

Вимірюйте  
усе доступне вимірюванню  
й робіть недоступне вимірюванню  
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

# Метрологія



# Та прилади

METROLOGY  
AND  
INSTRUMENTS

№ 2(76), 2019

Науково-виробничий журнал  
Scientific and production journal

## Засновники:

Академія метрології України,  
Харківський національний  
університет радіоелектроніки (ХНУРЕ),  
Державне підприємство  
«Всеукраїнський державний  
науково-виробничий центр  
стандартизації, метрології, сертифікації  
та захисту прав споживачів»  
(ДП «Укрметрестандарт»),  
ТОВ Виробничо-комерційна  
фірма (ВКФ) «Фавор ЛТД»

Видається з березня 2006 року  
Рік випуску тринадцятий  
Передплатний індекс 92386

## Головний редактор

Володарський Є. Т., д. т. н., проф.

## Редакційна колегія:

Величко О.М., д. т. н., проф.  
Захаров І.П., д. т. н., проф.  
Коломієц Л.В., д. т. н., проф.  
Косач Н.І., д. т. н., проф.  
Кошева Л.О., д. т. н., проф.  
Кошовий М.Д., д. т. н., проф.  
Кучерук В.Ю., д. т. н., проф.  
Кухарчук В.В., д. т. н., проф.  
Назаренко Л.А., д. т. н., проф.  
Пістун Є.П., д. т. н., проф.  
Середюк О.Є., д. т. н., проф.  
Туз Ю.М., д. т. н., проф.

## Іноземні члени редколегії:

Tadeusz Skubis, dr hab. inz., prof.  
(Польща)  
Zygmunt Warsza, doc., dr inz. (Польща)  
Михалченко В.М., к. т. н. (Казахстан)

## Редакційна група:

Фісун В.П., заступник головного  
редактора  
Винокуров Л.І., науковий редактор —  
відповідальний секретар  
Проненко М.П., модератор сайту,  
дизайнер  
Зайцев Ю.О., дизайнер-верстальник

Журнал **рекомендовано до друку**  
вченою радою ХНУРЕ  
(протокол №4 від 03.05.2019)

## Адреса редакції:

61002, Харків, вул. Куликівська, 11;  
Тел.: (057) 706-00-36; (095) 00-68-665  
E-mail: metrolog-prylady@ukr.net  
<http://www.amu.in.ua/journal1>  
<https://mmi-journal.org/index.php/journal>

## Видавець та виготовлювач:

ВКФ «Фавор ЛТД»  
61140, Харків, пр-т. Гагаріна, 94-А, кв. 35;  
Свідоцтво про внесення  
до Держреєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції  
серія ХК № 90 від 17.12.2003.

Підписано до друку 06.05.2019.  
Формат 60×84/8. Папір крейдований.  
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.  
Друк офсетний. Тираж 400 прим.  
Замовлення № 17.

© «Метрологія та прилади», 2018

Журнал **zareestrovano**  
у Міністерстві юстиції України,  
свідоцтво  
серія **KB № 22796-12696PP**  
від **03.07.2017**;  
**включено** до Переліку наукових  
фахових видань України, наказ  
Міністерства освіти і науки України  
**№ 747 від 13.07.2015**  
Журнал **включено** до Міжнародної  
наукометричної бази даних  
**Index Copernicus**, лист від **08.03.2013**

The Journal is **Registered**  
in Ministry of Justice of Ukraine,  
Certificate series **KB № 22796-12696PP**  
dated **03.07.2017**;  
**is included** in the List of scientific  
professional editions of Ukraine,  
the order of the Ministry of Education  
and Science of Ukraine  
**No. 747 dated 13.07.2015**  
The journal is **included** in the  
International Scientific Databases **Index**  
**Copernicus**, Letter dated **08.03.2013**

## Co-founders:

Kharkiv National University  
of Radio Electronics (KNURE);  
Public Organization  
«Academy of Metrology of Ukraine»;  
State Enterprise «Ukrainian State  
Research and Production Centre  
for Standardisation, Metrology,  
Certification and Consumers  
Rights Protection»  
(SE «Ukrmetreststandart»);  
LLC Production and Commercial Firm  
(PCF) «FAVOR, LTD»

Published since march **2006**.  
Release year thirteenth  
Subscription index **92386**.

## Chief editor:

Volodarskyi Ye.T., D.Sc. (Eng.), prof.

