical Laboratory (NPL), Великобританія;
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Німеччина;
- Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), Туреччина.

Ідея створення настільних версій ваг Кіббла стає все більш популярною. NIST, PTB і NPL в даний час працюють над настільними системами. Маса, що використовуються в настільних вагах Кіббла, варіюються від 1 г до 1 кг з відносною невизначеністю від 10^{-7} до 10^{-6} .

Список літератури

1. 2018 Resolution 1 of the 26th CGPM www.bipm.org/en/CGPM/db/26/1
2. Le Système international d'unités (SI) / The International System of Units (SI). – 9-те вид. – BIPM, 2019.

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

Петришин І.С., Джочко П.Я., Середюк Д.О., Бас О.А., Гулик В.Я.

ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»

alexandr.sanya@gmail.com

ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», як науковий метрологічний центр, після проведення удосконалення вторинних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу в частині підвищення їх метрологічних характеристики, згідно наказів Мінекономіки № 734 та № 735 від 19.12.2019р. отримало статус національних для двох вторинних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу з присвоєнням шифрів НДЕТУ М-04-2019 і НДЕТУ М-05-2019 та занесенням їх до Переліку національних еталонів. Вторинні еталони забезпечують вимірювання та передавання одиниць об'єму та об'ємної витрати газу в діапазоні від 0,001 м³/год до 0,3 м³/год для НДЕТУ М-05-2019 та в діапазоні від 0,016 м³/год до 25 м³/год для НДЕТУ М-04-2019. Вторинні еталони відповідають п. 3 Порядку та критеріям надання еталонам статусу національних еталонів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 398 від 17.06.2015р. в частині забезпечення найвищих метрологічних властивостей серед еталонів зазначеної одиниці, що є в державі. Зокрема, національний вторинний еталон НДЕТУ М-04-2019 занесений в Перелік із значенням розширеної невизначеності для одиниці об'ємної витрати газу $U = 0,1 \%$ (при $k = 2$, $P = 0,95$), а національний вторинний еталон НДЕТУ М-05-2019 – з розширеною невизначеністю $U = 0,14 \%$.

Вторинний еталон ВЕТУ 03-01-01-15 (НДЕТУ М-04-2019) був створений в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» з метою розширення нижньої межі відтворення одиниці об'ємної витрати газу Національного державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ДЕТУ 03-01-15, яка становить 1 м³/год. Принцип дії вторинного еталона аналогічний первинному еталону ДЕТУ 03-01-15, оскільки вторинний еталон - це зменшена копія установки дзвонового типу, яка є основою ДЕТУ 03-01-15, крім того, в склад вторинного еталона додатково введена установка еквівалентного витіснення рідини для підвищення стабільності метрологічних характеристик. Аналогічно вторинний еталон ВЕТУ 03-01-05-15 (НДЕТУ М-05-2019) реалізований на базі установки еквівалентного витіснення рідини. Принциповою особливістю національних вторинних еталонів є те, що вони реалізують процес відтворення одиниць об'єму та об'ємної витрати газу шляхом забезпечення простежуваності безпосередньо до одиниць системи СІ по аналогії з первинним еталоном. Оскільки схему простежуваності очолює національний державний первинний еталон ДЕТУ, інші два еталони були внесені в розряд вторинних еталонів. З моменту отримання статусу національних можна стверджувати, що реалізований комплекс національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу, сумарний діапазон яких складає від 0,001 м³/год до 250 м³/год.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ДОРОЖНІХ МАШИН

Петрукович Д. Є., Коваль А. О.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
koval_andrey79@ukr.net*

Вимірювання – єдиний спосіб одержання кількісної інформації про величини, що характеризують ті або інші фізичні явища або процеси. Тому розробка нових механізмів, апаратів, а також безпосереднє здійснення складних технічних виробничих процесів у промисловості зв'язані з необхідністю вимірювання численних фізичних величин.

Розробка технології підвищення ефективності і якості вимірювань залишається актуальною науковою проблемою. На практиці підвищення якості вимірювань досягається використанням великої кількості вимірювань.

Складність задачі точного вимірювання характеристик динамічної системи обумовлена наступними причинами: велика площа вимірювання, велика кількість вимірювальних параметрів, порівняно невелика площа контакту сенсора й об'єкта на вимірювальній ділянці, похибки вимірювань внесені суб'єктами, які їх виконують, похибки, обумовлені випадковими факторами.

Щоб знати фактичний стан машини і прогнозувати її поведінку, потрібно щоб динамічні характеристики були відомі і не змінювалися, а збуджуючі фактори були незначними. Однак динамічні характеристики дорожніх машин змінюються, іншими словами вони різні при різних передачах, навантаженнях і станах дороги. Крім того, значний вплив на них робить ухил дороги.

Виникає необхідність у розробці правил оптимальних вимірювань при зміні динамічних характеристик. Для цього використовуються нечіткі вимірювань, тобто такі вимірювання при яких кількість вимірювальних параметрів та їх періодичність наперед невідомі.

При експлуатації дорожніх машин (ДМ) в наслідок деформації силових установок втрачається працездатність машини, знижується продуктивність комплексу спільно працюючих машин, що обертається для сфери експлуатації значними втратами. Ефективність використання ДМ в значній мірі залежить від технічного стану найбільш складного і дорогого агрегату - силової установки (33 %) [2]. Силкові установки ДМ працюють в тяжких умовах: високе навантаження на силову установку унаслідок роботи навісного устаткування, високе запилення навколишнього середовища, високі температури. Умови експлуатації ведуть до процесу підвищеної деформації деталей. Тому виявлення основних показників працездатності, які залежать від ступеня зносу деталей і визначення допустимих величин, є важливою проблемою при підвищенні ефективності використання ДМ [2].

Традиційні системи вимірювання параметрів деформацій ДМ будуються на використанні лінійних алгоритмів вимірювання, побудованих за деякими критеріями оптимальності. Отримані таким чином регулятори є оптимальними і

стійкими по відношенню до закладених в їх основу моделей реальних технологічних процесів. Проте часто методи спрощення і лінеаризації, вживані до нелінійних, динамічних, нечітко визначених об'єктів не дають очікуваних результатів вимірювання в реальному масштабі часу.

Зі збільшенням складності структури ДМ і виконуваних нею функцій стає все складнішим використовувати класичні методи вимірювання.

Сучасні ВІС повинні розпізнавати небезпечні умови функціонування, причини і тип виниклої несправності ДМ. Крім цього очікується інформація про оцінку терміну служби всієї динамічної системи або її складової частини.

Завдання побудови ВІС також може вирішуватися на основі різних підходів, серед яких найбільш оптимальним засобом для забезпечення високої точності, гарних властивостей апроксимації і логічної прозорості представляються нечіткі системи [4].

В порівнянні з традиційними алгоритмами вимірювання, алгоритми нечіткого вимірювання дозволяють швидко проводити аналіз завдання і отримувати результати з високою точністю. Характерними рисами алгоритмів вирішення завдань методами нечіткої логіки є наявність деякого набору тверджень (правил), кожне правило складається з совокупностей подій (умов) і результатів (выводів).

Логічний висновок складається з наступних блоків: бази нечітких правил, блоку фазифікації, блоку розрахунку, блоку дефазифікації.

Загальна схема роботи алгоритму нечітких вимірювань виглядає наступним чином. Точні початкові дані переводяться в значення лінгвістичних змінних в спеціальному блоці, що отримав назву "фазифікатор". Далі реалізуються процедури нечіткого виводу на основі продукційних правил, які складають базу знань системи, внаслідок чого формуються вихідні лінгвістичні значення, які переводяться в точні значення результатів обчислень в блоці "дефазифікатор". На виході останнього формуються кінцеві результати, які подаються на ПК, де їх можна візуально побачити. Ця концептуальна схема лежить в основі так званого нечіткого вимірювального контролера, використовуваного в інтелектуальних системах обробки невизначеної інформації.

Список літератури

1. Назаров Л. В., Кириченко И. Г., Воропович А. В. Динамические нагрузки автогрейдера при ударе отвала о трудно преодолимое препятствие: Сб. материалов Междунар. научн. - техн. конф «ИНТЕРСТРОЙМЕХ». 2006. №1. С. 138 - 144.

2 Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин / І. Г. Кириченко, та ін. Харків: ХНАДУ, 2003. 588 с.

3. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение для принятия приближенных решений: пер. с англ. М.: Мир. 1976. 165 с.

4. Леонейков А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech. Спб.: БХВ-Петербург. 2003. 736 с.

COMPARISON OF ACCURACY OF THE SIGNAL RESTORATION BY SOLVING INVERSE PROBLEMS AND ON THE BASIS OF DECOMPOSITION OF HILBERT-HUANG

Poliakov Ye. O.¹, Ianushkevych S. D.²

*Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
eug_p@ukr.net¹, ianushkevych.sergii@yandex.ua²*

Measuring parameters in dynamic modes of operation, nonlinear and inertial properties are often used. To reduce the level of distortion, inverse methods for solving such problems are used [1]. In the case of nonlinearity and inertia of the measuring channel, Wiener and Hammerstein models usually applied. These models are presented in the form of series of connected nonlinear and inertial blocks [1]. A method for estimating the uncertainty of signal recovery for nonlinear inertial measuring systems for various conditions is considered in [2]. In the proposed method, when recovering the signal, decomposition of the input signal in the Karunen-Loev series is used. The disadvantage is when the number of variables increases, the input signal complexity grows and there is no useful effect from restoration.

Another approach to signal restoration is to use the Hilbert-Huang decomposition [3]. This method, as studies have shown, is practically independent of the type of signal, with the exception that 7-8 modes in the Hilbert Huang series are sufficient to restore. The estimation of measurement uncertainty for various situations when performing such a transformation is considered in [4].

To solve the inverse problem, various signals and system parameters were simulated, and the Hilbert-Huang decomposition was used to restore the signal. Results of calculations and restoration of results using the existing method.

References

1. Poliarus, O. V., Poliakov, Ye. O. (2014) "*Nablyzhene rozviazannia obernenoi zadachi vymiriuvan ta yoho metrologichne zabezpechennia: monohrafiia*" [Approximate solution of the inverse problem of measurements and its metrological support], Lider, Kharkiv, 120 p.

2. Poliarus O. V., Poliakov E. O., Brovko Ja. S., Ianushkevych S. D. Evaluation of uncertainty of measurements in an inverse problem for nonlinear inertion measuring system. – Proceedings of XI International Conference “Metrology and measuring equipment”, October, 9-11, 2018, Kharkiv, Ukraine, 2018, p. 161.

2. Янушкевич С.Д., Лебединський А.В. Точність представлення експериментального сигналу за допомогою перетворення гільберта-хуанга // Десята всеукраїнська науково-практична конференція: “Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні техонлогії” 16-17 травня 2019, Одесса, Україна с. 38-41.

4. Influence of Measurements Uncertainty on Uncertainty of Gilbert-Huang Transform Modes O. V. Poliarus S. D. Ianushkevych A. O. Koval A. V. Lebedynskiy Ya. S. Medvedovska Ye. A. Poliakov CAOL*2019, September 6-8 — SOZOPOL, BULGARIA pp. 644 -647.

МЕТОД ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИНАМІЧНОСТІ МОСТОВОЇ СПОРУДИ ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ МАЛОЇ ВАРТОСТІ

Полярус О. В., Краснов С. М., Лебединський А. В., Поляков Є. О.¹,
Пащенко Р. Е.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

²Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України
poliarus.kharkov@ukr.net

Існує велика кількість публікацій, в яких викладені методи визначення реального стану мостових споруд (МС) з допомогою вимірвальних інформаційних систем [0]. Найчастіше для цього в окремій точці споруди з допомогою механічних прогиномірів здійснюється контактне вимірювання коефіцієнта динамічності, який дорівнює відношенню максимального динамічного прогину до статичного під дією стандартного навантаження. В [2] запропоновано метод дистанційного визначення коефіцієнта динамічності мостової споруди з використанням радарних фазових вимірювань. На даний час наукові роботи розвиваються в декількох напрямках. По-перше, в напрямку використання радарних малогабаритних систем міліметрового та оптичного діапазонів електромагнітних хвиль [3-6] для оцінки деформацій та прогинів елементів МС, в тому числі силових тросів (stay-cables), що підтримують споруди. Для цього використовуються, зокрема, фазові інтерферометри з великою розрізнявальною здатністю по дальності. Зазначені системи вимірюють динамічні характеристики мостових споруд в локальних точках. По-друге, в напрямку застосування опто-механічних систем технічного зору [7-8] з наступною обробкою зображень за розробленими алгоритмами, що дозволяє здійснювати аналіз динаміки конструкцій МС в розподілених областях. Ці методи, однак, не визначають важливий для практики коефіцієнт динамічності споруд. По-третє, в напрямку застосування алгоритмів обробки GPS-даних з фільтрацією Калмана для отримання оцінок коефіцієнту динамічності МС [9].

На жаль, зазначені технології вимірювання є непривабливими для України з економічної точки зору. Радар, що здатний здійснювати високоточні вимірювання малих переміщень МС, є надто коштовним, а в масштабі країни вартість мінімальної кількості таких радарів буде становити мільйони доларів. В доповіді представлена вимірвальна інформаційна система, основою якої є дешевий радар вартістю біля 100 \$. Цей радар не призначений для вимірювань малих переміщень великогабаритних об'єктів, але може вимірювати доплерівські зсуви частоти відбитих від них сигналів.

Метою роботи є розробка методу, що дозволяє на основі доплерівських вимірювань частоти сигналу отримати значення прогину нижньої частини мостової споруди. Для цього необхідно здійснити прив'язку доплерівського зсуву частоти сигналу до лінійного переміщення конструкції. В експериментах на фізичній моделі МС в одному місці одночасно вимірювався високоточним

механічним вібрографом прогин бетонної плити під дією динамічних навантажень та доплерівський зсув частоти сигналу мініатюрним радаром. Була отримана множина радарних сигналів та множина часових залежностей прогинів МС і ці множини зв'язані біективним відображенням. Після дискретизації сформовані дві однорядкові матриці з однаковою кількістю елементів: матриця \mathbf{X} – доплерівські зсуви частоти і матриця \mathbf{Y} – прогини. Визначався коефіцієнт, що зв'язує дві матриці $A = \mathbf{Y} \cdot \mathbf{X}^{-1*}$, де \mathbf{X}^{-1*} – псевдообернена матриця. Коефіцієнт A використовувався для встановлення зв'язку між середнім прогином \bar{y} та середнім значенням доплерівського зсуву частоти \bar{x} на інтервалі спостереження: $\bar{y} = A \cdot \bar{x}$. Для однакових умов навантаження МС це співвідношення виконується з похибками на рівні 10 %.

Список літератури

1. Иттенберг М. А. Разработка информационно-измерительной системы (ИИС) мониторинга пролётных строений моста А. Невского / Иттенберг М. А., Митропольский И. М., Хазанов М. Л. - Труды ЦНИИС, вып. 208. - М.: 2002. – С. 20-28.
2. Полярус О. В., Барчан В. В. Радіотехнічна система оцінки коефіцієнта динамічності мостової конструкції. - Харьков: Прикладная радиоэлектроника, 2011, том 10, №3, с. 368...371.
3. Carmelo Gentile. Application of Microwave Remote Sensing to Dynamic Testing of Stay-Cables. - Remote Sensing, 2010, vol. 2, pp. 36-51.
4. Cheol-Hwan Kim, Byung-Wan and Jin-Taek. Application of Laser Vibrometer to the Measurement and Control of Cable Tensile Forces in Cable-Stayed Bridges. - International Journal of Distributed Sensor Networks, 2012. - 7 p.
5. Charles R. Farrar, Timothy W. Darling, Albert Migliori and William E. Baker. Microwave Interferometers for non-contact vibration measurements on large structures.- Los Alamos National Laboratory, 2000. – 14 p.
6. Larry D. Olson, P. E. Olson. Recent advances in NDE and SHM of bridge superstructure with sonic and radar methods. – FHWA 2010, Nondestructive Evaluations of Bridges, 2010, pp. 1-12.
7. Piotr Olaszek. Investigation of the dynamic characteristic of bridge structures using a computer vision method.- Measurement, 1999, vol. 25, pp. 227–236.
8. Shien Ri, Tatsuro Numayama, Masumi Saka, Kenichi Nanbara and Daisuke Kobayashi. Noncontact Deflection Distribution Measurement for Large-Scale Structures by Advanced Image Processing Technique - Materials Transactions, Vol. 53, No. 2, 2012, pp. 323...329.
9. R. Kaloop Mosbeh, Li Hui. Analysis of bridge movements and damage based on GPS monitoring technique. - Интерэкспо Гео-Сибирь, 2010, вып. 1, т. 1, с.1-5.
10. Poliarus O. V., Poliakov Ye. O., Lebedynskiy A. V., Ivanov V. K., Paschenko R. E. Measurement of the Bridge Surface Deflections Using Near-Field Amplitude of Secondary Radiators System. - Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. (USA) - Volume 2, Issue 6, Page No 217-224, 2017.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ ТИСКУ

Полярус О. В., Медведовська Я. С., Чмуж М. О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
poliarus.kharkov@ukr.net, yana.brovko@ukr.net, marina.chmuzh@gmail.com

Діагностика технічно складних об'єктів (ТСО) вимагає використання датчиків тиску в складі вимірювальних інформаційних систем (ВІС). На таких об'єктах вимоги до надійності вимірювальних даних ВІС дуже високі. Тому, на багатьох ТСО для надійності один і той же досліджуваний параметр може одночасно вимірюватись декількома датчиками, тобто виникає надлишковість вимірювання. У роботі розроблена оптимальна (відповідно мінімуму середньоквадратичної похибки) багатоканальна система вимірювання тиску. Вона представляє собою декілька лінійних датчиків, на вхід яких надходить одна й та ж сама вхідна нестационарна випадкова дія $\xi(t)$.

