

[6], розробленому за безпосередньою участю авторів.

Література

1. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Chapter 15. Observation of clouds // WMO-№8, 2008, p. 1.15-1 - 1.15-8.
2. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України // Наказ Державіаслужби від 17.03.2006, №201.
3. Приборы и установки для метеорологических измерений на аэродромах. Под ред. Л.П. Афиногенова и Е.В. Романова // Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 296 с.
4. Высота нижней границы облаков и вертикальная видимость как измеряемые величины / Латенко В.И., Логвиненко И.В., Миронов Р.Д., Якименко Н.И. // Наукові праці УкрНДГМІ, 2009, Вип. 258, С.209 – 217.
5. CL31 Ceilometer for Cloud Height Detection / Vaisala, <http://www.vaisala.com>.
6. Измеритель высоты нижней границы облаков ПРОМІНЬ. Руководство по эксплуатации ААЕЛ.416.135.001 РЭ.

References

1. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Chapter 15. Observation of clouds // WMO-№8, 2008, p. 1.15-1 - 1.15-8.
2. Certification requirements for civilian airfields of Ukraine // Order of the State Aviation Service from 17.03.2006, №201.
3. Devices and equipment for meteorological measurements on airfields. Edited by L.P. Afinogenov and E.V. Romanov // L.: Hidrometisdat, 1981. – 296 p.
4. Cloud Base Height and Vertical Visibility as Measuring Values / Latenko V.I., Logvynenko I.V., Myronov R.D., Yakymenko M.I. // Scientific papers of UHMI, 2009, Issue 258, P.209 – 217
5. CL31 Ceilometer for Cloud Height Detection / Vaisala, <http://www.vaisala.com>.
6. Cloud Base Height Meter PROMIN. Operating Instructions AAEL.416.135.001 ER.

Рецензія/Peer review : 9.5.2014 р. Надрукована/Printed :25.6.2014 р.

УДК 628.971+628.977

О.В. БАБЕНКО

Вінницький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ТОЧКОВОГО МЕТОДУ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ З КРУГЛОСИМЕТРИЧНИМИ СВІТИЛЬНИКАМИ

Розроблено метод розрахунку системи освітлення з круглосиметричними світильниками, який полягає на розкладі функції сили світла в ряд Фур'є і дозволяє підвищити швидкодію і точність світлотехнічних розрахунків.

Ключові слова: крива сили світла, ряд Фур'є, просторові ізолюкси, світловий потік, світильник.

O.V. BABENKO

Vinnitsa National Technical University

IMPROVING THE SPEED OF OPERATION OF APPLICATION OF THE DOTTED METHOD TO THE CALCULATION OF LIGHTING SYSTEM WITH ROUNDLY SYMMETRICAL LAMPS

The method of calculating the lighting system with roundly symmetrical lamps, which is on schedule features luminous intensity in a Fourier series and can improve the speed and accuracy of the lighting calculations.

Keywords: curve of intensity, Fourier series, spatial isolux, the flux lamp.

Вступ. Системи освітлення є невід'ємною частиною сучасних промислових та цивільних об'єктів. Такі системи повинні задовольняти критеріям надійності, економічності та безпеки для здоров'я людини. Проект освітлювальних установок містить електротехнічну та світлотехнічну частини. Електротехнічна частина призначена для створення надійної і безпечної системи електропостачання освітлення. Натомість друга складова, світлотехнічна – відповідає за вибір світильників, джерел світла та їх розташування.

Аналіз досліджень та публікацій. Для світлотехнічних розрахунків використовуються декілька методів, які зводяться до основних: точковому методу і методу коефіцієнта використання [1]. Метод коефіцієнта використання доцільно застосовувати під час розрахунку загального рівномірного освітлення за відсутності затінь. Точковий метод доцільно застосовувати як за відсутності так і за наявності затінь, як правило, для світильників прямого світла.

