

9. Panich A. E., Levina T. G. *Fizika segneto elektricheskoy keramiki* [The physics of ferroelectric ceramics]. Rostov-na-Donu: RGU, 2002.
10. Okadzaki K. *Tehnologiya keramicheskikh dielektrikov* [Technology ceramic dielectrics]. Moscow: Energiya, 1976.
11. Potdar H. S., Deshpande S. B., Date S. K. *Mater. Chem. Phys.* 1999, 58: 121.
12. Xu H., Gao L. *J. Am. Ceram. Soc.* 2003, 86: 203.
13. Wang L., Liu L., Xue D., Kang H., Liu C. *J. Alloys Comp.* 2007, 440: 78.
14. Chebanova E. V., Kabirov Yu. V., Kupriyanov M. F. *Naukovedenie* 2012, 4: 1.
15. Lee M. K., Nath T. K., Eoma C. B., Smoak M. C., Tsui F. *App. Phys. Lett.* 2000, 77, No. 22: 3547.
16. Lazerevic Z., Romcevic N., Vijatovic M., Paunovic N., Romcevic M., Stojanovic B., Dohcevic-Mitrovic Z. *Acta Phys. Pol. A.* 2009, 115, No. 4: 808.
17. Tkacz-Smiech K., Kolezynski A., Ptak W. S. *Sol. Stat. Comm.* 2003, 127: 557.
18. Smolenskij G. A. *Fizika segneto elektricheskikh yavlenij* [The physics of ferroelectric phenomena]. Leningrad: Nauka, 1985.
19. Yang W., Yua S., Luo S., Sun R., Liao W.-H., Wong C.-P. *J. Alloys and Comp.* 2015, 620: 315.
20. Xiao C. J., Jin C. Q., Wang X. H. *Materials Chemistry and Physics* 2008, 111: 209.
21. Ramirez R., Lapena M. F., Gonzalo J. A. *Phys. Rev. B.* 1990, 42, No. 4: 2604.
22. Hayward S. A., Salje E. K. H. *J. of Phys.: Cond. Matt.* 2002, 14, No. 36: L599.
23. Ram S., Jana A., Kundu T. K., *J. Appl. Phys.* 2007, 102: 54.
24. Tkacz-Smiech K., Kolezynski A., Ptak W. S. *Solid State Comm.* 2003, 127: 557.
25. Gurtov V. A., Osaulenko R. N. *Fizika tverdogo tela dlya inzhenerov* [Solid State Physics for Engineers]. Moscow: Tehnosfera, 2007.
26. Gorelik S. S., Dashevskij M. Ya. *Materialovedenie poluprovodnikov i dielektrikov* [Material science of semiconductors and dielectrics]. Moscow: MISIS, 2003.
27. Brechignac C., Houdy P., Lehmani M. (Eds.). *Nanomaterials and Nanochemistry*. Berlin: Springer, 2007.
28. Vijatovic M. M., Bobic J. D., Stojanovic B. D. *Science of Sintering*. 2008, 40: 155.
29. Pradhan S., Roy G.S. *Researcher* 2013, 5, No. 3: 63.
30. Iona F., Shirane D. *Segnetoelektricheskie kristally* [Ferroelectric crystals]. Moscow: Mir, 1965.
31. Wodecka-Dus B., Czeka D. *Arch. of Met. and Mat.* 2009, 54, No. 4: 923.
32. Kuruva P., Rajaputra U. M. S., Sanyadanam S., Sarabu R. M. *Turk. J. Phys.* 2013, 37: 312.
33. Rother A., Reibold M., Lichte H., Leisegang T., Levin A. A., Paufler P., Meyer D. C., Gemming S., Chaplygin I., Seifert G., Ormeci A., Rosner H. *Phys. Rev. B.* 2006, 74: 134116.
34. Ghosez P., Gonze X., Michenaud J.-P. *Ferroelectrics* 1999, 220: 1.
35. Kwel G. H., Lawson A. C., Billinge S. J. L. *J. Phys. Chem.* 1993, 97: 2368.
36. Uludogan M., Cagin T. *Turk. J. Phys.* 2006, 30: 277.
37. Malinowski By. M., Lukaszewicz K., Asbrink S. *J. Appl. Cryst.* 1986, 19: 7.
38. Birch F. J. *J. Geophys. Res.* 1986, 91: 4949.
39. Hayward S. A., Salje E. K. H. *J. Phys.: Condens. Matter.* 2002, 14: L599.
40. Samara G. A. *Phys. Rev.* 1966, 151: 378.
41. Samara G. A. *Ferroelectrics* 1971, 2: 277.
42. Decker D. L. *Phys. Rev. B.* 1989, 39: 2432.
43. Ishidate T., Abe S., Takahashi H., Mori N. *Phys. Rev. Lett.* 1997, 78: 2397.