Внаслідок деяких відмінностей у вимірювальній лінії та інших випадкових факторів на вході датчиків тиску $D_1, D_2, D_3, \dots, D_m$ вхідні дії $\xi_1(t), \xi_2(t), \xi_3(t), \dots, \xi_m(t)$ будуть різні, але корельовані. Таким чином, кореляційна матриця вхідного випадкового вектору при трьохканальному прийомі $\vec{\xi}(t) = (\xi_1(t) \ \xi_2(t) \ \xi_3(t))^T$

має вигляд
$$K_{\vec{\xi}}(t) = \begin{pmatrix} \delta_{\xi_1}^2 & \overline{\xi_1^0 \xi_2^0} & \overline{\xi_1^0 \xi_3^0} \\ \overline{\xi_2^0 \xi_1^0} & \delta_{\xi_2}^2 & \overline{\xi_2^0 \xi_3^0} \\ \overline{\xi_3^0 \xi_1^0} & \overline{\xi_3^0 \xi_2^0} & \delta_{\xi_3}^2 \end{pmatrix},$$
 де $\delta_{\xi_i}^2$ – дисперсія тиску в i -тому каналі

вимірювання; ξ_i^0 – центрована випадкова величина тиску в i -тому каналі; $\overline{\xi_i^0 \xi_j^0}$ – значення кореляції між сигналами в каналах i та j , m – число каналів.

Якщо, припустимо, динамічні характеристики першого датчика є повністю відомими зі стендових випробувань, то характеристики інших датчиків неважко визначити з кореляційного аналізу. При цьому вважається, що не тільки датчики, але і весь вимірювальний канал тиску, тобто датчики разом з вимірювальною лінією є лінійними. На основі розробленої системи запропонована методика оцінки невизначеності вимірювань.

Список літератури

1. Райбман Н. С., Капитоненко В. В., Овсепян Ф. А., Варлаки П. М. Дисперсионная идентификация. М. : Наука, 1981. 336 с.
2. Пашенко Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: Учеб. пособие в 2-х ч. Ч. 1. Математические основы моделирования систем. М. : Финансы и статистика, 2006. 328.
3. Винер Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов: пер. с англ. – М. : ИЛ, 1961. 159 с.

ЛІНЕАРИЗАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ ІНЕРЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПСЕВДООБЕРНЕНИХ МАТРИЦЬ

Полярус О. В.¹, Янушкевич С. Д.²

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
poliarus.kharkov@ukr.net¹, ianushkevych.sergii@yandex.ua²*

На практиці використовуються, як правило, лінійні вимірювальні інформаційні системи (ВІС), а в нелінійні вони можуть перетворюватися під дією сукупності внутрішніх та зовнішніх факторів. Існують декілька методів статистичної лінеаризації таких систем [1, 2]. Для випадків, коли інерційність вимірювальних систем з пам'яттю істотно впливає на спотворення сигналів, в [3] запропоновано інший метод статистичної лінеаризації ВІС з використанням віртуального розділення системи на нелінійний неінерційний та лінійний інерційний блоки (модель Гаммерштейна). Всі зазначені методи є складними і витратними в часі. Більш простий метод розглядається у доповіді. Він ґрунтується на припущенні, що для однакових умов при однорідній статистиці вхідних та вихідних процесів (сигналів) між реалізаціями цих процесів може існувати лінійний зв'язок. В процесі моделювання був отриманий ансамбль реалізацій сигналів для нелінійної інерційної ВІС з заданими функцією перетворення та постійною часу. Кожний сигнал піддавався дискретизації в часі. Як наслідок, були отримані матриці-рядки однакової розмірності вхідного \mathbf{X} та вихідного \mathbf{Y} сигналів. Коефіцієнт пропорціональності визначався за формулою $a = \mathbf{Y} \cdot \mathbf{X}^{-1*}$, де \mathbf{X}^{-1*} - псевдообернена матриця [4] для вхідного дискретного сигналу. На відміну від традиційних обернених матриць вона існує для неквадратних матриць. Результати математичного моделювання свідчать про те, що лінеаризація нелінійної інерційної ВІС приводить до похибок вимірювання параметрів сигналів, які залежать від: динамічних характеристик ВІС, виду нелінійності функції перетворення, статистичних характеристик вхідного процесу, інтервалу дискретизації сигналів тощо. Коефіцієнт пропорціональності a визначався шляхом усереднення по реалізаціям випадкового процесу. В доповіді розроблені рекомендації щодо умов застосування методу, при яких похибки вимірювання не перевищують допустимі.

Список літератури

1. Тихонов В. И. Нелинейные преобразования случайных процессов / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1986. 296 с.
2. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.
3. Полярус О. В., Янушкевич С. Д., Чмуж М. О. Статистична лінеаризація інерційного вимірювального каналу тиску. Технологія приборостроєння, 2019, №2, с. 21-24.
4. Lloyd N. Trefethen, David Bau, III. Numerical Linear Algebra. – SIAM, 1997. 376 p.

ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНОГО ІНТЕРВАЛУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЛАДНАННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ КАМЕР ТЕПЛА ТА ХОЛОДУ

Прокопченко С.В., Воскресенський В.Б.,

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, vc_ict@ssu.gov.ua.

Вимірювальне обладнання повинно бути відкаліброване, якщо:

- точність або невизначеність вимірювання впливає на достовірність отриманих результатів, і/або
- калібрування обладнання необхідне для встановлення метрологічної простежуваності отриманих результатів (див. 6.4.6 [1]).

Виконання вимог, зазначених в [1] та [2], рекомендацій [3], стандартизованих методик кліматичних випробувань [4, 5], а також аналіз статистичних даних розширеної невизначеності вимірювання температури за попередні роки дозволяє оцінити міжкалібрувальний інтервал вимірювального температурного обладнання випробувальних камер тепла та холоду типу Tabai-71 відносно рекомендованого терміну 1 рік.

Результати оцінювання невизначеності вимірювання кліматичного чинника (температури) камер тепла та холоду, як складової частини випробувань продукції приладобудування, при зазначенні Замовником в технічній документації на продукцію допуску щодо витримування температури в камері з точністю не менше ніж $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, дозволяють встановити правило прийняття рішення (decision rule) для кліматичних випробувань, а саме щодо прийняття рішення за результатом вимірювання без врахування невизначеності вимірювання.

Застосування при кліматичних випробуваннях двох додаткових шляхів контролю температури з використанням наявних скляного термометра типу Labortherm-N та термогігрометра цифрового типу Ezodo HT-380 зводить ризик [6] щодо отримання недостовірних результатів визначення температури камер випробувальних тепла та холоду типу Tabai-71 до мінімальних, що дозволяє розширити до 1,5-2 років міжкалібрувальний інтервал зазначених камер.

Список літератури

1. ДСТУ ISO IEC 17025:2017 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій».
2. МЕК STL-OP 111 Ed. 2.0, 2011, «Вимоги до простежуваності калібрувань та до інтервалів калібрування».
3. ДСТУ IAS-G 24/OIML D 10:2013 «Метрологія. Настанова щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки»
4. ДСТУ IEC 60068-2-1:2013 «Випробування на дію зовнішніх чинників. Частина 2-1. Випробування. Випробування А: Холод»;
5. ДСТУ IEC 60068-2-2:2013 «Випробування на дію зовнішніх чинників. Частина 2-2. Випробування. Випробування В: Сухе тепло»
6. ДСТУ ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT) ISO 31000:2018 IDT Менеджмент ризиків. Принципи та настанови

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Христо Радев

TU-София, Болгария, hradev@tu-sofia.bg

Метрологическое обеспечение (МО) является частью технологического обеспечения машиностроительного производства. Оно имеет целью обеспечить объективную информацию, необходимую для достижения и оценки качества производимой продукции. МО присутствует на всех этапах производства, но в данном конкретном случае будем говорить о реализации измерений геометрических параметров качества деталей непосредственно в производственном процессе. Это линейные и угловые размеры, отклонения формы и расположения поверхностей, и осей деталей и сооружений [1-3].

Качество производимой продукции можно обеспечить двумя способами:

- отделением негодной продукции при проведении контроля на соответствие предписанным требованиям;
- обеспечением качества технологическим путем, через поддержание точного и стабильного технологического процесса.

В обоих случаях необходимая для этого информация получается путем измерений, которые можно группировать следующим способом. Первая группа: измерение деталей как представителей готовой продукции с целью оценки ее на соответствие геометрических параметров деталей предписанным значениям (допусковый контроль). Вторая группа: измерение деталей как представителей технологического процесса с целью оценки его точности и стабильности. Третья группа: измерение точностных параметров обрабатывающего оборудования с целью оценки соответствия предписанным требованиям (например, проверка геометрической точности металлорежущих станков). Четвертая группа: измерения связанные с процессами центровки и регулировки взаимного расположения объектов при сборке и ремонте. Для крупногабаритных объектов измерение имеет свою специфику, обусловленную большими габаритами и массой деталей и связанными с этим значительным влиянием температурных и эластических деформаций на точность измерения. Эти факторы проявляются особенно сильно при измерениях четвертой группы.

Регулировка и центровка взаимного расположения крупногабаритных объектов является существенным этапом технологии производства и эксплуатации ряда изделия транспортного и тяжелого машиностроения.

Обеспечение отклонения взаимного расположения в предписанных границах в ряде случаев является серьезной метрологической проблемой, обусловленной спецификой регулируемых объектов и условиями измерений. В ряде случаев возникают трудности при установлении деталей на измерительной позиции, обеспечении самих регулировок и центровок и сохранении уже достигнутого расположение во времени.

Процесс центровки и регулировки содержит две основные операции: измерение и перемещение до достижения предписанного отклонения взаимного расположения. Эти операции могут быть осуществлены одновременно или последовательно. Методика их осуществления определяется используемыми измерительными средствами, регулировочными и центрирующими устройствами, схемными решениями и условиями реализации операции.

Выбор методов и средств измерения при регулировке и центровке крупногабаритных объектов определяется тремя основными требованиями к каждому измерительному процессу – точность, производительность и экономичность. Точность измерения оценивается характеристиками погрешностей или неопределенности. Производительность процесса регулировки и центровки следует оценивать не только с точки зрения ограничения влияния меняющихся во времени смущающих факторов, но и с точки зрения общих экономических показателей производства и эксплуатации соответствующего объекта. При оценивании экономической целесообразности использования той или иной методики центровки или регулировки, соответственно для того или иного средства измерений следует учитывать не только расходы на ремонт и сборку, но и значительные потери, которые сопутствуют при выходе из строя этих агрегатов и сложных транспортных средств.

Это делает оправданно использование сложных и дорогих измерительных систем с использованием лазерной и вычислительной техники [4-6]. Например, в самолетостроении, сложной проблемой является сборка отдельных блоков, из которых состоит конструкция самолета. Стапели для сборки агрегатов и секций самолета представляют собой огромные уникальные сооружения, в которых сборочные операции осуществляются с помощью лазерных измерительных средств. Обычно с помощью многоканальных лазерных устройств создается система опорных лучей (реперов) относительно которой реализуется сборка. Эти устройства являются сложными автоматизированными комплексами, высокая цена которых составляет относительно небольшую часть себестоимости изделия. Аналогично положение существует в кораблестроении и энергетике. В энергетике используются специализированные устройства для измерения и центровки валов и турбин. По результатам измерения осуществляются соответствующие регулировочные операции для реализации необходимой точности.

В заключение надо отметить, что специфика измеряемых объектов и большое разнообразие методов и средств измерения отклонения от расположения и осуществления регулировки и центровки требуют конкретного анализа с целью осуществления оптимального выбора этих методов и средств на базе конкретных метрологических эксплуатационных и экономических показателей.

Список литературы

1. ISO 1101:2017 Geometrical product specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out.
2. Лежнина И.А., Уваров А.А. Метрологическое обеспечение производства. Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014 – 117 с.
3. Радев Хр., Метрология и измерительная техника книга-справочник в три тома. Том II. – София: Софттрейд, 2010 – 988 с.
4. Митрофанов А.А. Контроль сборки летательных аппаратов: Оптические и лазерные методы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.
5. Ильина О.В. Оптико-электронные системы позиционирования сборочных конструкций в авиастроении. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань: КНТУ КАИ, 2013 – 20 с.
6. Дяков Д., Калиманова И. Лазерни системи за измерване геометрични параметри на плоски повърхнини на голямогабаритни обекти и съоръжения. – София : Софттрейд, 2019.

MODERN INNOVATIVE DEVELOPMENTS IN BUILDING MATERIALS SCIENCE

Razmukhamedov D.Dj.

*Doctoral student at the Turin Polytechnic University
daniyar.razmuamedov@mail.ru*

Today, the introduction of innovative technologies has found wide application not only in the sale of goods and services, but also in the modernization of heavy industry. From the point of view of the fundamental and applied fundamentals, innovation is an engine of progress, without which no reform or important production solution is implemented, because to translate a new idea into reality, unique developments and modern modified equipment are needed.

It is especially worth emphasizing the importance of introducing modern technological systems during the period of economic growth of the Republic of Uzbekistan, when enterprises expand production and need high-quality equipment. One of the priority areas for the development of Uzbekistan for the period 2017 - 2021 is the improvement of the social sphere related to improving the living conditions of the population, increasing the level of provision of public services, addressing the environmental safety of people, the construction and modernization of household waste processing facilities, further construction and reconstruction of road infrastructure and much more.

Modern construction technologies are actively developing and provide for specific goals and objectives related to the improvement of urban planning infrastructure through the use of modern innovative technologies. Every year, the market for building materials is growing, but not all products are in demand. This is due to the fact that not all manufacturers of a wide range of construction products operate in compliance with the stringent requirements of GOSTs and Standards, which describe the standards of modern products.

Innovation in construction – is seen as not an innovation, but as a product that significantly increases the effectiveness of the existing system for the implementation of construction and installation works. No type of construction can exist without building materials. They are divided into several types: binders (gypsum, cement, lime), walling (panels, blocks of various materials), finishing materials - waterproofing and roofing, sealing (mastics, plaits, laying for better insulation), various types of concrete, sanitary technical products and others.

This article provides a summary of some of the developments in this field that have been carried out at present. Based on international experience in the field of innovative technologies in construction, a new type has been created – “fiber cement”, which makes it possible to make facade slabs large-sized and self-cleaning. The advantage of this material is the insulation of the room and a modern look due to the relief surface. The building product has increased strength due to the inclusion of cellulose and mineral additives in the mixture. Depending on the type of plate and manufacturer, the technical characteristics of fiber cement can be as follows:

- water absorption – about 8-14% with direct exposure to water;
- ultimate strength in longitudinal and transverse bending is 25 MPa, 18 MPa;
- frost resistance – 150 (the number of freeze / thaw cycles);
- temperature coefficient of expansion – about 0.008 (minimally prone to deformation);
- thermal conductivity - 0.22 W / m * K (provides insignificant heat transfer);
- flammability - class G1 (burns no more than 4 s);
- working temperatures - from (-450C) to (+ 800C)

Table 1.

Marginal deviations

№	Name	Dimensions	Marginal deviations
1	length, mm	from 1200 to 3600	±3 mm
2	width, mm	from 1200 to 1500	±3 mm
3	Thickness, mm	4 More than 6	±0,6 mm ±10% from thickness
4	Deviation from flatness	no more than	2 mm/m
5	Deviation from straightness	no more than	2 mm/m
6	Deviation from rectangularity	no more than	2 mm/m

The positive qualities of fiber cement are distinguished by the absence of additions or reinforcing grids in the design of the plates providing high adhesion of the particles during the autoclaving process, it is not affected by fungi or mold damage. It is important to emphasize such advantages as ease of use, installation during construction.