## Editorial board:

Kolomyiets L.V., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kosach N.I., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kosheva L.O., D.Sc. (Eng.), prof.  
Koshovyi M.D., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kucheruk V.Yu., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kukharchuk V.V., D.Sc. (Eng.), prof.  
Nazarenko L.A., D.Sc. (Eng.), prof.  
Pistun Ye.P., D.Sc. (Eng.), prof.  
Serediuk O.Ye., D.Sc. (Eng.), prof.  
Tuz Yu.M., D.Sc. (Eng.), prof.  
Velychko O.M., D.Sc. (Eng.), prof.  
Zakharov I.P., D.Sc. (Eng.), prof.

## Foreign members of the editorial board:

Tadeusz Skubis, prof. dr hab. inz.  
(Poland)  
Zygmunt Warsza, doc., dr inz. (Poland)  
Mykhailchenko V.M., Ph.D.  
in Engineering Science (Kazakhstan)

## Advisory Board:

Bolshakov V.B., D.Sc. (Eng.), S.Sc.Off.  
Deputy Chief Editor  
Kuzmenko Yu.V., Ph.D. (Eng.), S.Sc.Off.,  
Petryshyn I.S., D.Sc. (Eng.), prof.  
Rozhnov M.S., Ph.D. (Chem.), S.Sc.Off.  
Surdu M.M., D.Sc. (Eng.), prof.

## Editorial Team:

Fisun V.P., Deputy Chief Editor  
Vynokurov L.I., Scientific Editor,  
Executive Secretary  
Pronenko M.P., site moderator, designer  
Zaitsev Yu.O., maker-up designer

## The journal is recommended for publication

by the scientific council of KNURE  
(protocol number 4 dated 03.05.2019)

## Editorial Address:

61002, Kharkiv, st. Kulikovskaya, 11;  
tel.: (057) 706-00-36; (095) 00-68-665  
e-mail: metrolog-prylady@ukr.net  
<https://mmi-journal.org/index.php/journal>  
<http://www.amu.in.ua/journal1>

## Publisher and manufacturer:

PCF «Favor LTD»  
61140, Kharkiv,  
pr-t. Gagarin, 94-A, sq. 35;  
Certificate of inclusion in the State  
Register of Publishers, Manufacturers  
and Distributors of Publishing Products,  
series XK № 90 dated 17.12.2003.

Signed for printing dated 06.05.2019  
Format 60 × 84/8. Paper is coated.  
Conditional printed sheets 8.43.  
Accounting and publishing sheets 7.13.  
Offset printing. Circulation 400 copies  
Order number 17.