Рецензія/Peer review : 22.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 12.12.2015 р.

УДК 621.317

О.М. ВАСІЛЕВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ДОВІРЧОГО РІВНЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РОЗШИРЕНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОСТІ ІОНІВ

Запропоновано методика оцінювання довірчого рівня для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання активності іонів на основі метрологічних ризиків виробника та споживача, що дозволяє обґрунтовано встановити інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, які можуть бути приписані вимірюваній величині.

Ключові слова: довірча ймовірність, розширена невизначеність, активність іонів, метрологічні ризики, інтервал навколо результату вимірювання.

O.M. VASILEVSKYI

Vinnitsia National Technical University

METHODOLOGY TO EVALUATE THE CONFIDENCE LEVEL FOR CALCULATION OF THE EXPANDED UNCERTAINTY OF MEASUREMENT OF IONS ACTIVITY

A assessment methodology confidence level for the calculation of the extended uncertainty of measurement of ions activity on the basis of metrological risks producer and consumer, that can reasonably set the interval around the measurement result within which most probably located the distribution of values that can be attributed to the measurand.

Keywords: confidence probability, the expanded uncertainty, ion activity, the metrological risks interval around the measurement result.

Вступ

Рекомендація INC-1 (1980) робочої групи з упорядкування звіту щодо невизначеності, що на сьогоднішній день є фактично стандартом вираження якості вимірювань у міжнародній практиці та Рекомендація 1 (МК-1981) «Оцінка експериментальних невизначеностей» і Рекомендація 1 (МК-1986)

«Оцінка невизначеностей у роботах, проведених МКМВ», підтримують використання комбінованої невизначеності $u_c(y)$ як параметр для кількісного вираження невизначеності результату вимірювання.

Хоча комбінована невизначеність $u_c(y)$ може повсюдно використовуватися для вираження невизначеності результату вимірювання, проте у окремих випадках: у торгівлі, промисловості і регулювальних актах, а також коли справа стосується здоров'я і безпеки, доцільно додатково вказувати інтервальну міру невизначеності, що визначає інтервал для результату вимірювання. Існування такої вимоги було визнано робочою групою і призвело до появи додаткового п'ятого розділу Рекомендації INC-1 (1980) «Вираження експериментальних невизначеностей». Додаткова міра невизначеності, що відповідає інтервальній оцінці невизначеності, називається розширеною невизначеністю.

Тому задача оцінювання довірчого рівня для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання при використанні конкретного засобу вимірювання є актуальною.

Метою статті є розробка математичного апарату для оцінювання довірчого рівня при розрахунку розширеної невизначеності вимірювання активності іонів з урахуванням метрологічних ризиків виробника (розробника) та споживача, що дасть змогу обґрунтовано встановити інтервал навколо результату вимірювання активності іонів, в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, які можуть бути приписані вимірюваній величині.