References

1. Optimization Methods for Material Design of Cement-based Composites./Ed. A.M.Brandt – E&FN Spon, 1998. – 328 p.
2. Lea's Chemistry of cement and concrete, eq. by Peter C.Hewlett, 1998. – 1008 p.
3. Taylor H.F. W Cement Chemistry. –London:Academic Press, 1990.- 360 p.
4. Neville A.M. Wlasciwosci betonu, wudanie 4, Krakow, 2000.-874 p.
5. Locher F. Cement Principle of production and use.- Verlad Ban; Technic, CmBH, 2003.-540 p.
6. Oldler I. Special inorganic cements.- Spon Press, 2000.-395p.
7. Edward G., Nawy P. Fundamentals of High-Performance Concrete: -Willy, 2001.

АНАЛІЗ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК: ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМИРЮВАЛЬНА МОДЕЛЬ

Руда М.В., Бойко Т.Г.

Національний університет «Львівська політехніка»
marichkarmv@gmail.com

Планета Земля є замкненою системою матеріальних потоків (на протипагу енергетичним потокам). Переходячи з одного продукту в інший та змінюючи форми свого стану, матерія циклічно циркулює в економічній системі. Саме тому загальна маса матерії не змінюється, незалежно від того що людство виготовляє на Землі, або яку послугу надає.

У сучасному соціально-економічному середовищі матеріальні потоки і процеси відбуваються за лінійною схемою. Але на нескінченному відрізку часу матеріали, що пройшли через техносферу, заново повертаються у навколишнє середовище як сировина. Концепція життєвого циклу розглядає продукти/послуги з початку їх фізичного виникнення і до моменту припинення їх функціонування. До життєвого циклу входять такі компоненти як видобуток сировини, виробництво енергії, транспортування, операції первинної обробки, безпосереднє виробництво продукту, упакування, розподіл, утилізація.

Слід відзначити, що життєвий цикл одного продукту/послуги ускладнюється тим, що багато його/її компонентів пов'язанні з системами інших продуктів/послуг. Отже, з метою вибору найбільш екологічно прийнятнотго способу створення продукту чи надання послуги потрібно брати до уваги низку соціально-економічних факторів, яка враховує весь життєвий цикл «від колиски до могили». Це означає, що в процесі планування і проектування повинен бути застосований системний підхід. Вихідні потоки енергії можуть бути як відходами досліджуваної системи, так і слугувати ресурсами (вхідними потоками) в іншу систему. На всіх стадіях життєвого циклу продукту/послуги має місце певне забруднення довкілля, використовуються енергія та матеріали.

Метою роботи є аналіз оцінювання впливу вітроенергетичних установок (ВЕУ) на всіх етапах життєвого циклу в компартментах складного ландшафтнотго комплексу (СЛК).

Об'єктом дослідження стали вітроенергетичні і установки (ВЕУ) вітроенергетичної станції (ВЕС) ТОВ «АТЛАС ВОЛОВЕЦЬ ЕНЕРДЖИ», що входить до вітрового парку. Площадка Воловецької ВЕС розташована на північному заході Закарпатської області в межах Боржавських Полонин Східних флішових Карпат.

На сьогодні, метод оцінювання життєвого циклу (*Life-Cycle assessment, LCA*), що ґрунтується на серії *ISO*-стандартів [1], є одним з провідних методів оцінки потенційних впливів ВЕС на навколишнє середовище. Такий підхід був використаний у дослідженнях європейських вчених *B. Cleary* і ін. [2], *E. Martinez* і ін. [3], *Ch Ghenai* [4], *T. Toth* і ін. [5], а також одним з найбільших виробників вітряних турбін – датською компанією *Vestas* [6].

Для оцінювання впливу ВЕУ на всіх етапах життєвого циклу в компартментах СЛК використовували програмне забезпечення SimaPro, яке є професійним інструментом для збору, аналізу та моніторингу екологічних характеристик продуктів і послуг. За його допомогою можна легко моделювати й аналізувати складні життєві цикли систематизованим та зрозумілим способом.

Для аналізу впливу на довкілля ВЕУ у компартментах СЛК протягом його «життєвого циклу» були згруповані необхідні дані, а саме: виробництво. Включає в себе виробництво сировини (бетон, алюміній, сталь, скловолокно і т.д.) для виготовлення складових частин турбіни; транспортування. Охоплює перевезення сировини для виробництва різних компонентів вітряної турбіни, доставку складових частин на місце установки під час монтажу та необхідне переміщення транспорту під час обладнання вітропарку; установка і монтаж. Включає в себе роботи із зведення та встановлення вітрових турбін; експлуатація та технічне обслуговування. Найтриваліший етап, що охоплює період роботи вітряної турбіни, заміни мастил та використання транспорту для технічного обслуговування; демонтаж. Передбачає остаточне закриття вітрового парку після закінчення терміну його експлуатації і подальшу утилізацію утворених відходів.

Дослідження процесів зародження, функціонування та занепаду ландшафтно-інженерних та ландшафтно-техногенних систем і їх впливу на довкілля, дозволить прослідкувати розвиток усіх притаманних цим системам процесів та виявити можливі наслідки. Оскільки деградація або навіть незначне порушення одного з природних компонентів ландшафту може призвести до значних змін у всьому ландшафтному комплексі, аж до його повного знищення, було вивчено можливі впливи об'єктів вітроенергетики та компоненти ландшафту на різних етапах життєвого циклу, узагальнення яких дозволило розробити попереджувальні та пом'якшувальні заходи щодо уникнення екологічних наслідків у майбутньому.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура.
2. Cleary B. Using life cycle assessment to compare wind energy infrastructure / B. Cleary, A. Duffy, A. O'Connor // Proceedings of International Symposium on Life Cycle Assessment and Construction. – 2012. – P. 31-39.
3. Life cycle assessment of a multi-megawatt wind turbine / E. Martinez, F. Sanz, S. Pellegrini [et. Al] // Renewable Energy. - № 34(3)ю – 2009. – P. 667-673.
4. Chenai Ch. Life cycle analysis of wind turbine // Sustainable Development – Energy, Engineering and Technologies – Manufacturing and Environment. – 2012.
5. Toth T. Anthropogeomorphologic impacts of onshore and offshore wind farms / T. Toth, S. Szegedi // Acta climatologica et chorologica. – 2007. - № 40-41. – P. 147-154.
6. Final Report. Life Cycle Assessment Of Electricity Production from a Vestas V112 Turbine Wind Plant. – 2011. <http://www.vestas.com>.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ ISO/IEC 17025-2019

Савкова Е.Н.

*Белорусский национальный технический университет
evgeniya-savkova@yandex.ru*

ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 (п. 7.8.6.1) [1] устанавливает требование к лабораториям в части учета интервала неопределенности для подтверждения качества результатов измерений в испытаниях и калибровках: «если по результатам испытания или калибровки делается заключение о соответствии спецификации или стандарту, лаборатория должна документировать правило принятия решения, принимая во внимание уровень риска (например, ложноположительное или ложноотрицательное решение или статистические гипотезы), связанный с применяемым правилом принятия решения, и применить данное правило». В то же время документ ISO/IEC Guide 98-4:2012 [2] выделяет четыре основных подхода к управлению рисками в измерениях, основанных на установлении зон соответствия и несоответствия: «правило двойного риска», «защищенная приемка/браковка» и «точностный метод». В работе приведены рекомендации по формализации правил принятия решений для трех подходов, показанные в таблице 1.

Таблица 1

Измерительная ситуация	Информативные параметры	Формализация
Правило двойного риска		
1 Односторонний допуск с нижней границей	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$ Зона соответствия: $[T_L; \infty[$ Зона несоответствия: $[0; T_L[$ или $]- \infty; T_L[$	Критерий соответствия: $(Y-U) \geq T_L$ Критерий несоответствия: $(Y+U) < T_L$ Неокончательный результат $(Y - U) \leq T_L \leq (Y+U)$
2 Односторонний допуск с верхней границей	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$ Зона соответствия: $]- \infty; T_U]$ или $[0; T_U]$. Зона несоответствия: $]T_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y+U) \leq T_U$, Критерий несоответствия: $(Y-U) > T_U$ Неокончательный результат $(Y - U) \leq T_U \leq (Y+U)$
3 Двусторонний допуск	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$ 2 Зона соответствия: $[T_L; T_U]$. 3 Зона несоответствия: $]- \infty; T_U[$ и $]T_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y-U) \geq T_L$ и $(Y+U) \leq T_U$ Критерий несоответствия: $(Y-U) < T_L$ или $(Y+U) > T_U$ Неокончательный результат $(Y - U) \leq T_L \leq (Y+U)$ $(Y + U) \leq T_U \leq (Y-U)$
Правило защищенной приемки		
1 Односторонний допуск с нижней	Измеренное значение величины: интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$	Критерий соответствия: Если $(Y-U) \geq A_L$

границей	Зона соответствия: $[A_L; \infty[$ Зона несоответствия: $] - \infty; T_L]$ или $[0; T_L]$ $A_L = T_L + w = T_L + ru$	Критерий несоответствия: Если $(Y+U) \leq T_L$ Неокончательный результат $T_L \leq Y-U \leq A_L$
2 Односторонний допуск с верхней границей	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$ Зона соответствия: $] - \infty; A_U]$ или $[0; A_U]$ Зона несоответствия: $[T_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y+U) \leq A_U$ Критерий несоответствия: $(Y \pm U) \geq T_U$ Неокончательный результат $A_U \leq Y+U \leq T_U$
3 Двусторонний допуск	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = Y \pm U$ 2 Зона соответствия: $[A_L; A_U]$. 3 Зона несоответствия: $] - \infty; T_L]$ и $[T_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y-U) \geq A_L$ и $(Y+U) \leq A_U$ Критерий несоответствия: $(Y+U) \leq T_L$ и $(Y-U) \geq T_U$ Неокончательный результат $T_L \leq Y-U \leq A_L$ $A_U \leq Y+U \leq T_U$
Правило защищенной браквки		
1 Односторонний допуск с нижней границей	Измеренное значение величины: интервал охвата: $\mathbb{X} = (Y \pm U)$ 2 Зона соответствия: $[T_L; \infty[$ 3 Зона несоответствия: $[0; A_L]$ или $] - \infty; A_L]$	Критерий соответствия: $(Y-U) \geq T_L$ Критерий несоответствия: $(Y+U) \leq A_L$ Неокончательный результат $A_L \leq Y+U \leq T_L$
2 Односторонний допуск с верхней границей	Измеренное значение величины – интервал охвата: $\mathbb{X} = (Y \pm U)$ Зона соответствия: $] - \infty; T_L]$ или $[0; T_L]$ Зона несоответствия: $[A_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y+U) \leq T_U$ Критерий несоответствия: $(Y-U) \geq A_U$ Неокончательный результат $T_U \leq Y-U \leq A_U$
3 Двусторонний допуск	Измеренное значение величины: интервал охвата: $\mathbb{X} = (Y \pm U)$ Зона соответствия: $[A_L; A_U]$ Зоны несоответствия: $] - \infty; A_L]$ или $[0; T_L]$ и $[T_U; \infty[$	Критерий соответствия: $(Y-U) \geq T_L$ и $(Y-U) \leq T_U$ Критерий несоответствия: $(Y+U) \leq A_L$ и $(Y-U) \geq A_U$ Неокончательный результат $A_L \leq Y+U \leq T_L$ $T_U \leq Y-U \leq A_U$

В таблице использованы следующие обозначения: \mathbb{X} - множество значений, приписываемых величине; Y – точечная оценка измеренной величины; U – расширенная неопределенность; T_L и T_U – нижняя и верхняя границы интервала допуска; A_U и A_L – приемочные границы.

Список литературы

- 1 ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Межгосударственный стандарт. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
- 2 ISO/IEC GUIDE 98-4:2012(E) Uncertainty of measurement - Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment.

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ПРОКАЛЫВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ В МАЛОГАБАРИТНЫХ МЕХАНИЗМАХ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПРОКОЛА ГРУНТА

Сахацкий В.Д., Чепусенко Е.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

mbgd@ukr.net

Для работы в стесненных городских условиях разрабатываются малогабаритные механизмы прокола грунта, для которых необходим непрерывный контроль за движением прокалывающей головки и своевременная корректировка ее траектории [1,2].

Наибольшее распространение при определении подземных координат движущихся металлических объектов получили электромагнитные методы. Принцип действия таких методов состоит в использовании прокалывающего органа, как источника электромагнитного поля и определении его координат с помощью приемника, расположенного на поверхности земли. Повышение точности и помехозащищенности измерительных систем достигается путем смещения их рабочих частот от низкочастотного к высокочастотному диапазону [3].

Существующие системы измерения координат прокалывающего органа имеют сложную конструкцию, требуют дополнительных расчетов для определения положения прокалывающего органа. Стоимость импортных систем оценивается десятками тысяч долларов. Линией передачи измерительного сигнала служит поверхностный слой грунта. Поэтому при расположении на земной поверхности по направлению трассы прокола каких-либо строений затрудняется непрерывный прием информационного сигнала о текущей траектории движения прокалывающего органа и, как следствие, возникает прокол грунта по неизвестному направлению.

В настоящей работе рассмотрен способ создания более дешевой измерительной системы с непрерывным отслеживанием пространственного положения прокалывающей головки, в которой используются полые металлические штанги малогабаритного прокалывающего механизма в качестве помехозащищенной линии передачи измерительного сигнала.

Измерительная система состоит из передатчика и приемника. В качестве передатчика может выступать миникомпьютер Raspberry Pi 3 Model B+ с подключенным к нему датчиком пространственного положения BMX055. Встроенный в Raspberry Wi-Fi модуль Cypress CYW43455 оснащен приемопередатчиком для частоты 5 ГГц. Приемник реализован в виде миникомпьютера Raspberry Pi 3 Model B+ с подключенным к нему дисплеем для вывода информации. Принцип измерения пространственного положения головки с учетом специфики применяемых для частоты 5 ГГц Wi-Fi модулей будет таким же, что и указанный в работе [4].

Горизонтальное продвижение прокалывающей головки осуществляется с помощью металлических штанг, которые по мере ее движения последовательно

подсоединяются друг к другу. В реальных механизмах прокола по стальным штангам, на частоте 5 ГГц может распространяться основной H_{11} тип колебаний, что обеспечивает высокую помехозащищенность линии передачи и непрерывный прием измерительного сигнала не зависимо от наличия поверхностных строений. Степень затухания измерительного сигнала будет зависеть только от электрофизических характеристик штанг и длины прокладываемой трассы.

Дана оценка длины трассы, которую можно проложить с помощью предложенной измерительной системы. Линия передачи измерительного канала представлялась в виде n последовательно соединенных отдельных секций длиной L_c . Каждая секция состояла из однородных отрезков линии (штанг) длиной l и неоднородности длиной Δl , которая возникает в месте стыка двух волноводов. Каскадное соединение секций заканчивается отрезком круглого волновода длиной l , с выхода которого измерительный сигнал, прошедший по линии передачи от передающего устройства G , поступает на вход приемника P .

При математическом анализе линия передачи представлялась в виде каскадного соединения четырехполюсников и для определения степени затухания информационного сигнала использовался матричный метод. Используя более точный метод определения волновых сопротивлений волноводных линий [5], найден коэффициент передачи измерительного сигнала в зависимости от электрофизических характеристик стальных штанг и неоднородности линии, вызванной стыковкой соединяемых штанг. Показано, что выходная мощность предложенного передающего устройства и чувствительность приемного устройства позволяют определять параметры траектории движения прокалывающей головки для трассы длиной 50 м, что соответствует требованиям, предъявляемым к малогабаритным механизмам прокола грунта.

Список литературы

1. Супонев В.М. Створення обладнання для розробки горизонтальних свердловин комбінованими способами статичної дії: монографія /В.М. Супонев.- Харків: ХНАДУ, 2018. - 196 с.
2. Супонев В.Н. Точность и управление траекторией прокола грунта /В.Н. Супонев, В.А. Пенчук, В.Н. Гусаков и др. // Нові технології в будівництві. - 2015. -№ 29. - С. 18–22..
3. Патент RU 2338876 С1 МПК E21B 47/024, G01V 3/08 Способ определения угла отклонения пневмопробойника от заданной траектории./ Е.В. Плешакова: заявитель и патентообладатель Институт горного дела Сибирского отделения РАН; опубл.20.11.2008. Бюл. № 32.
4. Сахацкий В.Д. Використання Wi-Fi технологій для розробки вимірювальної системи визначення координат просторового положення прокалюючої головки при безтраншейної прокладки комунікацій / В.Д. Сахацкий, Є. О. Чепусенко // Технологія приборостроєння .- 2018.- № 2.- с. 37- 41.
5. Пчельников Ю.Н. Определение эквивалентных параметров волноводов круглого и прямоугольного сечения / Ю.Н. Пчельников // Радиотехника и электроника.- 2010.-т.55.-№1.- с.113-119.

СПЕЦИФИКА МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО СИНТЕЗА ЗНАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕТРОЛОГИИ

Сахнюк И.А.