Основним етапом розрахунку освітлення за точковим методом є визначення умовної освітленості e (рис. 1а) за кривими ізолюксів для точки робочої поверхні, яка характеризується координатами d (відстань від проекції джерела світла на робочу поверхню до розрахункової точки на робочій поверхні) та

розрахункової висоти h (для випадку розрахунку освітлення від круглосиметричних світильників). Для прикладу, на рис. 1б наведені просторові ізолюкси для світильників з кривими сили світла (КСС) типу Д [1], а на рис. 1в – ізолюкси, що побудовані для конкретного світильника з КСС, подібними до Д [2]. Відповідно до [1] точність результатів розрахунків характеристик системи освітлення (світловий потік джерела світла, кількість світильників) залежить від точності вихідних даних, серед яких є освітленість e .

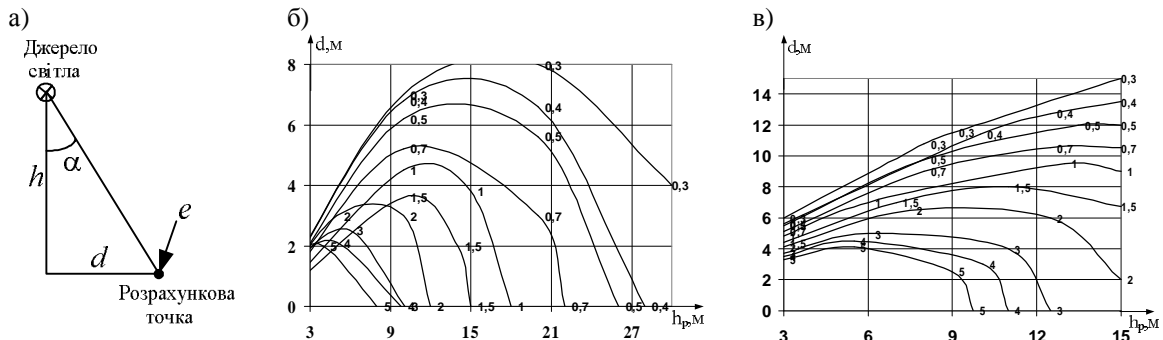


Рис. 1. а) До визначення умовної освітленості; б) Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості від світильників з КСС типу Д; в) Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості для світильника РС108/Г03

Недоліком використання ізолюксів для типових кривих сили світла є немалі похибки визначення умовної освітленості для конкретних світильників, криві світла для яких хоч і схожі на типові, але, в багатьох точках мають розбіжності. Іншим недоліком використання як типових кривих ізолюксів, так і побудованих для конкретних світильників, є зниження точності результату у випадку здійснення інтерполяції, коли точка, що знаходиться на перетині значень d і h буде знаходитись між двома кривими умовної горизонтальної освітленості.

В [1, 3] наведено методики для побудови просторових ізолюксів. Зокрема, для випадку круглосиметричних світильників такі ізолюкси будуються в Декартовій системі координат з використанням виразу

$$e = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (1)$$

де I_{α} – значення сили світла для кута α .

Послідовність побудови така: а) з довідникових даних дістаються значення сили світла для конкретних світильників при заданих кутах α ; б) задається стандартний ряд освітленостей e ; в) визначаються висоти $h = f(e, \alpha)$; г) з верхнього кута координатної площини d, h проводяться промені, що відповідають конкретному куту α , для якого відоме значення сили світла; д) на променях позначають точки із значеннями $[h, \alpha]$ для конкретного значення e ; е) точки з'єднуються плавними лініями.

Відповідно, іншим недоліком застосування ізолюксів, є громіздкість їх побудови. Особливо це відчутно у випадку проведення проектування чи енергетичного аудиту системи освітлення, коли для порівняння пропонується багато типів світильників з різними кривими сили світла.

Звісно, під час проектування часто користуються просторовими ізолюксами, які вже побудовані для конкретних типів світильників в довідниках. Однак, на ринку світлотехнічної продукції постійно розширюється номенклатура світильників і необхідних даних для вибраного світильника може не виявитись. В такому випадку користуються просторовими ізолюксами для схожих за характером світлорозподілу світильників. Це призводить до виникнення похибки визначення умовної горизонтальної освітленості e , яка впливає на результат проектування чи аудиту.