Аналіз стану досліджень та публікацій

В літературних джерелах [1 - 5] лише частково розглядаються способи встановлення довірчого рівня для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання. Математичний апарат, який дозволяв би обґрунтовано встановлювати довірчий рівень в концепції невизначеності вимірювань не описується. Тому доцільно запропонувати і описати методику оцінювання довірчого рівня на основі метрологічних ризиків виробника та споживача, що дозволить обґрунтовано встановлювати значення коефіцієнту охоплення k для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання на прикладі використання розробленого засобу вимірювання активності іонів.

Викладення основного матеріалу

Довірчий рівень для розрахунку розширеної невизначеності пропонується встановлювати на основі метрологічних ризиків виробника та споживача за формулою:

$$D = 1 - P_n = 1 - (\alpha + \beta), \quad (1)$$

де α – метрологічний ризик виробника; β – метрологічний ризик споживача; P_n – загальне значення метрологічного ризику.

На основі розробленого засобу вимірювання (ЗВ) активності іонів [6, 7], опишемо процедуру визначення довірчого рівня.

Загальний закон розподілу похибки вимірювання активності іонів залежить від багатьох причин, таких як активність заважаючих іонів, обмежені властивості іон-селективних електродів, наявність похибки вимірювання температури, дрейф нуля, нестабільність джерела живлення тощо, серед яких важко виділити домінуючу. Це дозволяє прийняти закон розподілу центрованого значення похибки вимірювання активності іонів за нормальний, який опишемо виразом:

$$p(\Delta pX) = \frac{1}{\sigma_{\Delta pX} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2}\right], \quad (2)$$

де ΔpX – центроване значення похибки вимірювання активності іонів; $\sigma_{\Delta pX}$ - середньоквадратичне відхилення (СКВ) центрованого значення активності іонів.

Сумісну двовимірну щільність довірчого рівня при вимірюванні активності іонів з урахуванням допустимого відхилення похибки вимірювання ε , що встановлюється споживачем, опишемо виразом [8]:

$$p(\Delta pX, \varepsilon) = p(\Delta pX) \cdot p(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_\varepsilon} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_\varepsilon^2}\right). \quad (3)$$

Враховуючи вираз (3), метрологічний ризик виробника α оцінимо за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_\varepsilon} \int_{-\Delta}^{\Delta} \left[\int_{-\infty}^{-\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_\varepsilon^2}\right) d\varepsilon + \int_{\Delta-\Delta pX}^{\infty} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_\varepsilon^2}\right) d\varepsilon \right] d\Delta pX, \quad (4)$$

а метрологічний ризик споживача β оцінимо за формулою:

$$\beta = \frac{1}{2\pi\sigma_{\Delta pX}\sigma_\varepsilon} \left(\int_{-\infty}^{-\Delta} \int_{-\Delta-\Delta pX}^{\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_\varepsilon^2}\right) d\Delta pX d\varepsilon + \int_{\Delta}^{\infty} \int_{\Delta-\Delta pX}^{\Delta-\Delta pX} \exp\left(-\frac{\Delta pX^2}{2\sigma_{\Delta pX}^2} - \frac{\varepsilon^2}{2\sigma_\varepsilon^2}\right) d\Delta pX d\varepsilon \right). \quad (5)$$

Контрольні прирости полів допуску Δ за нижньою та верхньою межами прийемо рівними нулю ($\Delta=0$), а поле допуску значення вимірюваної величини ΔpX , в даному випадку це активність іонів pX

складових елементів гумусу, визначимо за формулою [9, 10]:

$$\Delta pX = \frac{pX_{\max}}{100} \delta_{\sigma_{\max}}, \quad (6)$$

де pX_{\max} – максимальна активність іонів складових елементів гумусу (максимальне значення для нітратного азоту складає 0,3 рХ); $\delta_{\sigma_{\max}}$ – максимально допустима відносна похибка вимірювання, що встановлена споживачем (нормативними документами на вимірюване значення фізичної величини) – для вимірювального каналу активності іонів це значення складає 0,7% в діапазоні вимірювань від 6 до 0,3рХ.