*Технический центр НАН Украины
gvsm@nasu.kiev.ua*

Специфика междисциплинарной природы системных исследований определяется характером изучаемых объектов. Эти объекты могут иметь такую степень сложности, что для их описания необходимо привлекать понятия нескольких традиционных научных дисциплин, что требует согласования различных профессиональных языков. Кроме того, традиционные научные дисциплины обычно изучают различные аспекты поведения интересующей нас системы в особых «лабораторных» условиях, специально исключая перекрестные связи с явлениями. В системных же объектах такая изоляция принципиально невозможна. Другими словами, наблюдается известный системный эффект, когда совокупность фактов, объединенная в систему, приводит к появлению нового качества, не вытекающего из простого сложения исходных фактов.

Важной стороной процесса междисциплинарного синтеза знаний является необходимость согласования тех узко дисциплинарных парадигм, которые лежат, чаще всего неявно, в основе теории отдельных явлений, знание которых необходимо для понимания поведения системы. Эффективность системных идей и методов наглядно продемонстрирована при решении задач конструирования сложных технических систем, разработки методов оптимизации управления, исследования ряда специфических системных проблем, возникающих при измерении значения физической величины, при обработке и представлении результата измерения. В методологии современного научного познания большой удельный вес имеет общенаучный метод системного моделирования. Моделирование – это важный метод прикладного системного анализа. В то же время физические модели нельзя абсолютизировать. Для системного моделирования самих систем характерен учет субъективных аспектов сложности, связанных с фиксированием в модели стремлений и особенностей деятельности.

С системными исследованиями неразрывно связано развитие техники информации. При этом следует принимать во внимание, что обработка информации не заменяет проблемы принятия решений. Полнота информации требует различения существенной и несущественной информации. Благодаря развитию средств измерительной и вычислительной техники становится практически осуществимой задача учета всех основных факторов исследуемой проблемы в их динамике при условии построения адекватных моделей и программ. Средства вычислительной техники на базе микропроцессорных устройств позволяют осуществить модельный синтез знаний, интегрировать разнокачественную модельную информацию в банке данных, в то время как на уровне научной теории знание остается дисциплинарно дифференцированным.

Трансформация взаимодействия наук и самой науки метрологии как системы выражается еще в одном существенном аспекте – в изменении

количества и качества операции измерений физических величин. Процедура измерения всегда составляет существенный познавательный элемент естествознания. Математика связана непосредственно с обработкой абстрактных чисел и математических величин. Физические величины характеристик свойств и явлений связаны между собой уравнениями величин. То есть, вся экспериментальная наука начинается с измерений и ими заканчивается. Возможности теории и эксперимента неразрывно связаны с точностью измерения, которая, в свою очередь, зависит от точности средств измерительной техники (СИТ), метода измерения и числа измеряемых физических величин. Переход от разработки отдельных технических средств до конструирования технических систем, необходимость выработки оптимальных форм организации научной деятельности, решение проблемы охраны природной среды – все это делает применение системного подхода необходимым. Наряду с комплексностью, непрерывностью, варианностью, адекватностью, оптимальностью одним из основных принципов научно-технического прогнозирования остается и системность. Принцип системности требует согласованности и соподчиненности прогнозов развития объектов прогнозирования и прогностического фона.

Рассмотрим системный подход для решения научной задачи – прогнозирование метрологической надежности СИТ [1]. Целью является получения прогнозной информации о способности сохранять метрологическую исправность СИТ, т. е. сохранять соответствие нормируемых метрологических характеристик СИТ установленным нормам на разных промежутках времени его эксплуатации. Решение этой задачи только в дисциплинарных границах метрологии как науки об измерениях недостаточно. Жесткие экономические конкурентные отношения требуют существенного повышения качества прогнозирования эффективности принятия тех или других технических решений при разработке СИТ.

Получение достоверного результата измерения значения физической величины во времени при использовании сложноорганизованных технических систем предъявляет новые требования к методам общей теории измерений. Один из подходов к решению обозначенной выше задачи заключается в применении теории и метода избыточных измерений физических величин [2]. Эта теория изложена с позиции методологии системного подхода, т.е. как система научных взглядов и подходов к изучению естественных и искусственных физических систем. В ее основу положен принцип целостности исследуемой (статической и динамической) и нормировано изменяемой совокупности элементов и структур системы, принцип неразрывности, единства и вариабельности межэлементных связей и отношений, а также вариабельности связей и отношений с окружающей средой.

Список литературы

1. Кондратов, В.Т. Особенности и состояние проблемы метрологической надежности средств измерений / В.Т.Кондратов, И.А.Сахнюк // Український метрологічний журнал . – 2007 . – №2 . – с. 10-15.
2. Кондратов, В.Т. Теория и методы избыточных измерений / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012. – №1. – с.14-22. – ISSN: 2219-9365.

КРИТЕРІЇ ПРЕМІЇ ДЕМІНГА, ЯК СПОСІБ САМООЦІНЮВАННЯ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙ

Семеніхін В.С.

*Національний науковий центр «Інститут метрології»
kh1856ua@gmail.com*

Виробники-лідери створюють і вдосконалюють свої власні системи управління якістю продукції та послуг спираючись саме на критерії національних та міжнародних премій з якості, найвідомішими з яких є японська премія Е.Демінга (Deming Prize), американська премія М.Болдріджа (Malkolm Baldrige National Analitu Award) та Європейська премія якості (European Quality Award, EQA) [1].

Премія Е.Демінга запроваджена у 1951 році в Японії Об'єднанням японських вчених і інженерів (JUSE) – перша і найпрестижніша нагорода за якість у світі, яка спрямована на стратегічний контроль якості. Положення про Премію Демінга, взагалі стало основою для формування моделі загального (тотального) управління якістю (TQM).

Оцінка на відповідність умовам премії Демінга серед організацій здійснюється по ряду критеріїв, які діляться на три види – «базові категорії», «специфічні дії» і «роль вищого керівництва».

До критеріїв базових категорій премії Демінга відносять: управління політикою організації і її розгортання; розробка нових продуктів та/або інноваційних процесів; збереження відповідності та поліпшення; системи управління; аналіз інформації та застосування інформаційних технологій; розвиток людських ресурсів. Кожен з критеріїв «базової категорії» оцінюється за чотирма аспектами – ефективність, логічність, безперервність, завершеність.

До критеріїв специфічних дій премії Демінга відносяться такі критерії як: бачення вищого керівництва, бізнес стратегії і лідерство; цінність для споживача; досягнення організації в області поліпшень; створення стійкого управління. Критерії, пов'язані зі специфічними діями оцінюються за трьома аспектам – ефективність, повторюваність, інноваційність.

Останній, окремо існуючий критерій, це – роль вищого керівництва [2].

Критерії сформульовані таким чином, що вони не дають інструкцій щодо їх виконання. В результаті кожна організація може розробити свій підхід до виконання критеріїв премії, що в свою чергу сприятиме розвитку систем загального менеджменту якості та підвищенню якості продукції і послуг.

Список літератури

1. Джордж С., Ваймерскірх А. Всеобщее управление качеством. TQM. Стратегии и технологии, применяемые сегодня в самых успешных компаниях: пер. с англ. СПб: Виктория плюс, 2002. 253 с.

2.[Електронний ресурс] / Офіційний сайт Об'єднання японських вчених і інженерів. – Режим доступу: http://www.juse.or.jp/deming_en/award/.

ОСНОВНІ ЕТАПИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ШКАЛ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ І ДІАГНОСТИЦІ

Семенюк Р.С., Яремчук Н.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», SemenjukRoman@i.ua

В інтелектуальних вимірювальних системах результати вимірювань використовуються при нечітких виведеннях і нечітких обчисленнях. Тому в таких системах має місце поліморфізм, тобто відображення вимірюваних властивостей декількома шкалами, а саме метричною шкалою і шкалою з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ). Якщо звернутись до визначення шкали, що наведено в [1], то можна визначити лінгвістичну шкалу з нечіткою ЛЗ як впорядкований ряд імен термів (нечітких підмножин), носії яких відповідають певним частинам діапазону вимірюваної величини.

Вимірювання і діагностування відносять до процедур експериментальної інформатики. Загальною рисою цих процедур є відображення певних властивостей об'єкта на основі експериментальних даних [2]. Зіставлення процедур вимірювання і діагностування свідчить про наявність загальних етапів при виконанні цих процедур. При діагностуванні стану об'єкта на основі результатів вимірювання діагностичних ознак теж може використовуватись шкала з нечіткою ЛЗ, певні рівні або градації якої відображають характеристики стану об'єкта діагностування. Таким чином, при побудові шкали з нечіткою ЛЗ при вимірюваннях і діагностуванні використовується операція фазифікації або семантичне правило, що дозволяє приписати відповідні нечіткі множини градаціям шкали, що стають елементами терм-множини ЛЗ. При побудові шкали повинна враховуватись загальна невизначеність вимірювання.

На основі досліджень, проведених авторами роботи, можна запропонувати наступну послідовність етапів встановлення або відтворення лінгвістичної шкали при вимірюваннях і діагностуванні: визначення кількості термів множини і їх границь; аналіз нечіткості семантичного правила і складових невизначеності вимірювання; врахування впливу невизначеності вимірювання на індекс нечіткості нечітких підмножин, що є елементами терм-множини ЛЗ; апробація (при наявності еталонних елементів) або моделювання нечіткого виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали.

Лінгвістичні шкали складаються з якісних оцінок фізичної величини, стану об'єктів та систем. Формалізація якісних оцінок ускладнена по-перше лінгвістичною невизначеністю понять (наприклад, «малий», «невеликий»), а по-друге суб'єктивністю сприйняття цих понять різними експертами. При створенні математичного апарату, що може забезпечити адекватний опис і формалізацію невизначеності такого роду якраз і використовуються нечіткі ЛЗ, індекс нечіткості функцій приналежності яких залежить від нечіткості семантичного правила [4].

Якщо при встановленні границь термів використовуються певні узгоджені норми, то границі є чіткими, а подальше урахування нечіткості пов'язане зі складовими невизначеності, що можуть впливати на зміну границь. І першою складовою такої невизначеності є невизначеність від неповної ідентифікації об'єкта при встановленні шкали. Тобто є можливість уточнення шкали за повною ідентифікацією об'єкта, але цією можливістю користуються не завжди, тому що не хочуть збільшувати кількість правил бази знань.

Якщо звернутись до [1], то невизначеність від неповної ідентифікації об'єкта відповідає дефініціальної невизначеності вимірювання, що виникає внаслідок обмеженої кількості деталей у визначенні вимірювальної величини.

Після цього проводиться аналіз складових невизначеності, що супроводжують отримання результату вимірювання за метричною шкалою. Загальний перелік складових невизначеності, що впливають на індекс нечіткості терм-множини ЛЗ наступний: невизначеність від нечіткості семантичного правила; дефініціальна складова невизначеності; невизначеність від нестабільності латентного параметру; інструментальна складова невизначеності.

При визначенні типу функцій приналежності окремих термів ЛЗ виходять з рекомендацій по їх практичному застосуванню [3].

Найбільш розповсюдженою формою є трапецієподібна або трикутна. В роботі [5] проведено аналіз впливу невизначеності вимірювання на форму трапецієподібної і трикутної функції приналежності і показано, що нахил бічних сторін визначається за сумарною невизначеністю вимірювання.

Останнім етапом є апробація нечіткого виведення або перевірка отриманого діагнозу за встановленою шкалою. Апробація може бути проведена за наявністю еталонних зразків, що відповідають певним градаціям лінгвістичної шкали. Якщо такої можливості немає можна скористатись моделюванням. При наявності недоліків встановлена шкала підлягає корегуванню і удосконаленню.

Список літератури

1. ICGM 200:2008. International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM). ICGM 2008.
2. Вступ до методології науки про вимірювання. Орнатський П.П. Навчальний посібник К.: ІСЛО. – 180 с.
3. Нечеткое моделирование и управление /А. Пегат; пер. с англ. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 – 798 с.
4. К. Танаки. Итоги рассмотрения факторов неопределенности и неясности в инженерном искусстве. В книге «Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения» : Пер. с англ. М. : Радио и связь 1986. – 408 с.
5. Р.С. Семенюк, Н.А. Яремчук Н.А. Побудова функції приналежності лінгвістичної змінної з урахуванням невизначеності вимірювання – XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних пішень у приладобудуванні», 2018 р.

НОРМАТИВНЕ ЗЕБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Сергієнко М.П., Фоменко В.В., Штефан Н.В.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
natalya.shtefan@gmail.com*

Оцінювання якості програмного забезпечення – найважливіший метод забезпечення їх якості. Стандартизація в цій галузі визначає вимоги та показники якості та їх оцінку за підтримки вимірювання якості.

Першим стандартом щодо якості програмного забезпечення був ISO/IEC 9126:1991 Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use, який був трансформований в серію стандартів ISO/IEC 9126-n Software engineering. Product quality та ISO/IEC 14598-n Information Technology. Software Product Evaluation.

Але ця серія стандартів не підтримувала можливості чіткого визначення кількісних вимог до якості програмного забезпечення, що не дозволяло створювати продукти, які відповідають реальним потребам клієнтів, оскільки кількісні вимоги до якості програмного забезпечення можуть бути як метою, так й критеріями оцінки системи та програмного забезпечення [1]. Для подолання цього недоліку, попередні серії стандартів ISO/IEC 9126 та ISO/IEC 14598 були переглянуті в серію стандартів ISO/IEC 25000 [2], що називаються Software Product Quality Requirements and Evaluation або SQuaRE. В докладі розглядається, як використовувати стандарти SQuaRE для оцінки якості програмного забезпечення.

ISO/IEC 25030 забезпечує специфікацію кількісних вимог якості програмного забезпечення на основі визначених вимог замовників. Вимоги до якості можуть бути визначені в процесі, що визначений цим стандартом для кожної характеристики якості та підхарактеристик, що регламентуються стандартами ISO/IEC 25010, ISO/IEC 25012 и ISO/IEC 25020, за допомогою стандарту ISO/IEC2502n. Стандарти ISO/IEC2502n забезпечують вимірювання якості програмного забезпечення.

Оцінка якості програмного продукту може бути виконана з використанням ISO/IEC25040 и ISO/IEC 25041. ISO/IEC 25040 забезпечує стандартизований загальний процес оцінки для кожної зацікавленої сторони. ISO/IEC 25041 надає керівництво з оцінки якості для розробників та незалежних оцінщиків з точки зору ролі та відповідальності кожного з них.

Список літератури

1. Kazuhiro Esaki. Introduction of Quality Requirement and Evaluation Based on ISO/IEC SQuaRE Series of Standard. – Global Perspectives on Engineering Management. May 2013, Vol. 2 Iss. 2, pp. 52-59.
2. ISO/IEC25000: Software engineering-Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SQuaRE, ISO, 2005.

НОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПОБУТОВИХ SMART-ЛІЧИЛЬНИКАХ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Середюк О.Є.¹, Малісевич Н.М.¹, Ткачук В. В.¹, Середюк Д.О.²

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

²ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»

mivt@nung.edu.ua

Одним із напрямків покращення обліку природного газу побутовими лічильниками є застосування в них елементів SMART-технологій. Серед перших європейських виробників таких лічильників є фірма ТМ Pietro Fiorentini, продукція якої вже використовується в низці областей України [1]. Основними їхніми перевагами є багатофакторний інформаційний облік спожитого природного газу (різні часові інтервали обліку, оперативне добове балансування газу, передача інформації про аварійні ситуації, можливість запровадження багатотарифного обліку, електронна температурна корекція), а також дистанційне керування постачанням газу, наявність механізму запобігання несанкціонованим втручанням, оперативне виявлення втрат газу в мережі та ін. Свідченням актуальності впровадження SMART-лічильників є їх розробка в Україні, зокрема, ТОВ «Самгаз» (м. Рівне), які акцент роблять на вдосконаленні інформаційного забезпечення цих лічильників, насамперед про облік спожитого газу і передавання інформації про його споживання [2].

З врахуванням сьогоденних вимог до обліку природного газу, який повинен здійснюватися в одиницях енергії [3], що вже практично запроваджено при роботі з побутовими споживачами, на наш погляд, доцільно застосувати нові вимірювальні технології в побутових лічильниках газу. Вони повинні би діагностувати про якість природного газу, а можливо також вимірювати його калорійність. На даний час авторам з літературних джерел не відомо про можливість застосування таких вимірювальних технологій у побутових лічильниках газу.

Метою роботи є розроблення ПЛГ із запровадженням елементів SMART-технологій, які би могли здійснювати облік природного газу із діагностуванням фактичної калорійності або з вимірюванням її значення.

Розроблений SMART-лічильник передбачає конструктивне вдосконалення ПЛГ шляхом його додаткового обладнання спеціальними вимірювальними термоанемометричними давачами і блоками опрацювання інформації [4].