ISSN (print) 2307-2180  
ISSN (online) 2663-9564  
DOI: 10.33955/2307-2180

© «Metrology and Instruments», 2018

<b>МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ</b>	<b>METHODS AND PROCEDURES</b>
Сіренко М., Горкунов Б., Львов С., Саліба Абдел Нур Автоматизований пристрій магнітного контролю виробів складних форм із електротехнічних сталей ..... 3	Sirenko N., Gorkunov B., Lvov S., Saliba Abdel Nour Automated Device for Magnetic Control of Products of Complex Forms Made from Electrotechnical Steels
<b>ПОВІРКА ТА КАЛІБРУВАННЯ</b>	<b>VERIFICATION AND CALIBRATION</b>
Величко О., Шевкун С., Мещеряк О., Добролюбова М. Калібрування установок для перевірки секундомірів ..... 11	Velychko O., Shevkun S., Meshcheriak O., Dobroliubova M. Calibration of the Plants for Verification of Stopwatches
<b>ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ</b>	<b>ACCURACY AND RELIABILITY</b>
Олійник О., Тараненко Ю. Метод точного визначення частот і форм коливань резонатора вібраційного датчика ..... 16	Oliyynk O., Taranenko Y. The Method of Accurate Determination of Frequencies and Modes of Vibration of the Resonator of the Vibration Frequency Sensor
<b>ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ</b>	<b>MEASURING INSTRUMENTS AND SYSTEMS</b>
Серіков Я. Розроблення приладів для системи моніторингу міцнісних характеристик бетону в експлуатованих будинках і спорудах на основі ультразвукового імпульсного методу ..... 22	Serikov Ya. Development of Devices for the System of Monitoring the Strength Features of Concrete in Operated Buildings and Structures Based on the Ultrasonic Pulse Method
<b>МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b>	<b>METROLOGICAL ASSURANCE</b>
Берестов Р., Кравченко І., Гоц Н., Паракуда В. Огляд системи метрологічного забезпечення спектрометрії іонізуючого $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - випромінювання ..... 28	Berestov R., Kravchenko I., Hots N., Parakuda V. Metrology System of Ionizing Spectrometry $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - Radiation
<b>ПОХИБКИ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ</b>	<b>ERRORS AND UNCERTAINTY</b>
Ігнаткін В. Особливості аналізу динамічної похибки в процесі оцінювання метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки ..... 36	Ignatkin V. Features of Dynamic Error Analysis in the Process of Evaluation of Metrological Reliability of Measuring Equipment
<b>МОДЕЛІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ</b>	<b>MODELS AND MODELING</b>
Стенцель Й., Поркуян О., Литвінов К., Сотнікова Т. Математичні моделі додаткових похибок вимірювання засобів контролю ..... 43	Stentsel Y., Porkuiyan O., Litvinov K., Sotnikova T. Mathematical Models of Additional Measurement Errors of Control Means
<b>НАНОМЕТРОЛОГІЯ</b>	<b>NANOMETROLOGY</b>
В. Ковальчук, Л. Коваленко, М.В. Сморг Нанометрологія: оптичні властивості Si — нанокластерів ..... 52	V. Kovalchuk, L. Kovalenko, M. Smorgh Nanometrology: Optical Properties of Si-NanoClusters
<b>ВІЙСЬКОВА МЕТРОЛОГІЯ</b>	<b>MILITARY METROLOGY</b>
Корецький Е., Шевкун С., Головня М., Мещеряк О., Бойко В., Гаврилов А., Світенко М., Троцько М. Проблеми та шляхи вирішення завдань з контролю та управління передаванням еталонних сигналів часу та частоти в Збройних Силах України ..... 57	Koretsky E., Shevkun S., Golovnya M., Mesheryak O., Bojko V., Gavrilov A., Svitenko M., Trotsko M. Problems and Ways to Take Objectives with the Control and Management by the Transmission of Ethnic Time and Frequency Signals in the Armed Forces of Ukraine
<b>ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ</b>	<b>APPLICATION AND EXPLOITATION</b>
Баранов Г., Габрук Р., Горішна І. Особливості використання імпульсно-доплерівських радарів для визначення маловисотних цілей ..... 62	Baranov G., Gabruk R., Gorishna I. Features of Using Pulse-Doppler Radars for Determination Low-Altitude Targets
<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ</b>	<b>LIFE SAFETY</b>
Назаренко Л., Кононенко Г., Можаровська Т., Чернець В. Мезопічна фотометрія і вуличне освітлення ..... 67	Nazarenko L., Kononenko H., Mozharovska T., Chernets V. Mesopic Photometry and Street Lighting
<b>ІНФОРМАЦІЯ</b> ..... 21	<b>INFORMATION</b>

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.3-10

УДК 621.317.44

# АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ МАГНІТНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ СКЛАДНИХ ФОРМ ІЗ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СТАЛЕЙ

**Automated Device for Magnetic Control  
of Products of Complex Forms Made  
from Electrotechnical Steels**

**М. Сіренко**, кандидат технічних наук,  
професор кафедри комп'ютерних та радіоелектронних  
систем контролю та діагностики,  
e-mail: sirnn2@gmail.com,

**Б. Горкунов**, доктор технічних наук,  
професор кафедри інформаційно-вимірвальних  
технологій і систем,  
e-mail: b.gorkunov51@gmail.com,

**С. Львов**, кандидат технічних наук,  
професор кафедри,  
e-mail: sgl8ntu@gmail.com,

**Саліба Абдел Нур**, аспірант кафедри,  
e-mail: abdel.nour.saliba@gmail.com,  
Національний технічний університет «Харківський  
політехнічний інститут», Україна

**N. Sirenko**, candidate of technical sciences,  
professor of computer and radio-electronic systems  
for testing and diagnostics department,  
e-mail: sirnn2@gmail.com,

**B. Gorkunov**, doctor of technical sciences,  
professor of Information and measuring technologies  
and systems department,  
e-mail: b.gorkunov51@gmail.com,

**S. Lvov**, candidate of technical sciences,  
professor of the department,  
e-mail: sgl8ntu@gmail.com,

**Saliba Abdel Nour**, postgraduate of the department,  
e-mail: abdel.nour.saliba@gmail.com,  
National technical university «Kharkiv polytechnic  
institute», Ukraine