Отже, для розрахунку метрологічних ризиків виробника та споживача поле допуску ΔpX , розрахуємо за формулою (6), яке при підставленні відповідних числових значень дорівнює $2,1 \cdot 10^{-3}$ рХ. СКВ активності іонів, що отримано в результаті експериментальних досліджень виробника ЗВ активності іонів не перевищує $\sigma_{\Delta pX} \leq 0,75 \cdot 10^{-3}$ рХ в діапазоні вимірювань від 6 до 0,3 рХ [9 – 12].

Підставляючи розраховані поля допусків у формули для оцінювання метрологічних ризиків виробника (4) та споживача (5) та розв'язуючи їх за допомогою математичного пакету Maple 10.0, отримуємо такі числові значення: $\alpha=0.0375$, $\beta=0.00195$. Загальне значення метрологічного ризику складає $P_n = 0.0375 + 0.00195 = 0.0395$, а довірчий рівень для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання, відповідно до формули (1) буде дорівнювати $D = 1 - P_n = 1 - 0.0395 = 0.9605$. Такі значення метрологічних ризиків виробника та споживача отримані за умови коли СКВ розробленого ЗВ активності іонів є меншим за СКВ допустимого відхилення похибки (невизначеності), що встановлені споживачем (або нормативними документами), тобто при $\mu = 0,93$.

Характеристики зміни метрологічних ризиків виробника і споживача в залежності від параметра $\mu = \sigma_{\epsilon} / \sigma_{\Delta pX}$, що встановлює співвідношення між СКВ σ_{ϵ} , яке встановлено виробником (розробником) ЗВ активності іонів та СКВ $\sigma_{\Delta pX}$ допустимої похибки вимірювання активності іонів, яке встановлено споживачем (нормативними документами, в яких прописується допустимі відхилення вимірюваних величин) при $\sigma_{\epsilon} < \sigma_{\Delta pX}$, $\sigma_{\epsilon} \approx \sigma_{\Delta pX}$ і $\sigma_{\epsilon} > \sigma_{\Delta pX}$ наведені на рис.1. Характеристика зміни загального значення метрологічного ризику, обумовленого наявністю метрологічних ризиків виробника та споживача представлена на рис. 2.