У лічильнику газу, який містить корпус з вхідним та вихідним отворами, вимірювальний механізм з електронним перетворювачем вимірюваного об'єму газу, патрубок вхідного отвору обладнаний двообмотковим кільцеподібним термочутливим давачем, який розміщений на теплоізольованій підкладці з внутрішньої поверхні патрубку. При цьому одна обмотка давача під'єднана до блоку визначення теплоти згоряння, а друга його обмотка під'єднана до блоку вимірювання температури природного газу. ПЛГ також додатково укомплектований блоком обчислення енергії вимірюваного природного газу,

який під'єднаний до блоку визначення теплоти згоряння газу і вузлів вимірювання температури і тиску газу в лічильнику.

Крім того, в лічильнику газу передбачається можливість його обладнання пристроєм сигналізації перевищення заданого допустимого діапазону зміни теплоти згоряння природного газу стосовно верхнього і нижнього її значень, який зв'язаний з блоками визначення теплоти згоряння, температури і тиску природного газу в лічильнику.

Розміщення у патрубку вхідного отвору двообмоткового термочутливого давача забезпечує можливість функціонування одної її обмотки в режимі термоанемометричного перетворювача, чим досягається визначення теплоти згоряння ПГ за його теплофізичними властивостями з використанням відповідного блоку визначення теплоти згоряння ПГ. При цьому друга обмотка термочутливого давача функціонує в режимі термометра опору, що забезпечує вимірювання відповідним блоком температури обліковуваного ПГ, а також забезпечує можливість коригування визначеної енергії об'єму ПГ з приведенням до стандартних умов вимірюваного об'єму газу, чим досягається отримання нормованих результатів обчислень в одиницях енергії.

Наявність в лічильнику газу блоку обчислення енергії вимірюваного ПГ, який під'єднаний до блоку визначення теплоти згоряння ПГ і електронного перетворювача вимірюваного об'єму газу забезпечує реалізацію функціонування лічильника згідно основного призначення – обчислення енергії, а електронне виконання цих блоків дозволяє підвищити точність вимірювання за рахунок зменшення тривалості вимірювального циклу, а також забезпечує можливість визначення енергії при нестационарних потоках газу.

Обладнання лічильника газу пристроєм сигналізації перевищення заданого допустимого діапазону зміни теплоти згоряння ПГ стосовно верхнього і нижнього її значень, дозволяє реалізувати у лічильнику додаткову функцію діагностування якості ПГ шляхом контролю за неперевищенням допустимих границь зміни теплоти згоряння ПГ, що розширяє функціональні можливості приладу і його область застосування.

Список літератури

1. СМАРТ-лічильники газу – перший крок до енергоефективності // *БТК-центр комплект* : веб-сайт. URL: <https://btk-center.com.ua/news/news%2070> (дата звернення 01.03.2019)

2. Основні переваги впровадження розумних лічильників // *САМГАЗ* : веб-сайт. URL: <https://www.samgas.com.ua/osnovni-perevagy-vprovadzheniya-rozumnyh-lichylnykyv> (дата звернення 06.12.2016)

3. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії (ISO 15112:2007, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 53 с.

4. Середюк О.Є., Малісевич В.В. Теоретичні засади застосування напірного витратоміра для визначення енергетичної цінності природного газу. *Метрологія та прилади*. 2014. № 5. С. 38–47.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ ТВЕРДОСТІ ЗА ШКАЛОЮ РОКВЕЛЛА

Склярів В.В., Довженко Я.С., Паценко О.М.

Національний науковий центр «Інститут метрології»

vladimir.skliarov@gmail.com

При проведенні робіт з подовження терміну експлуатації обладнання, одним з параметрів що перевіряється є твердість матеріалу з якого виготовлено устаткування. Одним з факторів впливу на процес вимірювання твердості є навколишня вібрація у виробничому приміщенні. В роботі розглядається залежність навколишнього вібраційного стану на результати вимірювання твердості за шкалами Роквелла (20-30 HRC, 40-50 HRC та 60-70 HRC). Роботи виконувалися засобами вимірювальної техніки, які було відкалібровані на удосконаленому державному первинному еталоні одиниці твердості за шкалами Роквелла. Вібраційний вплив відтворювався генератором механічних коливань VM-100. Встановлена залежність значень твердості від вібраційних впливів у діапазоні від 1 Гц до 30 Гц з дискретністю 0,03 Гц, при синусоїдальному навантаженні у діапазоні від 1 Н до 100 Н.

Згідно [1], алгоритм вимірювання твердості та передача одиниці твердості, повинні відповідати ISO 6508 - 1: 2005, ISO 6508 - 2: 2005, ISO 6508 - 3: 2005.

Відповідно до класичного формулювання та формули вимірювання твердості за шкалою Роквелла, значення твердості відрізняється на глибину індентування 0,002 мм [1]:

$$HRC = 100 - \frac{\Delta h(mm)}{0,002(mm)} \quad (1)$$

З цього приводу, зміна вібраційних умов виконання вимірювань впливає на результат [2, 3].

Встановлено, що для діапазону твердості 20-30 HRC похибка досягає -5 HRC при 10 Гц і зусиллі 1 Н. Похибка для діапазонів 40-50 HRC та 60-70 HRC при зусиллі 1 Н існує, але складає менше 3 HRC на частоті 10 Гц. Таким чином, вплив вібрації на вимірювання твердості можна спостерігати на частотах нижче 10 Гц. Усі отримані значення мають значення менше ніж за відсутність вібраційного впливу. Для діапазону частот від 10 до 30 Гц та навантаженні 1 Н не спостерігається похибки вимірювання. Збільшення навантаження до 10 Н призводить до руйнації алмазного індентора.

Список літератури

1. Samuel R. Low: “Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials”, NIST Recommended Practice Guide, Special Publication 960-5.
2. Douglas B. McGhee, Common problems in Rockwell hardness testing, Heat Treating Progress 4 (3) (2004) 23.
3. T. Sanponpote, A. Meesaplak, “Vibration Effect on hardness measurement”, Measurement 43 (2010) 631–636

ЗБІЛЬШЕННЯ ПОТОКУ ДЕФЕКТІВ ПАЯННЯ ТИПУ «ПОРА» ВНАСЛІДОК ЗМІНИ СТАНДАРТУ НА СКЛАД ЛАТУНІ

Стежко С. М., Кузьменко Т.М., Лахтадир С.Л., Несін В.В.

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України
witness@ukr.net*

Хімічний елемент Н (гідроген) – є визнаною причиною утворення пор в процесах зварювання та паяння. Потрапляє у шви з вологи, яка перебуває на поверхнях з'єднаних деталей. Волога може бути зв'язаною гідроокисом заліза (іржею $\text{Fe}(\text{OH})_3 \times n\text{H}_2\text{O}$).

До 2004 року в складі латуні ЛС59-1 не передбачалося наявність заліза (Fe). Основним елементом зазначеного сплаву є мідь (Cu). Fe та Cu – елементи споріднені. У вузлах кристалічних ґраток атоми можуть займати відповідні місця споріднених елементів. Взаємне проникнення елементів у сплави відбувається внаслідок переробки лому чорних та кольорових металів. Абсолютного сортування лому досягти неможливо. Непростою є задача очищення сплаву заліза від атомів міді і навпаки. Отже проблема забруднених сплавів була вирішена радикально. В 2005 році з'явився стандарт ДСТУ ГОСТ 15527:2005 [1], який допустив вміст латуні ЛС59-1 до 0,5% Fe, а до того ж іще 0,75% інших домішок.

Внаслідок зміни стандарту, який призвів до значної зміни складу матеріалу з 2005 року відпрацьовані процеси паяння латуні почали супроводжуватися інтенсивним утворенням пор. Прошарки з органолептичними властивостями, притаманними гідроокису заліза спостерігалися у відливках припою, утворених внаслідок термообробки латунних технологічних заготовок із порами в напайці [2]. Латунна стружка почала виявляти феромагнітні властивості [3]. Довелося розробляти нові технологічні методи виготовлення бездефектної продукції.

Список літератури

1. ДСТУ ГОСТ 15527:2005 Сплави мідно-цинкові (латуні), оброблювані тиском. Марки.
2. Каглинський О.Є. Характерні відхилення механічних властивостей, дефекти термообробки та паяння латуні ЛС59-1. [Електронний ресурс] с. 9. / О.Є. Каглинський, С.Л. Лахтадир, В.В. Несін // Досконалість зварювання – комплексний підхід: тези доп. XI Всеукр. наук.-техн. конф. / Україна, Київ, 25-26 травня 2017 р. – К. НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 24с. – Режим доступу: http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/tezy_2017.pdf
3. Стежко С.М. Вдосконалення та перевірка достовірності способу виявлення феромагнітної складової латуні ЛС59-1 [Текст] С. 14. / С.М. Стежко, В.В. Несін // Досконалість зварювання – комплексний підхід: тези доп. Міжнарод. наук.-техн. конф. / Україна, Київ, 23 травня 2019 р. – К., НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 28 с.

КВАЛІМЕТРИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Трищ Р.М.¹, Денисенко А.М.²

¹Українська інженерно-педагогічна академія,

²Орган з сертифікації «Промстандарт»

Trich_@ukr.net

Згідно стандарту [1], ризик - це вплив невизначеності на цілі. Для виробника продукції, як результату виробничої чи господарської діяльності, ризиком будемо вважати виготовлення її неналежної якості. Виробничі процеси і готова продукція характеризуються великою кількістю показників якості, які є чинниками ризику. Для оцінювання ризику виготовлення низькоякісної продукції виробником пропонується визначення імовірності попадання її показника якості в заданий інтервал оцінювання, який кожен виробник задає самостійно, в залежності від вимог споживача.

Так як різні показники якості мають різні шкали та діапазон оцінювання, то необхідно їх привести до єдиної шкали та діапазону, наприклад від нуля до одиниці. Тобто необхідно отримати оцінки показників якості на безрозмірній шкалі. Так як оцінки показників якості, як правило, не лінійно залежні з показниками якості, то для їх отримання використовують нелінійні функції. Отже оцінки показників якості, як випадкові величини будуть функціонально залежні з показниками якості, а так як залежності нелінійні, то їх закономірності розподілу не будуть співпадати.

Розглянемо приклад. Нехай випадкова величина X розсіювання показника якості будь-якого виробу підпорядкована нормальному закону розподілу і пов'язана з випадковою величиною Y залежністю $Y = F(X)$ [2; 3]:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x_i \leq x_{i \min} \\ \left[\frac{x_i - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}} \right]^k & x_{i \min} < x_i < x_{i \max} \\ 1 & x_i \geq x_{i \max} \end{cases}, \quad (1)$$

де x_i – вимірне значення показника якості; $x_{i \min}$ – мінімально-допустиме значення показника якості; $x_{i \max}$ – максимально-допустиме значення показника якості; k – показник ступеня (параметр форми).

Знайдемо щільність ймовірностей випадкової величини Y при умові, що випадкова величина X розсіювання показника якості виробу підпорядкована нормальному закону розподілу з функцією щільності:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}},$$

Після ряду алгебраїчних перетворень отримаємо функцію щільності ймовірності $q(y)$ випадкової величини Y :

$$q(y) = \left| \frac{x_{\max} - x_{\min}}{ky^{1-\frac{1}{k}}} \right| \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{\left[y^{\frac{1}{k}}(x_{\max} - x_{\min}) + x_{\min} - m_x \right]^2}{2\sigma_x^2}}, \quad (2)$$

де m_x – математичне сподівання значень показника якості; σ_x – середнє квадратичне відхилення значень показника якості.

Якщо відома функція щільності ймовірностей для випадкової величини Y , то можна вирішити ряд практичних завдань, зокрема знайти ймовірність того, що значення випадкової величини Y потрапляє в певний інтервал ($c - d$):

$$P(c < y < d) = \int_c^d q(y)dy = F(d) - F(c),$$

де $q(y)$ - функція щільності розподілу випадкової величини Y . Внаслідок розрахунків отримали результати, представлені в таблиці.

Таблиця – Імовірність знаходження значення випадкової величини Y в інтервалі ($c - d$) за умови, що k змінюється від 0,1 до 1 з кроком 0,1.

Інтервал $c - d$											
k	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1	0-1
Імовірність $P(c < y < d)$											
0,1	$1,9 \times 10^{-12}$	$1,9 \times 10^{-9}$	$1,09 \times 10^{-7}$	2×10^{-6}	$1,7 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	6×10^{-4}	$5,5 \times 10^{-3}$	0,165	0,827	1
0,2	$1,9 \times 10^{-7}$	$5,9 \times 10^{-6}$	4×10^{-5}	$1,7 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-3}$	0,015	0,122	0,573	0,285	1
0,3	$8,8 \times 10^{-6}$	$8,4 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-4}$	$1,03 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-3}$	0,017	0,087	0,328	0,46	0,1	1
0,4	$6,2 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	4×10^{-3}	0,015	0,062	0,203	0,388	0,279	0,046	1
0,5	$2,09 \times 10^{-4}$	$9,2 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-3}$	0,012	0,042	0,132	0,284	0,334	0,164	0,025	1
0,6	$5,04 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$7,7 \times 10^{-3}$	0,027	0,085	0,2	0,303	0,255	0,101	0,016	1
0,7	$1,03 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-3}$	0,016	0,053	0,136	0,244	0,28	0,186	0,066	0,011	1
0,8	$1,9 \times 10^{-3}$	$8,3 \times 10^{-3}$	0,03	0,087	0,182	0,26	0,24	0,136	0,045	$8,4 \times 10^{-3}$	1
0,9	$3,2 \times 10^{-3}$	0,015	0,05	0,124	0,215	0,254	0,198	0,1	0,032	$6,6 \times 10^{-3}$	1
1	$5,3 \times 10^{-3}$	0,024	0,075	0,16	0,234	0,234	0,16	0,075	0,024	$5,3 \times 10^{-3}$	1

Отже, знаючи закон розподілу одиничних показників якості виробів і знаючи залежність їх оцінок на безрозмірній шкалі, можна вирішувати практичні завдання з визначення ймовірності попадання оцінок показників якості в заданий інтервал оцінювання, тобто визначення ризик небажаної якості.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
2. Derringer G., Suich R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality technology*. 1980. Vol. 12, No 4. P. 83-89.
3. Катрич О. О., Тріщ А. Р., Денисенко А. М., Діденко Н. В. Кваліметричний інструмент оцінювання якості процесів різної природи. *Машинобудування. Збірник наукових праць*. Харків, 2015. № 16. С. 115-121.

МЕТОД ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ В ЗАДАЧАХ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Туз Ю.М., Шумков Ю.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

tuz@aer.kpi.ua, yu.shumkov@gmail.com

Застосування випробувальних сигналів (ВС) спеціальної форми, які описуються сумами експонент, дозволяє під час перехідного процесу реалізовувати вибіркоче визначення або контролювати за допомогою відносно простих технічних засобів параметри лінійних електричних кіл [1].

Під час дискретного синтезу сигналів для одержання гладких залежностей, наприклад, з кусково-ступінчастого сигналу, що формується ЦАП, застосовується аналогова фільтрація. Якщо умови теореми Котельникова не виконуються (обмежена кількість ділянок апроксимації), то відбувається накладання зсунутих спектрів неперервного сигналу із-за дискретизації. При цьому точне відтворення неперервного сигналу, заданого своїми дискретними відліками, шляхом фільтрування високочастотних складових із-за дискретизації не можливо. При обмеженій кількості ділянок апроксимації фільтрація призводить до деяких кусково-експоненціальних функцій. Задача дискретного синтезу ВС стає апроксимаційною та може бути розв'язана у класі експоненціальних сплайнових моделей [2]. Такі сплайни можуть бути побудовані на основі функцій, які відповідають реальним сигналам у лінійних електричних колах як реакція на деякі стандартні імпульсні сигнали, тобто є зручними для генерації. Отже під методом експоненціальних сплайнів (ЕС) в задачах вимірювань розуміємо, по-перше, апроксимацію досліджуваних процесів сплайнами з метою одержання їх математичної моделі, яка потім використовується під час обробки вимірювальної інформації. По-друге, також розуміємо безпосередньо генерацію ВС спеціальної форми за допомогою фінітних базисних ЕС, де фінітний експоненціальний В-сплайн являє собою реакцію деякого сплайн-апроксимуючого фільтру на миттєвий імпульс. Потім використання цих "апроксимант" для реалізація вимірювального перетворення у електричному колі (деякий багатоелементний R, L, C -двополюсник), імітанс якого досліджується. При цьому властивості апроксимуючих функцій впливають на якість відтворення за допомогою відгуку інформації про параметри кола і, відповідно, на похибку їх визначення.