*Розроблено метод магнітного контролю зразків із електротехнічних сталей різної форми. Запропоновано використання пермеаметрів, які не потребують нанесення вимірвальних обмоток на дослідний зразок і дозволяють автоматизувати процес контролю. Наведено функціональну схему автоматизованого пристрою, що реалізує диференційний метод магнітного контролю, розроблено методику градування пермеаметрів та проведено розрахунки основних метрологічних параметрів і технічних характеристик пристрою.*

*This study proposes the device for indirect measurement of magnetic induction, with the given value of magnetic field strength, in electrotechnical steel samples of complex form with application of two permeameters. The testing of enclosed form samples requires preliminary labor-intensive coiling of magnetization and measuring windings, which is not suitable for automation of express testing. Express testing of products from electrotechnical steels is usually related to the measurement of not absolute values, but the values of deviation, taking into account the sign of the selected conventional*

*«standard» value. Therefore, for such measurements implementation it is necessary to apply methods of comparison with the measure. The most suitable for this purpose is a differential measurement method. Comparing the increase of accuracy of testing in comparison with analogues, the design of a permeameter implies coiling of the measuring winding of four sections and their placement on the magnetic circuit on both sides of the zones of contact with the controlled product. Besides that, the windings in each pair of sections are connected in series, and the pairs of coils themselves — in series in accordance. This allows to measure the voltage on the terminals of the measuring winding, which only depends on the working magnetic flux passing through the cross section of the sample. This does not take into account magnetic dispersion flows from the magnetic circuit, which are sources of errors. This constructive technique achieves one more objective — increasing the sensitivity of the permeameter, which is adjustable since its value depends on the number of turns of the measuring winding. Obtained results allow to solve the problem of automation of the routine magnetic control of products of complex form from thin-sheet electrical steel in conditions of its mass production.*

**Ключові слова:** магнітна індукція, пермеаметр, диференційний метод, чутливість, магнітний контроль, градування.

**Keywords:** magnetic induction, permeameter, differential method, sensitivity, magnetic testing, calibration.

**М**агнітні випробування виробів розімкненої форми (полоси) із електротехнічних сталей традиційно проводять у постійних магнітних полях із використанням апарату Епштейна та попереднім виготовленням необхідної кількості зраз-

ків [1]. Вимірюваними величинами зазвичай є індукція за заданого (стандартного) значення напруженості магнітного поля [1]. Але випробування зразків замкненої форми (наприклад, кільцевої) потребують попереднього трудомісткого процесу нанесення

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.11-15

УДК 621.373.8

# КАЛІБРУВАННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВІРКИ СЕКУНДОМІРІВ

## Calibration of the Plants for Verification of Stopwatches

**О. Величко**, доктор технічних наук, професор,  
директор науково-виробничого інституту,  
e-mail: velychko@ukrcsm.kiev.ua,

**С. Шевкун**, кандидат технічних наук,  
начальник науково-дослідного відділу,  
e-mail: shevkun@ukrcsm.kiev.ua,

**О. Мещеряк**, начальник науково-дослідної  
лабораторії вимірювань часу і частоти,  
e-mail: omeshcheriak@ukrcsm.kiev.ua,  
ДП «Укрметрестандарт», м. Київ, Україна,

**М. Добролюбова**, кандидат технічних наук, доцент,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського»,  
e-mail: m.dobroliubova@ukr.net

**O. Velychko**, doctor of technical sciences, professor,  
director of the scientific-production institute,  
e-mail: velychko@ukrcsm.kiev.ua,

**S. Shevkun**, candidate of technical sciences,  
head of research department,  
e-mail: shevkun@ukrcsm.kiev.ua,

**O. Meshcheriak**, head of research laboratory,  
e-mail: omeshcheriak@ukrcsm.kiev.ua,  
SE «Ukrmetrteststandard»,  
Kyiv, Ukraine,

**M. Dobroliubova**, candidate of technical sciences,  
associate professor, National Technical University  
of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv  
Polytechnic Institute»,  
e-mail: m.dobroliubova@ukr.net