Відповідно, постає актуальним, визначення e аналітично, без використання кривих просторових ізолюксів. Зокрема, для цього зручно використати вираз (1), з якого випливає необхідність знаходження функціональної залежності $I_{\alpha}(\alpha)$. В багатьох працях, зокрема [1, 3] пропонуються вирази для апроксимації типових кривих сил світла, приводяться таблиці з необхідними коефіцієнтами, які використовуються в цих виразах. Основним недоліком цих виразів є їхня неуніверсальність. Тобто, для конкретної кривої сили світла необхідно підібрати свою залежність. До того ж, криві світла реальних світильників дещо відрізняються від типових, що є причиною неточності результатів за використання вищевказаних виразів.

Мета роботи. В даній роботі пропонується формування залежності $I_{\alpha}(\alpha)$ в результаті її розкладу в ряд Фур'є [4]. Для цього необхідні дані I_{α} для конкретних кутів α , які подають виробники в документації до різних типів світильників.

Обґрунтування результатів. Нехай інтервал апроксимації функції сили світла буде $[0; \alpha_{\max}]$. Тут α_{\max} – кут, який охоплює криву сили світла.

Тоді тригонометричний поліном для вказаної функції буде мати вигляд

$$I(\alpha) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^N \left[a_n \cos\left(n \frac{2\pi}{\alpha_{\max}} \alpha\right) + b_n \sin\left(n \frac{2\pi}{\alpha_{\max}} \alpha\right) \right], \quad (2)$$

де N – кількість членів поліному;

α – кут, при якому необхідно знайти значення сили світла ($0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$);

$$a_n = \frac{2}{m} \sum_{k=0}^{m-1} I_k \cos\left(n \frac{2\pi k}{m}\right), \text{ тут } k = 0, 1, 2, \dots, m-1, \text{ де } m - \text{кількість значень сили світла, які взяті з}$$

експериментальної кривої в межах періоду ($0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$);

$$b_n = \frac{2}{m} \sum_{k=0}^{m-1} I_k \sin\left(n \frac{2\pi k}{m}\right).$$

Нехай необхідно здійснити проектування системи освітлення виробничого приміщення, що характеризується значною запиленістю. Параметри приміщення: ширина – 20 м, довжина – 30 м, розрахункова висота – 5 м. На робочих місцях необхідно забезпечити мінімальну освітленість 200 лк.

Пропонується використання світильників РСП-16-400-231, що призначені для загального освітлення запиленіх і вологих промислових приміщень. Джерела світла, що використовуються в даних світильниках – лампи типу ДРЛ, потужністю 400 та 700 Вт.

Значення з кривої сили світла вказаного світильника, що отримані з відповідних паспортних даних, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення сили світла для світильника РСП-16-400-231

A, °	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
I α , кд	123	127	127	132	140	157	191	246	268	285	382	429	314	183	34	8

Результати попереднього розрахунку за методом коефіцієнта використання показали, що доцільно у вказаному приміщенні використати 18 світильників з потужністю ламп 400 Вт і номінальним світловим потоком лампи – 24000 лм.

В результаті використання точкового методу і просторових ізолюксів умовної горизонтальної освітленості від світильників з КСС типу Д (в досліджуваного світильника така КСС)(рис. 1б) встановлено, що розрахункове значення світлового потоку лампи, яка повинна бути використана в світильнику, складає понад 100000 лк. Це вказує на недопустимо велику похибку розрахунку за умови використання ізолюксів, що побудовані на основі типової КСС.

Використовуючи знайдені в [2] просторові ізолюкси для подібного світильника РСП08/Г03, визначено, що розрахунковий світловий потік лампи світильника є 20700 лм, що досить близько до результату, який отриманого з використанням методу коефіцієнта використання.

За найбільш точні вхідні дані приймемо просторові ізолюкси (рис. 2), побудовані для досліджуваного типу світильника на основі значень з реальної кривої сили світла (табл. 1).