Список літератури

1. Ю.М. Туз, та В.П. Осадченко, «Некоторые особенности контроля параметров электрических цепей по методу нулей и полюсов», *материалы Респ. науч.-техн. конф. Структурные методы повышения точности, чувствительности и быстродействия измерительных приборов и систем*, Київ, Україна, 1985, С. 127,128.
2. Brian J. McCartin, «Theory of Exponential Splines», *Journal of Approximation Theory*, 1991, Vol. 66, pp. 1-23.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА КОМПРЕССИИ КОМПРЕССИОННОГО ТРИКОТАЖНОГО ИЗДЕЛИЯ

Хакимов О.Ш.¹, Муминов Н.Ш.², Газиев Г.А.¹, Рискалиева Ф.М.³

¹Институт Стандартов агентства «Узстандарт»,

²Ташкентский Архитектурно-строительный институт,

³Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
ortagoli@mail.ru

Определению класса компрессии высокоэластичных лечебных и профилактических чулочно-носочных изделий, и рукавов (далее - изделия) и оцениванию неопределенности результатов этих исследований, на данное время практически отсутствуют работы, посвященные этим вопросам. В связи с этим, нами разработана программа для решения этих вопросов.

Класс компрессии изделия, как известно [1], определяется такими техническими характеристиками, как: растяжимость, рабочая растяжимость, разрывная нагрузка и поверхностная плотность.

Рабочая растяжимость и разрывная нагрузка определяются экспериментально [1, п.6.6]. Растяжимость L_p и поверхностная плотность Π изделия определяются по формулам (1) [1, п.6.5.5.1]

$$L_p = L_{p,\text{mm}} \cdot C; \quad \Pi = C \cdot m / (l \cdot b), \quad (1)$$

где L_p – растяжимость, %; $L_{p,\text{mm}}$ – растяжимость, mm; C – коэффициент пересчета, равный 10^6 ; Π – поверхностная плотность, g/m^2 ; m , l , и b – масса, длина и ширина полоски, соответственно.

Для определения класса компрессии изделия и оценивания неопределенности результатов этих исследований нам разработана программа в среде Excel.

В зависимости от результатов сопоставлений значений величин, полученных экспериментально, с требованиями стандарта [1], в одном из ячеек H32:L32 появиться римская цифра, соответствующая классу компрессии изделия (при положительных результатах сопоставлений), в противном случае в ячейках I33:L33 могут появиться информация о несоответствия изделия требованиям стандарта [1] в виде «<30 %», «<49,0 N», «<120 %», «<40 g/m^2 ».

Экспериментально полученные результаты массы m , длины l , и ширины b полоски, рабочей растяжимости x_1 , разрывной нагрузки x_2 и растяжимости x_3 (далее – входные величины x_j (ВхВ)) испытываемого изделия вводят путём набора их значений в ячейки C4:E8, J4:L8 табл. 1, соответственно.

Программа позволяет автоматизировать процесс оценивания точностных характеристик, в частности, неопределенности результатов измерения m , l , b , L_0 , L , $L_{p,\text{mm}}$ и разрывной нагрузки, поверхностной плотности, и в итоге неопределенности определения класса компрессии испытанного изделия.

Оценивание неопределенности результатов испытаний продукции, особенно медицинского назначения, является требованием. международного стандарта ISO/IEC 17025:2005 [2]

Реализация перечисленных требований стандартов осуществляется на основе использования "Руководства по выражению неопределенности измерений" (GUM: 1993) [3].

Рассматриваемая нами программа определяет стандартные неопределенности результатов измерений m_i , l_i , b_i , рабочей растяжимости x_1 , разрывной нагрузки x_2 и растяжимости x_3 по типам А и В.

Неопределенности типа В оценены с учётом: погрешностей взвешивания ($\pm 0,01$ g), измерений (± 1 %), вычислений ($\pm 0,1$), округления, а также, погрешности цены деления средств измерений и установки расстояния между зажимами [1].

Программа далее вычисляет коэффициенты $\partial f / \partial x_j$, $\partial f / \partial x_L$ чувствительности оценки V_{xV} изменениям оценок V_{xV} x_j и x_L , вклада стандартных неопределенностей V_{xV} в суммарная стандартная неопределенность типа А и типа В, коэффициенты корреляции между V_{xV} и оценивает их значимость, используя критерии Стьюдента.

После определения всех составляющих неопределенности измерения оценивается их суммарная стандартная неопределенность $u(y)$ в соответствии с законом распространения неопределенности [3] и расширенные неопределенности U результатов измерений (ячейки F30 и L30) как

$$U = k \cdot u(y)$$

где k – коэффициент охвата; $u(y)$ – стандартная неопределенность измеряемой величины.

С целью анализа полученных результатов они представлены в виде бюджета неопределенности. Из анализа бюджета неопределенности следует, что суммарная стандартная неопределенность оценивания класса компрессии и поверхностной плотности изделия обусловлена в основном (83 %) стандартной неопределенностью измерения массы исследуемой полоски. Поэтому, для повышения качества определения класса компрессии и уменьшения неопределенности результатов испытаний в первую очередь необходимо повысить точность измерения массы исследуемой полоски.

Список литературы

1. ГОСТ 31509:2012 Изделия медицинские эластичные, фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ISO/IEC 17025:2005 General requirement for the competence of testing and calibrating laboratories.
3. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva: ISO, 1993. 101 p.

РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Хамдамова А. Т., Савостикова О.Г.

Московский политехнический университет, кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация», ogsavostik@mail.ru

Коммерческий успех предприятия зависит от выполнения требований потребителя. Требования потребителя являются отправной точкой для свойств и характеристик продукции (услуги). Постоянный мониторинг удовлетворенности потребителя не возможен без управления качеством. А управление качеством не возможно без важной составляющей производственной деятельности – метрологического обеспечения качества.

Обеспечение качества – одно из основных условий, при выполнении которого поставщик может выйти на рынок с конкурентоспособной продукцией (услугой), а соответственно, и иметь коммерческий успех. Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности [1]. Метрология это не только наука, но и область практической деятельности. Обеспечение возможности проведения измерений различных свойств позволяет определить технические характеристики, которые передаются от производителя к потребителю. Соблюдение правил метрологии в разных сферах коммерческой деятельности дает возможность свести к минимуму потери от недостоверных результатов измерений.

Метрология играет решающую роль на современных производствах, нет ни одной сферы деятельности человека, где не использовались бы измерения. Информация, получаемая при измерении, служит базой для принятия решений о качестве продукции. Точность и достоверность информации определяет правильность принятых решений, а недостоверность – может привести к снижению качества продукции, неправильным решениям.

Основной из задач метрологии является обеспечение единства измерений. Под единством измерений понимаются такие измерения, при которых результаты выражаются в единицах величин, допущенных к применению конкретной стране или другом сообществе, а показатели точности находятся в установленных границах. Нормы по обеспечению единства измерений, как правило, утверждаются на законодательном уровне. В России - это Федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений» [2].

Процесс измерения представляют собой определенную систему, изъятие из которой какого-либо элемента приведет к получению недостоверной информации, а, следовательно, и к экономическим потерям.

Важная роль в достижении определенного качества продукции принадлежит метрологическому обеспечению производства, испытаний и контролю качества. Во многом достоверность результатов испытаний зависит от правильного выбора средства измерения и метода.

Особенно важным при измерениях является правильный выбор средств

измерений с учетом их погрешностей. Рациональный выбор предполагает минимизацию потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерения.

Методика измерений – совокупность операций и правил измерения, выполнение которых обеспечивает получение результатов в соответствии с принятым методом измерений. Аттестация методик проводится в целях установления и поддержания соответствия методов измерения предъявляемым к ней метрологическим требованиям.

Метрологическое обеспечение измерений – это систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние. [3].

Проблема обеспечения качества продукции тесно связана с проблемой качества измерений. Для обеспечения единства измерений на предприятиях организуют работу метрологической службы. Качество – это многоплановое понятие, его обеспечение требует единства практического опыта и творческого подхода. Проблема повышения качества будет решена только при совместных усилиях всех сотрудников и руководителей предприятия.

Оптимальная организация работы метрологической службы позволяет создать условия для выпуска качественной продукции. Для выполнения возложенных на метрологическую службу задач она должна иметь положение, структуру, систему обеспечения качества, персонал, необходимые рабочие эталоны, помещения, условия, обеспечивающие проведение поверки средств измерений.

Метролог – это специалист по измерительным системам, методам и средствам измерения. Банкоматы, электросчетчики, весы, радары, медицинские приборы и т.д. – все это составляет мир, в котором сегодня существует человек. И метролог, эксперт в измерениях и контроле всех этих систем, всегда будет необходим. Более того, во всем мире, и в России в частности, происходит процесс глобальной автоматизации производства. Это говорит о том, что многие высокоранговые специалисты вскоре пойдут под массовые сокращения, а метрологи, наоборот, станут еще более востребованы.

Список литературы

1. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] // DOCS.CNTD.RU: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154>.

2. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] // DOCS.CNTD.RU: URL: <http://docs.cntd.ru/document/902107146>.

3. ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] // DOCS.CNTD.RU: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107589>.

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРОВІ В ПРОЦЕСІ ПЛАЗМОФОРЕЗУ

Чуйко М.М.¹, Витвицька Л.А.¹, Лаврук Х.З.², Витвицький З.Я.²

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

²Івано-Франківський національний медичний університет

l.vytvytska@gmail.com

Кров є універсальною субстанцією, яка визначає стан організму людини. Особливо доцільним є встановлення властивостей крові при дослідженні всього вмісту кров'яного руслу, а не за однією краплею крові, котра взята з пальця руки. А це можливе при проведенні переливання крові – плазмофорезі, коли кров виводиться з організму, окремо відділяється (седиментується) прозора плазма і червоні кров'яні тільця, плазма очищується спеціальними фільтрами і знову вводиться в організм [1]. Розроблено діагностичний метод контролю властивостей крові в процесі плазмофорезу, при якому за допомогою оптико-електронної системи визначається швидкість осідання еритроцитів за часом утворення границі розділу рідкої і твердої фаз крові. При цьому лікувальний процес поєднується з одночасною діагностикою.

На основі проведеного метрологічного аналізу встановлено дві основні складові невизначеності оптичного методу контролю властивостей крові в процесі плазмофорезу, які пов'язані із швидкістю самої седиментації і швидкістю візуалізації утвореної границі розділу твердої і рідкої фаз крові. Ці складові визначені за типом В з врахуванням границь зміни швидкості проведення седиментації і утворення та візуалізації границі розділу фаз. Закон розподілу цих складових невизначеності вважається рівномірний, оскільки з однаковою ймовірністю можуть бути будь-які значення швидкості у визначених границях зміни цих величин.

Швидкість процесу седиментації складає 2 мм/с і може змінюватися в межах 1,8 – 2,2 мм/с [1]. Отже дана абсолютна складова методичної невизначеності буде рівна $u_v = 0,117$ мм/с, а відносна $\delta_v = 5,8\%$. Швидкість візуалізації границі розділу фаз складає 50 пікселів/с і може змінюватися у межах 48 – 52 пікселів/с [2], звідси ця складова буде рівна $u_p = 1,17$ пікселів/с. Відносна невизначеність швидкості візуалізації буде рівна $\delta_p = 2,3\%$.

Сумарна відносна методична невизначеність контролю з врахуванням некорельованості складових рівна $\delta_{\Sigma MET} = 6,2\%$, що підтверджує доцільність використання даного методу.

Список літератури

1. Ковалева О.Н. Система крові: морфологія, фізіологія, патологія, клініка: навч. посібн.- К.: Наук. думка, 2001.- 305 с.
2. Дацок О.М. Комп'ютерний комплекс дослідження відцентрової седиментації // Вісник національного технічного університета "ХПІ".- Харків: НТУ "ХПІ".- 2001.- №4.- С. 47-50.

A WAYS OF ENSURING AN OPTIMAL MEASUREMENTS THE CURRENT NAVIGATION PARAMETERS OF OBJECTS MOTION

Chumak B.O., Barkhudaryan M.V.

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

nickbnv65@ukr.net

At service flying objects by ground-based radio technical complexes (RTC) there are defining issues, associated with need to ensure the specified quality of measurements of current navigation parameters of motion, that depends on accuracy of individual measurements and number of measurements [1].

The possibility of optimizing number of measurements the particular navigation parameters of object motion, which is serviced, is limited for the following reasons:

- the time of observation the object by ground-based radar facilities (i.e., the zone of visibility of these means) is limited;

- the value of the measuring interval of each radio electronic means is a finite quantity, since all means are the astatic systems of supervision.

With this in mind, it is necessary to determine how many measurements of given navigation parameter it is necessary to do on a sufficiently long flight segment, so that its averaged value differs from true value by no more than on a certain allowable value with a probability of not less than 0.95 [2].

The problem of ensuring optimal measurement a current navigation parameters of flying objects motion is solved in the work, based on certain conditions and assumptions, namely:

1) on a small part of observation, the object by ground-based RTC, it is necessary to ensure a certain probability of combat mission, which is associated with the selected evaluation criterion of efficiency the functioning a radio technical equipment and the complex as a whole [3];

2) the average parameter size allows us to definitively determine the location of the object, which is servicing in space;

3) the value of the likelihood comes from the requirements to ground-based RTC, set out in the General technical requirements for specified systems [4].

References

1. Khomiakov E.N. Statistical theory of optimal radio engineering systems. - Ministry Defense of USSR, 1987. – 248 p.

2. Babak, V.P., Babak, S.V. and Yeremenko, V.S. Theoretical Foundations of Information and Measurement Systems. 2017, National Academy of Sciences of Ukraine, University of Advanced Technology, Kyiv, 496 p.

3. Barkhudaryan, M.V., Chumak, B.O. and Liaschenko, R.V. Information-measuring supporting for perspective anti-aircraft missile testing-range. 2017, Scientific Works of Kharkiv National Air Force University, No. 1(50), pp. 112-115.

4. Ministry Defense of USSR. General technical requirements for testing-range measuring complex of missile weapons. 1988, Book No. 17, Moscow, 26 p.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОКАТАЛІТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Шинкарук Х.М., Чеховський С.А.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
kh.shynkaruk@gmail.com*

На сьогодні актуальним для газової галузі України є перехід на облік природного газу за його енергетичною цінністю [1]. Проте, в той же час відсутні прості за конструкцією та не дорогі засоби контролю якісних характеристик природного газу, що серійно випускаються. Тому актуальним є вирішення проблеми оперативного контролю якості природного газу, які забезпечують можливість опосередкованого обліку енергетичної цінності природного газу у відповідності до світових тенденцій обліку енергоресурсів.

Одним з методів, що може бути застосований для контролю якості природного газу є термокаталітичний [2], який полягає в безполуменовому спалюванні метану на поверхні каталізатора і вимірюванні кількості тепла що виділилося при цьому.

Термокаталітичні давачі складаються з двох елементів - робочого (активного) і порівняльного. Елементи мають однакові геометричні розміри і електричні параметри, зазвичай розташовуються в загальній реакційній камері. Таке технічне рішення дозволяє зменшити вплив невимірних компонентів і зміни параметрів середовища, що аналізується.

Підведення реагуючих на поверхні робочого елемента газів і відведення від нього продуктів реакції обумовлюється наявністю градієнта концентрацій газів між поверхнею елемента і обсягом реакційної камери.

Чутливі елементи сучасних давачів мають вигляд мініатюрної кульки з окису алюмінію всередині якого знаходиться спіраль з платинового дроту, яка одночасно виконує функції елемента, що нагрівається і термометра опору. Поверхня каталітично активного елемента покривається платино-паладієвим каталізатором. Робочий і компенсаційний елементи включають, як правило, в одне з плечей мостової вимірювальної схеми.

Термокаталітичні датчики забезпечують досить велику швидкість виконання вимірювання, забезпечують високу точність та мають відносно не високу вартість.

Список літератури

1. Природний газ. Визначення енергії: ДСТУ ISO 15112:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 48 с. – (Національний стандарт).
2. Шинкарук, Х. М.; Чеховський С. А. Застосування термокаталітичного методу для визначення теплотворної здатності природного газу. Системи обробки інформації, 2018, 4: 161-165.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ З КОРЕКЦІЄЮ ПОХИБКИ

Щерба А. А., Маков Д. К.

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
makodk47@gmail.com

Поява несиметричних, імпульсних і стохастичних навантажень, проміжних накопичувальних конденсаторів і напівпровідникових модуляторів в трифазних мережах електропостачання суттєво погіршує статичні та динамічні показники якості електроенергії (ПЯЕ) в цих мережах. Держстандарт 13109-97 нормує такі статичні трифазні ПЯЕ – відхилення напруг по напрузі прямої послідовності (НПП) основної частоти (ОЧ), коефіцієнт несиметрії напруг по зворотній послідовності (НЗП) ОЧ, коефіцієнт несиметрії напруг по нульовій послідовності (ННП) ОЧ та динамічні показники. Серед них коливання напруги як зміна НПП зі швидкістю більше 1% в 1 секунду. Вимірювати ці ПЯЕ можуть тільки сучасні спеціалізовані аналого-цифрові вимірювальні системи.