*Представлено метод калібрування установок для повірки секундомірів за допомогою частотоміра електронно-лічильного CNT-90. Програмне забезпечення частотоміра електронно-лічильного CNT-90 дозволяє здійснювати обчислення результатів повірки та калібрування (відхилення показів вимірювання часу та показників нестабільності) в автоматичному режимі. Наведені модель калібрування та бюджет невизначеності для установки для повірки (калібрування) секундомірів.*

*The method of calibration of plants for verification of stopwatches with the help of the electronic-counting CNT-90 frequency meter is presented. The measurement circuits for verification (calibration) of reference plants for verification (calibration) of stopwatches are given. The device for synchronous start, which is based on the transformation of the motion signal of the moving part of the plant into an electrical signal of direct current using optical sensors, is used in the measuring circuit for calibration plants of mechanical stopwatches, and, the device for synchronous start, which is based on the transformation of the audio signal of an electronic stopwatch into an electrical signal of direct current using microphone, is used in the measuring circuit for calibration plants of electronic stopwatches.*

*An example of the applying of the CNT-90 electronic frequency counter software is provided, which allows you to calcu-*

*late the verification and calibration results (rejections the measurements of time and instability indexes) in the automatic mode. The calibration model and uncertainty budget for calibration of stopwatches are presented. The components of Type A and B, in accordance with calibration model are recorded when calculating the combined standard uncertainty in the form of standard uncertainties.*

*The components of Type B:*

- *standard uncertainty due to the electronic counting frequency meter readings from the nominal value is taken from the calibration certificate of the frequency meter;*
- *standard uncertainty due to the drift of an electron-counting frequency meter since its last calibration;*
- *standard uncertainty due to the discreteness of indications of the plant indicator;*
- *standard uncertainty due to the effect of the device for synchronous start.*

*The method of verification and calibration of installations for verification (calibration) of stopwatches, which are describe in the article, can be used in scientific metrological institutions, state enterprises, metrological services of state bodies, by enterprises and organizations, conformity assessment bodies of measuring instruments and in any other laboratories which have appropriate equipment and required standards.*

**Ключові слова:** калібрування, установка для повірки секундомірів, невизначеність вимірювань, частотомір електронно-лічильний, програмне забезпечення.

**Keywords:** calibration, calibration installation for verification of stopwatches, uncertainty of measurements, electronic frequency meter, software.

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.16-21

УДК 621.3

# МЕТОД ТОЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТ І ФОРМ КОЛИВАНЬ РЕЗОНАТОРА ВІБРОЧАСТОТНОГО ДАТЧИКА

**The Method of Accurate Determination  
of Frequencies and Modes of Vibration  
of the Resonator of the Vibration Frequency Sensor**

**О. Олійник**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих  
технологій і метрології,  
ORCID.ORG/0000-0003-2666-3825,  
e-mail: oleinik\_o@ukr.net,

**Ю. Тараненко**, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри,  
ORCID.ORG/0000-0003-4072-011,  
e-mail: taranen@rambler.ru,  
Український державний хіміко-технологічний  
університет, м. Дніпро, Україна

**O. Oliynyk**, candidate of technical sciences, associate  
professor of the department of computer-integrated  
technologies and metrology,  
ORCID.ORG/0000-0003-2666-3825,  
e-mail: oleinik\_o@ukr.net,

**Y. Taranenko**, doctor of technical sciences, professor,  
head of the department,  
ORCID.ORG/0000-0003-4072-011,  
e-mail: taranen@rambler.ru,  
Ukrainian state chemical technology  
university, Dnipro, Ukraine

Розроблено точний метод визначення частот і форм коливань резонатора віброчастотного датчика внаслідок застосування точного спрощення основних рівнянь резонансних коливань резонатора з урахуванням жорсткості (піддатливості) опор та їх розміщення. Відхилення параметрів геометрії резонатора від ідеальних (номінальних) і неоднорідність матеріалу резонатора впливають на метрологічні характеристики віброчастотного датчика. Проте наявні технології не забезпечують можливості виготовлення резонаторів з номінальними параметрами.

Наявні чисельні алгоритми розрахунків частот і форм коливань резонаторів, які використовують для оцінки основної частоти коливальної системи, не враховують динамічних характеристик. Точність частоти коливань резонатора залежить від вибору форми коливань, яку іноді важко заздалегідь передбачити.

Практичні завдання вимагають виконання розрахункових робіт з необхідною точністю. Через відсутність точного методу визначення частот і форм коливань резонатора віброчастотного датчика, який би враховував тип кріплення та розташування опор, проектувальники змушені адаптувати наявні підходи та моделі розрахунків до конкретних вимірювальних умов.