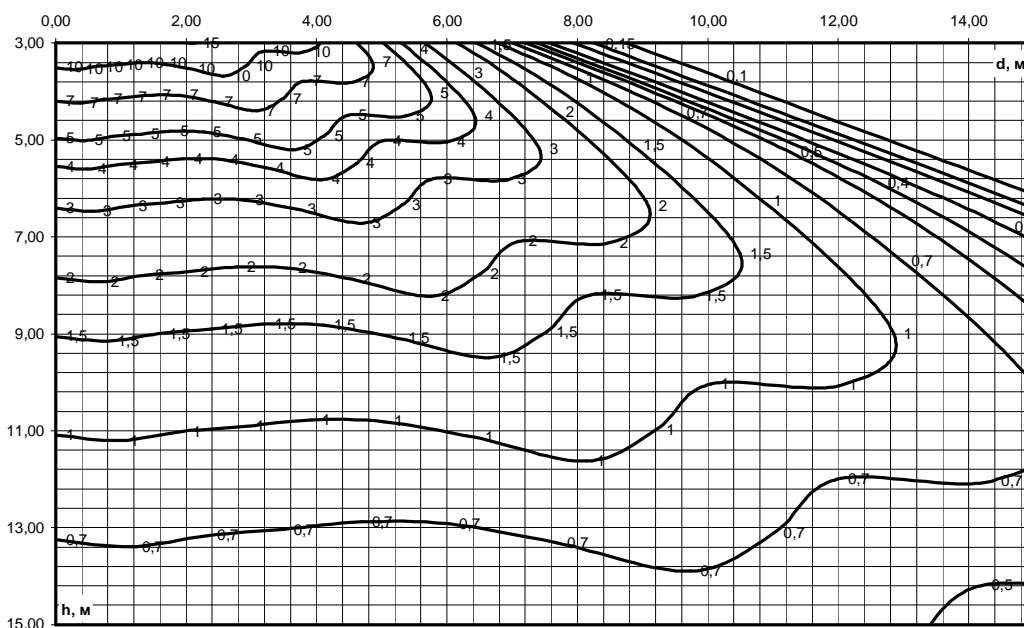


Рис. 2. Просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості для світильника РСП-16-400-231

Застосувавши точковий метод розрахунку освітлення і дані, взяті з рис. 2, отримано, що за умови

використання 18 світильників, достатньо використати лампу із світловим потоком в межах 18020 лм. Отже можна застосувати лампи з меншим світловим потоком ніж 24000 лм, або перерахувати систему освітлення, зменшивши кількість світильників. Тобто є можливість здійснити енергозбереження на підприємстві шляхом підвищення ефективності використання електроенергії в системі освітлення.

Для перевірки ефективності зменшення кількості світильників необхідно здійснити перерахунок системи освітлення за точковим методом, оскільки зміняться відстані між світильниками. Це вимагає нового використання просторових ізолюксів (рис. 3), що пов'язане з додатковим часом.

Існують випадки, наприклад, під час проведення енергетичного аудиту, коли фактор часу дослідження є вагомим. Тоді стають актуальними методи досліджень, які дозволяють максимально автоматизувати процес розрахунку.

Для автоматизованого визначення умовної горизонтальної освітленості e на початку, відповідно до даних (табл. 1), побудовано залежність $I_{\alpha}(\alpha)$ з використанням розкладу в ряд Фур'є і графічним представленням функції в Декартовій системі координат (рис. 3).

Тригонометричний поліном для вказаної функції, що відповідає (2), має вигляд

$$I(\alpha) = 196,6 - 113,2 \cos\left(\frac{2\pi}{75}\alpha\right) - 63,9 \sin\left(\frac{2\pi}{75}\alpha\right) - 28,6 \cos\left(2\frac{2\pi}{75}\alpha\right) + 69 \sin\left(2\frac{2\pi}{75}\alpha\right) + 30,6 \cos\left(3\frac{2\pi}{75}\alpha\right) + 37,8 \sin\left(3\frac{2\pi}{75}\alpha\right) + 13,9 \cos\left(4\frac{2\pi}{75}\alpha\right) - 7,9 \sin\left(4\frac{2\pi}{75}\alpha\right) \text{ К} \quad (3)$$

В даному прикладі було використано шість членів поліному. Однак, моделювання показало, що за наявної кількості вхідних даних про значення сили світла (шістнадцять), достатньо використати три-чотири членний поліном.