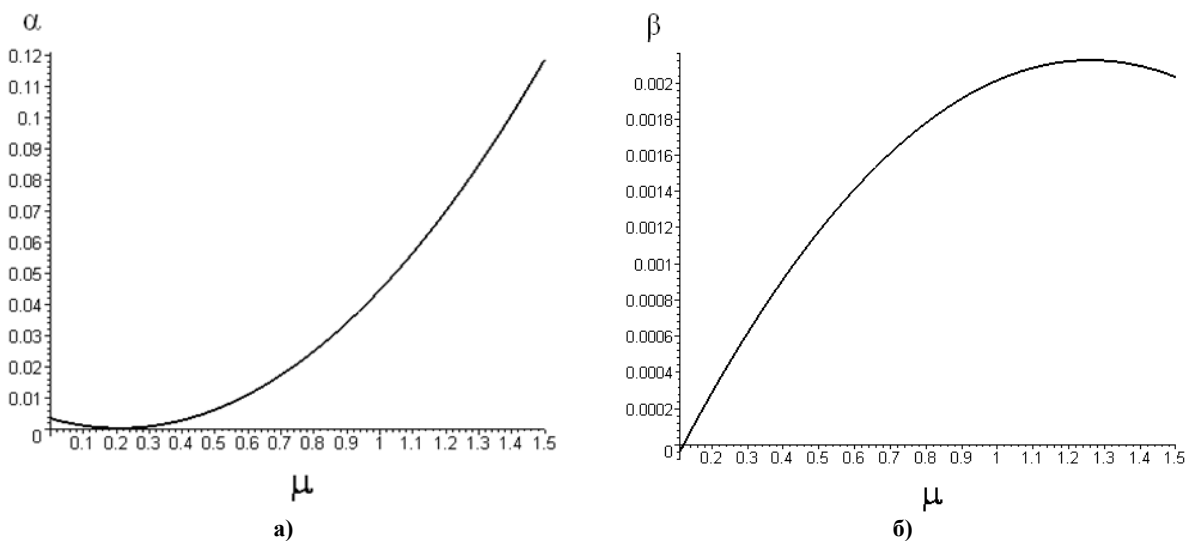


Рис. 1. Характеристики зміни метрологічних ризиків: а) – виробника; б) – споживача

Таким чином, на основі відношення значення СКВ, що експериментально встановлено виробником засобу вимірювання до значення СКВ допустимого споживачем відхилення (встановленого нормативними документами допуску) та отриманої характеристики зміни метрологічного ризику можна обґрунтовано графічним шляхом визначати значення довірчого рівня для розрахунку розширеної невизначеності вимірювання (рис. 2). Тобто, якщо параметр μ , який дорівнює відношенню зазначених вище СКВ складає 0,93, то провівши перпендикулярну лінію від розрахованого значення параметру $\mu=0.93$ до перетину з отриманою характеристикою зміни метрологічного ризику (штрихові лінії на рис. 2), можна визначити значення метрологічного ризику P_n на основі якого за виразом (1) розраховується довірчий рівень $D = 1 - P_n = 1 - 0.04 = 0.96$ в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, які можуть бути приписані вимірюваній величині.

З побудованої характеристики зміни метрологічного ризику, шляхом математичного моделювання, встановлено, що при збільшенні в 1,5 рази сумарного значення СКВ, що вноситься розробленим засобом вимірювання активності іонів (СКВ виробника σ_{ϵ}) за рахунок наявності випадкових завод, неточності виготовлення іон-селективних вимірювальних перетворювачів, відхилення температури та нестабільності

джерела опорної напруги, за допустиме значення СКВ, що встановлене нормативними документами (технологічним процесом) довірчий рівень, в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень вимірюваної активності іонів буде не гіршим за 88 %.

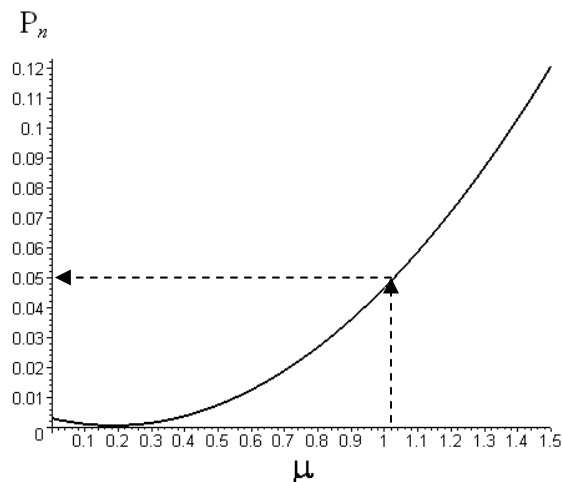


Рис. 2. Характеристика зміни метрологічного ризику в залежності від параметра μ

Висновки

В роботі досліджено характеристики зміни метрологічних ризиків виробника та споживача на основі яких отримано загальну характеристику зміни метрологічного ризику, що виникає при вимірюванні активності іонів на основі якої можна визначати графічним способом довірчий рівень в межах якого ймовірно розташована більшість розподілу значень, що отримуються при вимірюванні активності іонів.

Для досягнення максимального значення довірчого рівня (99,9 %), необхідно щоб сумарне значення СКВ розробленого засобу вимірювання активності іонів σ_{ϵ} було як мінімум в 2 рази меншим за допустиме значення СКВ, що встановлено споживачем (нормативними документами, в яких прописується допустимі відхилення активності іонів), тобто параметр μ має дорівнювати 0,5. Досягти таких результатів можна за рахунок зменшення відносної похибки (невизначеності) вимірювання до 0,35%. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення методу вимірювання активності іонів, підвищення точності засобу вимірювання та іон-селективних сенсорів.