Тому на практиці застосовують спрощені й наближені методи розрахунку. За наявності зосереджених мас і у разі врахування розсіювання енергії в місцях закріплення резонатора методи розрахунку стають більш трудомісткими. У деяких випадках можливість математичного трактування завдання стає здійсненою лише за умови введення у розрахунок деяких спрощень.

Запропонований метод точного визначення частот і форм коливань резонатора віброчастотного датчика базується на методі Крилова. Визначення власних форм і частот коливань трубопроводу здійснюється інтеграцією вихідного диференціального рівняння вільних поперечних коливань резонатора для різних типів закріплення кінців. Наведено результати програмної реалізації моделі в програмному середовищі Python.

The article is devoted to the development of an accurate method for determining the frequencies and vibration modes of a resonator of a vibration-frequency sensor by applying an exact simplification of the basic equations of resonant oscillations of a resonator taking into account the rigidity (compliance) of the supports and their location. The deviation of the parameters of the geometry of the resonator from the ideal and the heterogeneity of the material of the resonator affect the metrological characteristics of the vibration frequency sensor. However, existing technologies do not provide the possibility of manufacturing resonators with nominal parameters.

The existing numerous algorithms for calculating the frequencies and waveforms of resonators are used to estimate the fundamental frequency of an oscillating system that do not take into account the dynamic characteristics. The accuracy of the oscillation frequency of the resonator depends on the choice of the mode of oscillations, which is sometimes difficult to predict in advance.

Practical tasks require performing design work with the required accuracy. The lack of an accurate method for determining the frequencies and modes of vibration of the resonator of the vibration-frequency sensor, which would take into account the type of mounting and location of resistance, designers have



О. Олійник



Ю. Тараненко

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.22-27

УДК 658.516:681.2

# РОЗРОБЛЕННЯ ПРИЛАДІВ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІЦНІСТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ В ЕКСПЛУАТОВАНИХ БУДИНКАХ І СПОРУДАХ НА ОСНОВІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МЕТОДУ

## Development of Devices for the System of Monitoring the Strength Features of Concrete in Operated Buildings and Structures Based on the Ultrasonic Pulse Method

**Я. Серіков**, кандидат технічних наук, професор,  
Харківський національний університет міського  
господарства ім. А.М. Бекетова, Україна,  
e-mail: s0509088828@ gmail.com

**Ya. Serikov**, candidate of technical sciences, professor,  
O.M. Beketov National University of Urban Economics  
in Kharkiv, Ukraine,  
e-mail: s0509088828@ gmail.com

*Експлуатовані будівельні об'єкти мають визначений життєвий термін. З метою забезпечення надійності експлуатації у них повинні здійснюватися періодичне обстеження, моніторинг стану будівельних матеріалів, конструкційних елементів. Для вирішення цього завдання розроблено систему обстеження й моніторингу. Описані розроблені структура такої системи й прилади для вимірювання необхідних характеристик у підсистемі контролю міцності й структури бетону ультразвуковим імпульсним методом.*

*Operation of buildings and structures for various purposes is accompanied by an impact on their structural elements, building materials, and a complex of negative factors. These factors include the lifespan, climatic parameters, static and dynamic loads, dustiness, air pollution, etc. Their action worsens the physico-mechanical characteristics, the structure of concrete. This reduces the reliability of*

*structural elements, reduces the life of the construction object. In DBN V.1.2-14-2009 «The system of ensuring the reliability and safety of construction objects» set the classification of construction objects by classes of consequences in the event of an accident. The estimated lifetimes of each type of construction objects are also determined. Extension of life is allowed only after inspection and evaluation of the technical condition of the construction object, material characteristics, through the determination of the degree of their compliance with regulatory requirements. The importance of obtaining reliable survey results requires the improvement of relevant instruments and metrology. The described developed system of monitoring of construction objects, as well as instrumentation and system based on the ultrasonic pulse method. They are designed to control the physico-mechanical characteristics, the structure of concrete and other building materials. The developed devices and system are characterized by increased accuracy, reliability and reliability of measurements.*

**Ключові слова:** будівельні об'єкти, життєвий термін, бетон, дефекти, обстеження, ультразвуковий імпульсний метод.  
**Keywords:** construction objects, life expectancy, concrete, defects, inspection, ultrasonic pulse method.