Розглянемо методи визначення ПЯЕ на прикладі визначення ННП ОЧ. Сучасні вимірювальні системи використовують методи з аналого-цифровим перетворенням миттєвих значень фазних напруг трифазної електромережі і наступною математичною обробкою отриманих кодів. Для цих методів першою операцією є автоматичне підстроювання частоти вимірювання миттєвих значень фазної напруги, яка в $3n$ раз більша (n – ціле число, більше 64) ніж ОЧ електромережі. Після цього треба виконати дві лінійні операції: виділити фазні напруги ОЧ та виділити ННП. Внаслідок лінійності цих операцій їх послідовність виконання може бути довільною, але послідовність операцій, що наведена вище, слід вважати менш вдалою. При попередньому цифровому виділенні ОЧ лінійних і фазних напруг для отримання ННП має місце непряме (опосередковане) вимірювання. При цьому вимоги до точності отримання фазних напруг ОЧ повинні бути досить високими. В той же час в [1,2] і інших роботах пропонується використання саме такої послідовності операцій. Для отримання ННП з необхідною точністю треба використовувати третю операцію для суттєвого послаблення НПП. Ця операція перетворює коди з великими неінформативними складовими НПП, більшими в 25-50 раз за інформативні значення ННП. Таким чином, доводиться використовувати досить складні розрахунки з великою розрядністю, що є недоліком для реалізації високої точності.

Задача отримання ННП ОЧ значно полегшується, якщо спочатку суттєво послабити домінуючу НПП, а потім позбавитись від напруги вищих гармонік.

В [3] пропонується аналого-цифрове перетворення миттєвих значень трифазної напруги в моменти часу t_i з наступним запам'ятовуванням отриманих кодів $u_A(t_i)$, $u_B(t_i)$, $u_C(t_i)$ і складанням їх:

$$u_A(t_i) = U_{m1(1)} \sin \omega t_i + U_{m2(1)} \sin \omega t_i + U_{m0(1)} \sin \omega t_i,$$
$$u_B(t_i) = U_{m1(1)} \sin(\omega t_i - 120^\circ) + U_{m2(1)} \sin(\omega t_i + 120^\circ) + U_{m0(1)} \sin \omega t_i,$$

$$u_C(t_i) = U_{m1(1)} \sin(\omega t_i + 120^\circ) + U_{m2(1)} \sin(\omega t_i - 120^\circ) + U_{m0(1)} \sin \omega t_i,$$

де $U_{m1(1)}, U_{m2(1)}, U_{m0(1)}$ – максимальні значення відповідно НПП ОЧ, напруги зворотної послідовності НЗП ОЧ і ННП ОЧ трифазної напруги $u_A(t_i), u_B(t_i), u_C(t_i)$.

Після складання відповідних миттєвих значень отримаємо:

$$\begin{aligned} u_{A(1)}(t_i) + u_{B(1)}(t_i) + u_{C(1)}(t_i) = & \\ U_{m1(1)} \sin \omega t_i + U_{m1(1)} \sin(\omega t_i - 240^\circ) + U_{m1(1)} \sin(\omega t_i - 120^\circ) + 3U_{m0(1)} \sin \omega t_i + & \\ + U_{m2(1)} \sin \omega t_i + U_{m2(1)} \sin(\omega t_i - 120^\circ) + U_{m2(1)} \sin(\omega t_i - 240^\circ) = 3U_{m0(1)} \sin \omega t_i. & \end{aligned}$$

Тобто, алгебраїчне складання миттєвих значень трифазної напруги значно послаблює домінуючу неінформативну напругу – НПП ОЧ, НЗП, також втричі збільшує миттєві значення шуканої ННП ОЧ трифазної напруги. Далі виділяють напругу основної частоти. Це – ННП ОЧ.

Недоліком цього способу, як і попереднього аналогу, є те, що при реалізації їх перед аналого-цифровим перетворенням (АЦП) необхідно включати три каскадно з'єднані аналогові блоки – для виконання гальванічної розв'язки, масштабного перетворення і фільтрації (виділення) низьких частот для обмеження похибки від дискретизації в часі при наявності напруги вищих гармонічних складових. Причому вимоги до сумарного розкиду параметрів коефіцієнтів передачі цих вхідних блоків і АЦП досить високі – порядку 0,1%, які складно досягти тільки покращенням параметрів кожного аналогового блоку.

Аналогові блоки фазних каналів і фазні АЦП необхідно реалізовувати з ідентичними параметрами. Для корекції похибки від розкиду параметрів аналого-цифрових фазних каналів вимірювачів ННП ОЧ трифазної напруги пропонується одночасно один раз за період напруги ОЧ вхідні (А, В, С) та вихідні (а, в, с) затискачі фазних каналів переключати "по кільцю" з фазним кроком 120° та вимірювати вектори вихідної напруги ОЧ і заносити в регістри РА,РВ,РС. При цьому векторна похибка від розкиду параметрів фазних каналів вимірювача теж обертається з фазним кроком 120° , а вектори ННП ОЧ електромережі не обертаються. Тому наступне складання кодів відповідних миттєвих значень трьох різних тактів дає потроєну ННП ОЧ без похибки від розкиду параметрів фазних каналів.

Список літератури

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Киев. Госстандарт Украины. 1999.
2. Шидловский А.К., Таранов С.Г., Брайко В.В., Гринберг И.П., Карасинский О.Л., Тесик Ю.Ф., Хусид Р.Б. А.с. СССР №1117541, 1984.
3. Щерба А.А., Маков Д.К. Спосіб цифрового виміру напруги нульової послідовності трифазної мережі. Патент України №88863. 2014.

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕТИПОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

Щербань А.П., Єременко В.С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
scherban.n.2802@gmail.com

В роботі йде мова про так звані нетипові вимірювання, тобто коли результати отримуються з розривом у часі, в різних лабораторіях та з використанням різних об'єктів дослідження. В такому випадку точність отриманих результатів необхідно оцінювати з точки зору правильності методу вимірювання та прецизійності отриманих результатів в умовах повторюваності та відтворюваності [1].

Критерій правильності методу вимірювань в умовах повторюваності сформульований на основі критерію оцінки суттєвості дрейфу похибки: дрейф вважають не суттєвим, якщо виконується умова $|\bar{d}| < 0,2 \cdot \sigma$, де \bar{d} - середнє значення попарних різниць між наступним та попереднім значенням вибірки отриманих результатів, σ - середньоквадратичне відхилення у вибірці [2].

Критерієм оцінки прецизійності результатів випробувань в умовах повторюваності є співставлення різниці двох результатів вимірювань a у всіх можливих комбінаціях з межею повторюваності $r = 2,8 \cdot \sigma_r$. Якщо менше 5 % отриманих значень розходжень не задовольнятимуть критерій $a \leq r$, то можна говорити про прецизійність отриманих результатів в умовах повторюваності.

Правильність в умовах відтворюваності оцінюється за критерієм Фішера і метод вимірювання може вважатися правильним в умовах відтворюваності.

В якості міри для оцінки прицезійності результатів експерименту в умовах відтворюваності використовується межа відтворюваності $R = 2,8 \cdot \sigma_R$ – розходження між двома результатами вимірювань [3]. Виконується порівняння кожного значення різності результатів вимірювань і генерального середнього b_{ij} з R , якщо менше 5 % отриманих значень розходжень b_{ij} не задовольнятимуть критерій $b_{ij} \leq R$, то приймається висновок про дотримання умов прецизійності результатів випробування в умовах відтворюваності.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 5725:2005. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ДСТУ ISO 5725-1-2003, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2005. 181 с.
2. Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям. 2007. 392 с.
3. Проверка гипотез о математических ожиданиях и дисперсиях в задачах метрологии и контроля качества при вероятностных законах, отличающихся от нормального/ Лемешко Б.Ю., Помадин С.С. *Метрология*. 2004. № 3. С.3-15.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В РАССОЛАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

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

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,

yurchenko@karazin.ua

Токсичность свинца, меди, кадмия, мышьяка и ртути определяется степенью их закомплексованности с гуминовыми веществами, содержащимися в поваренной соли. Поэтому для прогнозирования токсичности поваренной соли необходимо знать содержание гуминовых веществ в поваренной соли и рассолах. Важнейшим этапом анализа поваренной соли и рассолов на содержание гуминовых веществ является сорбция на различных сорбентах, в качестве которых обычно используют вофатит и диэтиламиноэтилцеллюлозу (ДЭАЭЦ).

Изучена сорбция гуминовых веществ (ГВ) из рассолов на сорбентах вофатите и ДЭАЭЦ. Установлено, что лучшим сорбентом для концентрирования ГВ из рассолов является ДЭАЭЦ. Правильность предложенной методики определения ГВ в рассолах проверена методом добавок на образцах природных рассолов. Чувствительность определения гуминовых кислот (ГК) составляет 0,005 мг/л, фульвокислот (ФК) – 0,01 мг/л. Установлено, что содержание ГК в рассолах не превышает 0,04 мг/л, а содержание ФК – 120,09 мг/л. Таким образом, в рассолах в растворенном и коллоидном состоянии присутствуют в основном ФК.

Использование воздействия ультразвука (УЗ) для интенсификации процессов сорбции и элюирования позволяет увеличить скорость пропускания раствора через колонку до 10–12 мл/мин, а также уменьшить объем элюирующего раствора гидроксида натрия с 25–30 до 12–15 мл при возрастании степени извлечения ГВ до 95–97 %. При динамическом концентрировании возможно использование до 3 л рассола.

Разработана методика определения содержания гуминовых веществ в рассолах.

Методика определения ГК и ФК в рассолах. Отбирают 3 л рассола, добавлением раствора гидроксида натрия или соляной кислоты устанавливают рН 6,5 и пропускают через колонку, заполненную ДЭАЭЦ, со скоростью 10 мл/мин. При этом на систему воздействуют УЗ частотой 44 кГц и интенсивностью 1 Вт/см². Затем колонку трижды промывают 0,02 М раствором серной кислоты. ГВ элюируют 15 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия. К полученному раствору осторожно приливают концентрированную соляную кислоту до рН 1. Нагревают до 60°C и через час отделяют осадок от раствора

центрифугированием при 2000 об/мин. Осадок растворяют в 10 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия и определяют содержание ГК спектрофотометрически при длине волны 415 нм. Центрифугат осторожно упаривают до объема около 5 мл, разбавляют до 20 мл 0,1 М раствором гидроксида натрия и определяют содержание ФК спектрофотометрическим методом при длине волны 280 нм.

Таблица

Результаты определения гуминовых и фульвокислот в рассолах

Объект анализа	Введено ГК и ФК, мг/дм ³	Найдено мг/дм ³ / <i>S_r</i> (n = 6)	
		ГК	ФК
Рассол Славянского солезавода	0	0,01/0,10	1,05/0,06
	*	0,07/0,06	2,03/0,06
Рассол Генического солезавода	0	0,03/0,09	9,78/0,06
	**	0,08/0,08	14,49/0,06
Рассол Геройского солезавода	0	0,02/0,09	10,37/0,05
	**	0,06/0,08	15,07/0,04
Азовское море, п. Ялта	0	0,03/0,09	1,04 /0,06
	*	0,09/0,08	2,06 /0,05
Рассол Долинского солезавода	0	0,01/0,09	9,43 /0,05
	**	0,07/0,08	14,55/0,06
Рассол Болеховского солезавода	0	0,02/0,09	9,37 /0,05
	**	0,07/0,08	14,14/0,06
Рассол оз. Баскунчак (Россия)	0	0,03/0,08	8,76 /0,06
	**	0,09/0,08	13,58/0,05

* – Введено ГК – 0,05 мг/дм³; ФК – 1,00 мг/дм³;
 ** – Введено ГК – 0,05 мг/дм³; ФК – 5,00 мг/дм³

ИМПУЛЬСНЫЙ ДВУХЧАСТОТНЫЙ УЛЬТРАЗВУК В РАЗРУШЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОВАРЕННОЙ СОЛИ И РАССОЛАХ

Юрченко О.И., Черножук Т.В., Бакланов А.Н., Бакланова Л.В.
 Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
 yurchenko@karazin.ua

Нами ранее была разработана методика разрушения органических веществ в поваренной соли и рассолах воздействием низкочастотного ультразвука (УЗ) частотой 18 – 44 кГц, интенсивностью более 10 Вт/см², в течение 1 – 3 мин. Применение мощного низкочастотного УЗ приводило к ухудшению метрологических характеристик результатов анализа, к появлению вторичного звука высокой интенсивности с преобладанием инфразвуковой составляющей, что оказывало негативное воздействие на персонал лаборатории.

В связи с чем было предложено для разрушения органических веществ в растворах поваренной соли и рассолах использовать одновременное воздействие УЗ высокой частоты (1 – 2 МГц) и низкой частот (18 – 100 кГц), при этом интенсивность УЗ должна быть не менее 4 и 2 Вт/см² соответственно, а время воздействия не менее 1 мин. При этом степень разрушения органических соединений была не менее 98 %. Однако, и в этом случае расход электроэнергии был значительным, что в условиях экономического кризиса делало работу химлаборатории недостаточно конкурентоспособной.

В связи с вышеизложенным, было предложено для разрушения органических примесей в рассолах и растворах поваренной соли использовать импульсный двухчастотный ультразвук. Установлен порядок чередования и длительность импульсов высокочастотного и низкочастотного ультразвука. Степень разрушения составила более 97 %, а расход электроэнергии снизился в 2,5 – 3,0 раза.

Таблица

Результаты определения свинца, меди и кадмия с использованием разрушения органических соединений УЗ

Наименование пробы	Найдены микроэлементы, мг/кг / Относительное стандартное отклонение (n = 6)		
	свинец	медь	кадмий
УЗ частотой 22 кГц, интенсивностью 10 Вт/см ² в течение 1 мин			
Поваренная соль Геройского солезавода	0,109/0,080	0,201/0,076	0,023/0,087
Рассол оз.Барса-Кельмес, Казахстан	0,238/0,070	0,412/0,070	0,099/0,078
УЗ частотой 22 кГц, интенсивностью 2 Вт/см ² и УЗ частотой 1 МГц, интенсивностью 4 Вт/см ² в течение 1 мин в импульсном режиме			
Поваренная соль Геройского солезавода	0,110/0,063	0,201/0,065	0,023/0,068
Рассол оз.Барса-Кельмес, Казахстан	0,238/0,064	0,412/0,062	0,099/0,064

ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИИ

Яковенко С.В., Павлова К.Е., Савостикова О.Г.

Московский политехнический университет

takafi@yandex.ru, ogsavostik@mail.ru

Контроль и надзор метрологии осуществляет государственные службы. Государственный метрологический контроль включает: утверждение типа средств измерений; проверку средств измерений; лицензирование деятельности юридических и физических лиц по ремонту, продаже, изготовлению средств измерений.

Для решения проблем в метрологии необходимо создать Стратегию обеспечения единства измерений в стране. Она предлагает два сценария решения проблем – инерционный и оптимистический.

Инерционный сценарий сможет реализоваться, если: в этот период не будет изменяться размер вложений в обеспечение единства измерений; не будет структурных изменений в системе управления обеспечением единства измерений; замедлится финансирование национальных проектов и Федеральных целевых программ; замедлятся темпы развития средств измерений (отечественных и зарубежных). В этих условиях эталонная база, скорее всего, не сможет развиваться, уровень возможностей метрологических институтов и центров не сможет обеспечивать потребности страны, продолжится застой нормативно-методической базы обеспечения единства измерений, будет падать уровень доверия людей к результатам измерений.

Оптимистический сценарий будет реализован, если: будет достаточное финансирование процедур по развитию эталонной базы; пройдут структурные изменения в системе управления обеспечением единства измерений; усовершенствуют механизмы межведомственной координации работ в сфере обеспечения единства измерений; обеспечат запланированное финансирование национальных проектов и федеральных целевых программ; поднимут требования к точностным и эксплуатационным факторам применяемых средств измерений. При соблюдении указанных условий можно ожидать: расширения масштабов измерений и увеличения точности измерений в 3-5 раз, для начала для обеспечения решений задач развития важных направлений в экономике, в социальной и оборонной системах; роста на 30 % измерительных возможностей в таких важных сферах, как здравоохранение, экология, оборона и безопасность страны; повышения научно-технического и метрологического прогресса эталонной базы России за счет улучшения рабочих эталонов; повышения качества метрологического сопровождения перспективных технологических направлений [1].

Проблемой эталонной базы является ее неактуальное состояние. Наиболее критическое состояние отмечается у государственных первичных эталонов. Отсутствие измерительных возможностей в полной мере служит препятствием на пути инноваций во многих сферах медицины, обороны, экономики, экологии [3].

Проблема нехватки квалифицированных работников в сфере обеспечения единства измерений представляет собой весомое затруднение в метрологии. Снижается количество квалифицированных специалистов-метрологов. Это касается специалистов всех уровней – от техников до профессорско-преподавательского состава. Ежегодно выучиваются 4-5 раз меньше метрологов, чем это требуется [2].