З рис. 3 видно, що після кута 40° теоретична і реальна функція починають більше розходитись. Проте, особливість точкового методу полягає в тому, що із збільшенням кута освітлення суттєво зменшується створювана в точці освітленість. Тому, неточність визначення освітленості в точці, що створюється віддаленими світильниками, незначно спотворює результат розрахунку. Разом з тим, збільшуючи кількість даних про значення сили світла світильника при відповідних кутах падіння світлового потоку, можна досягти зменшення розбіжності між фактичною і теоретичною функціями $I_{\alpha}(\alpha)$.

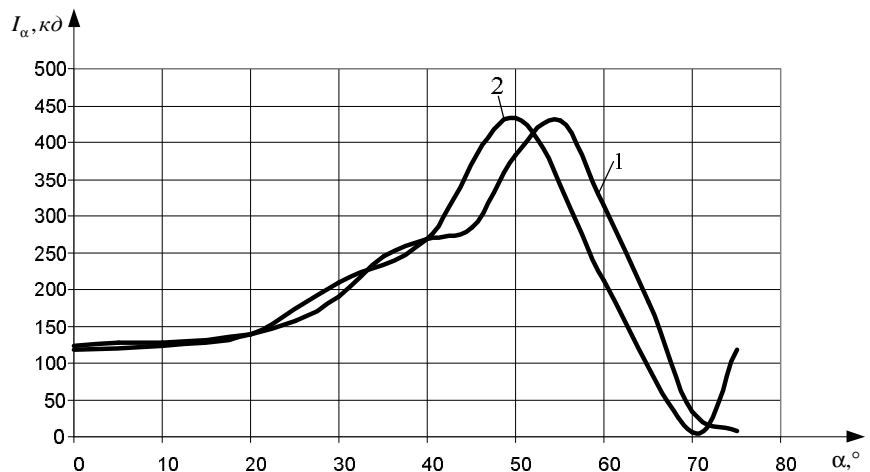


Рис. 3. 1 – реальна крива сили світла для світильника РСП-16-400-231, побудована в Декартовій системі координат;
2 – апроксимована функція $I_{\alpha}(\alpha)$ з використанням розкладу в ряд Фур'є

В результаті комп'ютерне моделювання з використанням виразів (1) і (3) встановлено, що для досягнення мінімальної освітленості 200 лк в найбільш віддаленій точці робочого простору приміщення, розрахункове значення світлового потоку світильника може бути 19000 лм. Це значно менше за значення 24000, яке використано під час розрахунку методом коефіцієнта використання. Отже, в системі освітлення можна використати або лампи меншої потужності, або ж зменшити кількість світильників з лампами, потужністю 400 Вт.

Вважаючи найбільш точним розрахунок системи освітлення з використанням експериментально побудованих просторових ізолюксів і в результаті проведених відповідних розрахунків можна сказати, що похибка визначення світлового потоку лампи, яку необхідно встановити для досягнення необхідної освітленості за використанням аналітичної функції кривої сили світла (3), складає 5,6 %, а похибка визначення світлового потоку лампи з використанням просторових ізолюксів схожого світильника, знайденого в довідниковій літературі (рис. 1в), становить 14,9%.

Висновки

Запропоновано метод розрахунку системи освітлення з круглосиметричними світильниками, який полягає на розкладі функції сили світла в ряд Фур'є з подальшим її графічним представленням в Декартовій системі координат. Він дозволяє підвищити швидкодію і точність використання точкового методу через наявність більш об'єктивної вхідної інформації, якою є значення сили світла світильника при певних кутах.

В результаті запропонованого методу відпадає необхідність будувати просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості, оскільки така освітленість визначається аналітично, а не графічно.