Література

1. ISO/IEC Guide 98-1:2009 «Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement». – Geneva (Switzerland): ISO. – 2009. – 32 p.
2. Васілевський О. М. Алгоритм оцінювання невизначеності у вимірюваннях при виконанні метрологічних робіт / О. М. Васілевський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – № 3 (7). – 2006. – С. 147–151.
3. Васілевський О. М. Основи теорії невизначеності вимірювань: [підручник] / О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський. - Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с. - ISBN 978-966-641-632-5.
4. IEC GUIDE 115-2007 «Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector». – Geneva (Switzerland): IEC. – 2007. – 54 p.
5. VASILEVSKYI, O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 2014, 5.04: 403.
6. Васілевський О.М. Елементи теорії побудови потенціометричних засобів вимірювального контролю активності іонів з підвищеною вірогідністю : [монографія] / О. М. Васілевський, В. М. Дідич. - Вінниця: ВНТУ. – 2013. – 176 с. – ISBN 978-966-641-505-2.
7. Дідич В. М. Потенціометричні засоби вимірювання активності іонів складових елементів гумусу в ґрунті / В. М. Дідич, О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 5. – С. 5 – 10.
8. Поджаренко В. О. Оцінка вірогідності автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті / В. О. Поджаренко, В. М. Дідич, О. М. Васілевський // Вісник національного університету „Львівська політехніка”. Серія: „Автоматика, вимірювання та керування”. – 2009. – № 639. – С. 51 – 54.
9. Васілевський О. М. Метрологічне забезпечення вимірювань активності іонів / О. М. Васілевський, В. М. Дідич // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. - № 2. – С. 54 – 58.
10. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів : [навчальний посібник] / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013.–160с. – ISBN 978-966-641-535-9.

11. Васілевський О.М. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу активності іонів / О. М. Васілевський, В. М. Дідич, В. О. Поджаренко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронне наукове фахове видання]. – 2009. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1044/99>.

12. Василевский А. Н. Неопределенность измерительного канала активности ионов при контроле гумусового состояния почв с помощью ионоселективных электродов / А. Н. Василевский, В. А. Поджаренко, В. Н. Дидич // Системы обработки информации. – Харьков. – 2008. – № 4 (71). – С. 85 – 87.