Проблемы недостаточного финансирования работ в области обеспечения единства измерений. Согласно установленной всемирной практикой, инвестирование работ в сфере обеспечения единства измерений совершается как из государственных, так и негосударственных ресурсов. Основная часть стран выделяет средства на обеспечение единства измерений из государственного бюджета. Немалая доля собираемых государством налогов связана с работой промышленных предприятий, благополучный труд которых напрямую взаимодействует с точностью и правильным функционированием используемых ими средств измерений.

Проблема нормативной правовой и методической базы системы обеспечения единства измерений. В системе массива методических документов большую часть, около 50%, являются методики поверки средств измерений. Фонд документов создавался не одно десятилетие, еще активны документы, принятые в 50-е годы прошлого столетия. К тому же, выделяется большое разнообразие видов документов (7 видов), что не поддерживает рост качества организации работ по обеспечению единства измерений.

Проблема проведения поверки средств измерений, а конкретно: понижение числа поверяемых средств измерений в важной степени связано с сильным устареванием поверочной базы ЦСМ.

Как сообщили результаты целевых проверок выполненных за последние года Ростехрегулированием России, такая же, а часто и еще более худшая ситуация с поверкой встречается в таких социально-значимых областях, как здравоохранение, экология, связь, транспорт (авиация).

Крайне серьезным для экономики страны оказывается развитие поверочной деятельности для сбережения энергоресурсов всех видов – нефти, нефтепродуктов, газа, леса, электроэнергии и других [2].

Список литературы

1. Метрология [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] //WWW.GOST.RU: - <https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/metrology>.
2. Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс]: //STATIC.GOVERNMENT.RU - <http://static.government.ru/media/files/G0jqmvYnJjnp02WgGiGzUIXQrsWAti9W.pdf>.
3. Измерительные возможности [Электронный ресурс]. – Режим доступа [Электронный ресурс] ://WWW.ROSTEST.RU - http://www.rostest.ru/terms/detail.php/?ELEMENT_ID=732.

Содержание

Зміст

Content

<i>Абдукаюмов А.А., Хакимов О.Ш.</i> Неопределенность измерения суммарного теплового сопротивления текстильных материалов	3
<i>Ахмедов Г. М.</i> Повышение квалификации специалистов в области дефектоскопии	5
<i>Білевська О.С., Лазебний В.М., Несін В.В., Озерчук І.М.</i> Забезпечення якості механічного виконання стандартних символів у приладобудуванні	6
<i>Боцюра О.А., Захаров И.П.</i> Оценивание неопределенности идентификации неполиномиальной калибровочной зависимости с учетом погрешностей СИТ	7
<i>Брагинец И.А., Масюренко Ю.А.</i> К вопросу обеспечения помехоустойчивости лазерных систем для проведения высокоточных линейных измерений	8
<i>Букреева О.С.</i> Проблемы преподавания дисциплин в сфере технического регулирования	10
<i>Васильєва О.М., Макаров О.В., Колбасін О.І.</i> Дослідження бюджету невизначеності відтворення одиниці напруженості електромагнітного поля у безлунній камері	12
<i>Ващенко Л.Л., Любинский В.Р., Молчанова Н.И.</i> Номенклатура показателей качества средств измерений ионизирующих излучений и принципы ее формирования	14
<i>Velychko O., Gordiyenko T., Boriak K.</i> Linking results of inter-laboratory comparisons for DC electrical resistance	15
<i>Warsza Z., Puchalski J.</i> Extended method of estimation uncertainties of indirect multivariable measurements and their systems.....	17
<i>Войтенко С.С., Мошаренков В.В.</i> Пропозиції щодо реформування системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки	19
<i>Глухова Н.В., Пісоцька Л.А.</i> Інформаційно-вимірювальна технологія для визначення токсичного типу газорозрядного випромінювання.....	21
<i>Головня М.В., Домбровський М.Г., Куліш Ю.М. Матвієнко С.А.</i> Експериментальні дослідження диференційного радіофізичного гравіметра – контрольно-коригуючої станції РТК мережі	23
<i>Гребельний І.В., Дегтярьов О.В., Юношев Д.Є.</i> Вдосконалення метрологічного забезпечення витратомірів коріолісового типу	25
<i>Гринев Б.В., Гурджян Н.Р., Зеленская О.В., Любинский В.Р., Мицай Л.И., Молчанова Н.И., Тарасов В.А.</i> Влияние неоднородности фотоприемника на точность измерения светового выхода сцинтилляторов	26
<i>Данилов А.А.</i> Новые тренды в отношении калибровки измерительных систем.....	27
<i>Должанський А.М., Бондаренко О.А., Бородін В.О.</i> Удосконалення підходів до кваліметричного оцінювання якості багатопараметричного стохастичного об'єкту.....	29

<i>Жалило А.А., Яковченко А.И.</i> PPP-технологии точного GPS-позиционирования. Результаты разработок ХНУРЭ 2014–2019 гг.....	31
<i>Жалило А.А., Дохов А.И., Яковченко А.И.</i> Автономное (PPP) и дифференциальное (DGPS) кинематическое позиционирование. Сравнение точности на примере обработки бортовых GPS-наблюдений самолета АН-158.....	33
<i>Задорожная И.Н., Захаров И.П.</i> Сличения интерференционных установок наивысшей точности для измерения плоскопараллельных концевых мер длины	35
<i>Зайченко Н.Я., Хорошайло Ю.Е., Меняйло А.Д., Сова А.В.</i> Методы контроля диаметра НИТИ филамента 3D печати	36
<i>Занимонский Е.Е.</i> Оценка возможности измерения релятивистских эффектов в баллистических гравиметрах	38
<i>Занимонский Е.М., Ныкел Г., Фигурски М., Горб А.И., Купко В.С., Прокопов А.В., Костриков А.Л., Олейник А.Е., Ли Ц., Хе М.</i> Обработка первичных данных ГНСС различными программами для оценки качества измерений коротких векторов	40
<i>Zarharova O.I.</i> Verification and validation as definition of quality in the software testing	42
<i>Засядько В.М.</i> Проблема вдосконалення державного еталону часу та частоти	44
<i>Захаров А.А., Токарева М.С.</i> Оценивание неопределенности косвенных измерений силы тока методом эксцессов	45
<i>Захаров И.П., Семенец В.В., Сергиенко М.П.</i> Пути решения проблемы обоснования уравнения измерения	46
<i>Захаров И.П., Цыбина И.Ю.</i> Оценивание неопределенности измерений методом эксцессов при калибровке микрометра гладкого.....	47
<i>Иванець О.Б., Кулаков П.І., Загрійчук М.С., Дейниченко А.Г., Буриченко М.Ю.</i> Особливості використання статистичного аналізу для обробки медичних даних	48
<i>Иванець О.Б., Морозова І.В., Назарчук М.А. Миколушко А.М., Іваницькій Є.С.</i> Синтез інформаційної системи діагностування складних об'єктів	50
<i>Isaiev V., Velychko O.</i> High-precision reproduction of the unit of alternating current	52
<i>Карташов В.М., Олейніков В.М., Селєзньов І.С.</i> Методи вимірювання кутових координат безпілотних літальних апаратів.....	54
<i>Климов А.Ю.</i> Применение метода Монте-Карло для оптимизации измерительной процедуры.....	56
<i>Коваль О.А.</i> Вплив не ідентичності метрологічних характеристик тензоперетворювачів на похибки вимірювань динамічних навантажень в просторово розподілених вимірювальних інформаційних системах	58
<i>Кононов В.Б., Волікова А.О., Азізова М.А.</i> Проблеми підвищення достовірності контролю параметрів тиску в метрологічних органах держави	60

<i>Косач Н.І., Павлова Г.О., Большаков В.Б.</i> Оцінювання і контроль якості інформаційних технологій	61
<i>Кошовий М.Д., Заболотний О.В., Цеховський М.В., Кошова І.І.</i> Дослідження вихорострумових вимірювачів товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях виробів	62
<i>Крюков О.М., Мудрик В.Г.</i> Принципи побудови та експериментальне дослідження засобу вимірювання швидкості руху метаного елемента в каналі ствола вогнепальної зброї	64
<i>Кузнецов О.Л. , Ковальчук А.О.</i> Точність вимірювання просторових координат повітряних об'єктів в РЛС з фазованою антенною решіткою...	66
<i>Куц Ю.В., Редька М.О., Близнк О.Д.</i> Метод виявлення сигналів вихорострумового неруйнівного контролю на фоні шуму за кількістю нулів процесу	68
<i>Kutsenko A.S., Kovalenko S.V., Kovalenko S.M., Rybalka A.I.</i> Modelling of an automated food quality assessment system based on fuzzy inference.....	70
<i>Кучаева Е.А., Игнатьев И.А., Савостикова О.Г.</i> Обеспечение качества продукции	72
<i>Левин С.Ф.</i> Методы расчета риска и неадекватность моделей метрологических характеристик средств измерений	73
<i>Луценко В.О., Кобзев В.Г., Пономарьев Ю.В., Бондарев С.А.</i> Локальний аналіз споживання природного газу гістограмним методом	75
<i>Малецька О.Є., Бурдейна В.М.</i> Застосування результатів калібрування еталонів на практиці	77
<i>Малецька О.Є., Лис Ю.С.</i> Оцінювання точності вимірювань для методик вимірювань	78
<i>Малецька О.Є., Москаленко М.В., Артюх С.М.</i> Використання ризик орієнтованого підходу ДЛЯ удосконалення системи вимірювань на підприємстві	79
<i>Мандрикін О.Л., Кузьменко Т.М., Лахтадир С.Л., Несін В.В.</i> Застосування наборного робочого шаблону для протяжних елементів заготовок складного профілю	80
<i>Мандыбура С.С., Толочко А.С., Владимирова Т.М.</i> Оценка неопределенности результата измерения объема потребления природного в бытовых условиях	81
<i>Михайлов А.Г.</i> Усовершенствование схемы измерителя влажности измельченной древесины	83
<i>Motalo V.P.</i> Soft (perceptual) metrology as one of the new areas of modern metrology development.....	84
<i>Мощенко І.О., Нікітенко О.М.</i> Можливості вивчення законів розподілу випадкових величин з СМК Maple	86
<i>Мощенко І.О., Сергієнко М.П., Єгоров А.Б.</i> Дослідження метрологічної моделі оптико-теплого методу вимірювання витрати природного газу..	88
<i>Мощенко І.О., Сергієнко М.П., Штефан Н.В.</i> Оцінювання невизначеності вимірювань динамічних характеристик засобів вимірювальної техніки непрямим методом	90

<i>Народницький Г.Ю.</i> Про доцільність деяких змін найменувань видів невизначеності	91
<i>Науменко А.М., Кононова О.А., Короткий Е.О.</i> Проблеми організації метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем управління об'єктів в метрологічних органах держави	92
<i>Неежмаков К.П.</i> Оценивание неопределенности измерения масштабного коэффициента видеоизображения растрового электронного микроскопа	93
<i>Неежмаков П.И.</i> Термінологічні проблеми метрології	94
<i>Несін В.В.</i> Пов'язаність норм якості ширини та висоти валика з'єднань, виконаних термічним зварюванням	95
<i>Несін В.В.</i> Обґрунтування розрахунку витрат матеріалів у процесі практичної підготовки фахівців з рентгенографічного контролю якості зварних з'єднань	96
<i>Новосёлов О.А.</i> К вопросу интерполирования наилучших измерительных возможностей калибровочной лаборатории	98
<i>Ноздрачова К.Л., Слободчук А.Ю.</i> Ємнісний прямий суміщений перетворювач для ультразвукового контролю з регульованою діаграмою спрямованості	99
<i>Оганесян А.Г., Ткаченко В.Ф.</i> Циркуляционный радиовысотомер	101
<i>Павленко Ю.Ф., Огар В.І., Васильєва О.М., Кирієнко С.Р.</i> Новий державний еталон параметрів ЧМ коливань	103
<i>Павленко Ю.Ф., Огар В.І., Кирієнко С.Р.</i> Дослідження метрологічних властивостей генераторів прямого цифрового синтезу	104
<i>Паценко О. М.</i> Різновиди ваг Кіббла	105
<i>Петришин І.С., Джочко П.Я., Середюк Д.О., Бас О.А., Гулик В.Я.</i> Комплекс національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу	106
<i>Петрукович Д. Є., Коваль А. О.</i> Використання алгоритмів нечітких вимірювань параметрів для діагностики дорожніх машин	107
<i>Poliakov Ye.O., Ianushkevych S.D.</i> Comparison of accuracy of the signal restoration by solving inverse problems and on the basis of decomposition of Hilbert-Huang	109
<i>Полярус О.В., Краснов С.М., Лебединський А.В., Поляков Є.О., Паценко Р.Е.</i> Метод дистанційного визначення коефіцієнта динамічності мостової споруди вимірювальною інформаційною системою малою вартості	110
<i>Полярус О. В., Медведовська Я. С., Чмуж М. О.</i> Невизначеність вимірювання багатоканальних вимірювальних каналів тиску	111
<i>Полярус О.В., Янушкевич С.Д.</i> Лінеаризація нелінійних інерційних вимірювальних інформаційних систем на основі псевдообернених матриць	113
<i>Прокопченко С.В., Воскресенський В.Б.</i> Практичний досвід щодо оцінювання міжкалібрувального інтервалу вимірювального температурного обладнання випробувальних камер тепла та холоду	114

<i>Радев Х.К.</i> Метрологическое обеспечение производства крупногабаритных объектов в машиностроении	115
<i>Razmukhamedov D.Dj.</i> Modern innovate developments in building material science	117
<i>Руда М.В., Бойко Т.Г.</i> Аналіз життєвого циклу вітроенергетичних установок: інформаційно-вимірвальна модель	119
<i>Савкова Е.Н.</i> Формализация правил принятия решений по результатам измерений в контексте требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019	121
<i>Сахацкий В.Д., Чепусенко Е.А.</i> Помехозащищенная система измерения угловых координат прокалывающей головки в малогабаритных механизмах управляющего прокола грунта	123
<i>Сахнюк И.А.</i> Специфика междисциплинарного синтеза знаний для решения задач метрологии	125
<i>Семеніхін В.С.</i> Критерії премії Демінга, як спосіб самооцінювання системи менеджменту якості організації	127
<i>Семенюк РС., Яремчук Н.А.</i> Основні етапи встановлення лінгвістичних шкал при вимірюваннях і діагностиці	128
<i>Сергієнко М.П., Фоменко В.В., Штефан Н.В.</i> Нормативне забезпечення оцінювання якості програмного забезпечення.....	130
<i>Середюк О.Є., Малісевич Н.М., Ткачук В. В., Середюк Д.О.</i> Нові вимірвальні технології у побутових SMART-лічильниках природного газу	131
<i>Склярів В.В., Довженко Я.С., Паценко О.М.</i> Дослідження вібраційного ефекту при вимірюваннях твердості за шкалою Роквела	133
<i>Стежко С.М., Кузьменко Т.М., Лахтадир С.Л., Несін В.В.</i> Збільшення потоку дефектів паяння типу «пора» внаслідок зміни стандарту на склад латуні	134
<i>Трищ Р.М., Денисенко А.М.</i> Кваліметричний інструмент оцінювання ризиків при забезпеченні якості продукції.....	135
<i>Туз Ю.М., Шумков Ю.С.</i> Метод експоненціальних сплайнів в задачах вимірювання та контролю параметрів електричних кіл	137
<i>Хакимов О.Ш., Муминов Н.Ш., Газиев Г.А., Рискалиева Ф.М.</i> Неопределенность определения класса компрессии компрессионного трикотажного изделия	138
<i>Хамдамова А. Т., Савостикова О.Г.</i> Роль метрологии в обеспечении качества продукции	140
<i>Чуйко М.М., Витвицька Л.А., Лаврук Х.З., Витвицький З.Я.</i> Метрологічний аналіз методу контролю властивостей крові в процесі плазмофорезу	142
<i>Chumak V.O., Barkhudaryan M.V.</i> A ways of ensuring an optimal measurements the current navigation parameters of objects motion.....	143
<i>Шинкарук Х.М., Чеховський С.А.</i> Контроль якості природного газу за допомогою термokatалітичного перетворювача	144
<i>Щерба А.А., Маков Д.К., Чибеліс В.І.</i> Метод визначення напруги нульової послідовності з корекцією похибки	145

<i>Щербань А.П., Єременко В.С. Оцінка точності нетипових вимірювань ...</i>	147
<i>Юрченко О.И., Черножук Т.В., Бакланов А.Н., Бакланова Л.В. Определение гуминовых веществ в рассолах с использованием ультразвука</i>	148
<i>Юрченко О.И., Черножук Т.В., Бакланов А.Н., Бакланова Л.В. Импульсный двухчастотный ультразвук в разрушении органических веществ в поваренной соли и рассолах</i>	150
<i>Яковенко С.В., Павлова К.Е., Савостикова О.Г. Проблемы в области метрологии</i>	151