Література

1. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н. – СПб. : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / [Кнорринг Г. М., Оболенцев Ю. Б., Берим Р. И., Крючков В. М.]; Під ред. Г. М. Кнорринга. – Л. : Энергия, 1976. – 384 с.
3. Кнорринг Г. М. Светотехнические расчёты в установках искусственного освещения / Г. М. Кнорринг. – Л. : Энергия, 1973. – 200 с.
4. Овчинников П. П. Вища математика : Підручник у 2-х томах. Ч.2 / Овчинников П. П., Яремчук Ф. П., Михайленко В. М., 3-е вид. – К. : Техніка, 2008. – 792 с.

References

1. Knorryn H. M. Spravochnaya knyha dlya proektyrovannya elektrycheskoho osvshchenyya / Knorryn H. M., Fady N. Y. M., Sydorov V. N. – SPb. : Enerhoatomizdat, 1992. – 448 s.
2. Spravochnaya knyha dlya proektyrovannya elektrycheskoho osvshchenyya / [Knorryn H. M., Obolentsev Yu. B., Berym R. Y., Kryuchkov V. M.]; Pid red. H. M. Knorryna. – L. : Enerhyya, 1976. – 384 s.
3. Knorryn H. M. Svetotekhnicheskye raschoty v ustanovkakh yskusstvennoho osvshchenyya / H. M. Knorryn. – L. : Enerhyya, 1973. – 200 s.
4. Ovchynnykov P. P. Vyshcha matematyka : Pidruchnyk u 2-kh tomakh. Ch.2 / Ovchynnykov P. P., Yaremchuk F. P., Mykhaylenko V. M., 3-e vyd. – K. : Tekhnika, 2008. – 792 s.

Рецензія/Peer review : 2.5.2014 р. Надрукована/Printed :25.6.2014 р.

Рецензент: доктор технічних наук, професор кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету Бурбело М. Й.

УДК 621.317

О.М. ВАСІЛЕВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

В.М. ДІДИЧ

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ АКТИВНОСТІ ІОНІВ

Розроблено метрологічне забезпечення вимірювань активності іонів, що дозволяє виконувати оцінювання характеристик точності вимірювань з урахуванням концепції невизначеності вимірювань та подавати результати вимірювань, які можна порівняти з результатами отриманими різними лабораторіями у різних країнах світу.

Ключові слова: метрологічне забезпечення, активність іонів, невизначеність вимірювань, характеристики точності.

O. M. VASILEVSKYI

Vinnitsia National Technical University

V. M. DIDICH

Vinnitsia National Medical University named after N. I. Pirogov

METROLOGICAL SUPPORT OF MEASUREMENTS OF ACTIVE IONS

Developed metrological assurance of activity measurements of ions, which allows evaluating the characteristics of the measurement accuracy based on the concept of measurement uncertainty and present the results of measurements that can be compared with the results obtained by different laboratories around the world.

Keywords: metrological support, ion activity, measurement uncertainty, accuracy specifications.

Вступ

Відсутність метрологічного забезпечення вимірювань активності іонів, що відповідає міжнародним стандартам, в частині оцінювання характеристик точності вимірювання та подання результатів вимірювання, унеможливило проведення сертифікації продукції чи послуг на відповідність міжнародним нормативно-технічним документам, системі якості та системі управління якістю, а також не дозволяє порівняти результати досліджень, що отримані вітчизняними лабораторіями з результатами, яких досягли лабораторії провідних країн світу. Це приводить до необхідності розробки метрологічного забезпечення з урахуванням сучасних міжнародних вимог до оцінювання характеристик точності вимірювань для забезпечення міжнародної єдності вимірювань. Розробка метрологічного забезпечення, яке б відповідало міжнародним стандартам з оцінювання якості вимірювань, дозволяло проводити сертифікацію продукції чи послуг та забезпечувало єдність вимірювань активності іонів є актуальною науковою задачею, вирішення якої дозволить виконувати порівняння результатів вимірювань отриманих різними лабораторіями в різних країнах світу та забезпечить конкурентоспроможність вітчизняної продукції на світовому ринку.

Отже, метою даної статті є розробка такого метрологічного забезпечення вимірювань активності