References

1. ISO/IEC Guide 98-1:2009 «Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement». – Geneva (Switzerland): ISO. – 2009. – 32 p.
2. Vasilevskiy O. M. Algoritm otsinyvannya nevyznachenosti u vymiryvannyakh pry vykonanni metrologichnykh robot / O. M. Vasilevskiy // Informatsiyni tehnologii ta kompyuterna ingeneriya. – № 3 (7). – 2006. – P. 147–151.
3. Vasilevskiy O. M. Osnovy teorii nevyznachenosti vymiryvan: [pidruchnyk] / O. M. Vasilevskiy, V. Y. Kucheruk, E. T. Volodarskiy. - Vinnytsya: VNTU, 2015. – 230 p. - ISBN 978-966-641-632-5.
4. IEC GUIDE 115-2007 «Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector». – Geneva (Switzerland): IEC. – 2007. – 54 p.
5. VASILEVSKYI, O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 2014, 5.04: 403.
6. Vasilevskiy O. M. Elementy teorii pobudovy potentsiometrychnykh zasobiv vymiryvalnogo kontrolyu aktivnosti ioniv z pidvyschenoy virogidnistyu : [monographiya] / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich. - Vinnytsya: VNTU. – 2013. – 176 p. – ISBN 978-966-641-505-2.
7. Didich V. M. Potentsiometrychni zasoby vymiryvannya aktyvnosti ioniv skladovykh elementiv gumusu v grunti / V. M. Didich, O. M. Vasilevskiy, V. O. Podzharenko // Visnyk Vinnytskogo Politechnichnogo Instytutu. – 2008. – № 5. – P. 5 – 10.
8. Podzharenko V. O. Otsinka virogidnosti avtomatyzovanogo kontrolyu skladovykh elementiv gumusu v grunti / V. O. Podzharenko, V. M. Didich, O. M. Vasilevskiy // Visnyk Natsionalnogo Universitetu "Lvivska Politechnika". Seriya: "Avtomatyka, vymiryvannya ta keruvannya". – 2009. – № 639. – P. 51 – 54.
9. Vasilevskiy O. M. Metrologichne zabezpechennya vymiryvan aktyvnosti ioniv / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich // Vymiryvalna ta obchyslyvalna tehnika v tehnologichnykh protsesakh. – 2014. – № 2. – P. 54 – 58.
10. Vasilevskiy O. M. Normuvannya pokaznykiv nadiynosti tekhnichnykh zasobiv : [navchalnyy posibnyk] / O. M. Vasilevskiy, O. G. Ignatenko. – Vinnytsya: VNTU, 2013.–160 p. – ISBN 978-966-641-535-9.
11. Vasilevskiy O. M. Otsinka statychnykh metrologichnykh kharakterystyk vymiryvalnogo kanalu aktyvnosti ioniv / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich, V. O. Podzharenko // Naukovi pratsi Vinnytskogo Natsionalnogo Technichnogo Universytetu [Elektronne naukove phakhove vydannya]. – 2009. - №4. – Rezhim dostupu do zhurnalu: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1044/99>.
12. Vasilevskiy O. M. Neopredelennost izmeritelnogo kanala aktivnosti ionov pri kontrole dumusovogo sostoyaniya pochv s pomoshchyu ionoselektivnykh elektrodov / O. M. Vasilevskiy, V. O. Podzharenko, V. M. Didich // Systemy obrobky informatsii. – Kharkiv. – 2008. – № 4 (71). – P. 85 – 87.

Рецензія/Peer review : 17.11.2015 р.

Надрукована/Printed :12.12.2015 р.

УДК 629.78

Л.А. МИХЕЕНКО, М.А. ПУГИНА

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭТАЛОНА ЯРКОСТИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ С РАССЕИВАТЕЛЕМ НА ВЫХОДНОЕ ЯРКОСТНОЕ ПОЛЕ

В статье описаны результаты численного анализа влияния микроструктуры внутренней поверхности интегрирующей сферы на характеристики формируемого эталоном выходного яркостного поля. Проанализировано влияние параметров источника излучения на метрологические характеристики эталона яркости.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, оптическая метрология, эталон яркости.

L. A. MIKHEYENKO, M. O. PUHINA

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

ANALYSIS OF INFLUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF STANDARD OF BRIGHTNESS ON BASIS OF INTEGRATING SPHERE WITH DIFFUSER ON THE OUTPUT BRIGHTNESS FIELD

Abstract – The aim of work is the detailed analysis of homogeneity of the output brightness field of standard of brightness on the basis of integrating sphere with a diffuser, depending on his basic structural elements.

In the article the numerical analysis of influence of microstructure of internal surface of integrating sphere is described on descriptions of the output brightness field formed by a standard. Influence of parameters of radiant on metrology descriptions of standard of brightness is analyzed. Influence of elements of standard of brightness is analyzed on the output brightness field.

It is shown that in all cases position of element of microstructure is the most substantial factor of influence on distribution of brightness of output aperture. Change of other parameters of elements influence on an unevenness on determination of brightness is much less.

Keywords: optical radiometry, optical metrology, the standard brightness.

Введение

Рабочие эталоны яркости (ЭЯ) на основе интегрирующей сферы (ИС) с рассеивателем имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными излучателями – прежде всего значительную апертуру и