**Е**ксплуатовані будинки, конструкції і споруди (будівельні об'єкти) характеризуються значним переліком типів конструкційних будівельних елементів і відрізняються часом експлуатації, рівнем впливу на них кліматичних і різного виду виробничих шкідливих факторів, фізико-механічними характеристиками, культурною та історичною цінністю. Логічним наслідком процесу експлуатації таких об'єктів є те, що негативні фактори зумовлюють появу дефектів у матеріалах конструкційних елементів, які знижують їх надійність, призводять до скорочення життєвого терміну.

З метою систематизації переліку будівельних об'єктів, уникнення аварійних ситуацій в Україні створено методологічну основу — ДБН В.1.2-14-2009 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів» [1]. Положеннями цього документа встановлено класифікацію будівельних об'єктів за класами наслідків у разі аварійної ситуації, категорії відповідальності конструкційних елементів, об'єктів за рівнем можливих матеріальних збитків чи (і) соціальних втрат. Визначено також орієнтовні терміни експлуатації будівель та інженерних споруд. При цьому продовження терміну експлуатації (життєвого терміну) понад встановлений строк допускається лише після проведення обстеження й оцінки технічного стану конструкційних елементів, об'єкта в цілому [2]. У відповідності з положеннями ДБН В.1.2-14-2009



© Серіков Я., 2019

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.28-35

УДК 539.1.073

# ОГЛЯД СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПЕКТРОМЕТРІЇ ІОНІЗУЮЧОГО $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - ВИПРОМІНЕННЯ

**Metrology System  
of Ionizing Spectrometry  
 $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - Radiation**

**Р. Берестов**, провідний інженер,  
ORCID ID 0000-0001-6368-7362,  
e-mail: Ruslan\_B@i.ua,

**І. Кравченко**, генеральний директор,  
e-mail: office@centr.bcdst.kiev.ua,  
ДП «Київоблстандартметрологія», м. Біла Церква, Україна,

**Н. Гоц**, доктор технічних наук, професор кафедри  
інформаційно-вимірювальних технологій,  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
м. Львів, Україна,  
e-mail: nataliia.y.hots@lpnu.ua,

**В. Паракуда**, директор, кандидат технічних наук,  
ДП «Науково-дослідний інститут метрології  
вимірювальних і управляючих систем»  
(ДП НДІ «Система»), м. Львів, Україна,  
e-mail: vasyi.v.parakuda@lpnu.ua

**R. Berestov**, leading engineer,  
ORCID ID 0000-0001-6368-7362,  
e-mail: Ruslan\_B@i.ua,

**I. Kravchenko**, general director,  
e-mail: office@centr.bcdst.kiev.ua,  
SE «Kyivoblstandartmetrology», Bila Tserkva, Ukraine,

**N. Hots**, doctor of technical sciences,  
professor of the department of measuring information  
technologies,  
National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine,  
e-mail: nataliia.y.hots@lpnu.ua,

**V. Parakuda**, candidate of technical sciences,  
State Enterprise «Scientific-research Institute  
for Metrology Of Measurement And Control Systems»  
(DP NDI «Systema»), Lviv, Ukraine,  
e-mail: vasyi.v.parakuda@lpnu.ua,

*Розглянуто елементи системи метрологічного забезпечення спектрометрії іонізуючого  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - випромінювання, як основи аналізу та контролю вмісту радіонуклідів у об'єктах навколишнього середовища, продуктах харчування, ґрунтах; аналізу чистоти радіонуклідної сировини з метою виявлення домішок радіонуклідів, контролю в атомній енергетиці ступеня вигорання твєлів, визначення вмісту природних радіоактивних речовин у руді, природних та техногенних радіонуклідів у живих організмах тощо. Проведено аналіз законодавчої, нормативної, наукової, технічної та методичної основ метрологічного забезпечення спектрометрії іонізуючого випромінювання. Розглянуто основні задачі прикладної спектрометрії іонізуючого  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - випромінювання. Вказано на необхідність створення нових нормативних та методичних документів на заміну скасованим для прикладного використання спектрометрії  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання, системних заходів у метрологічному забезпеченні наукової діяльності за переходу до невизначеності вимірювання.*

*The elements of the system of metrological support for the spectrometry of ionizing  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - radiation as the basis of analysis and control of the content of radionuclides in environmental objects, foodstuffs, soils, analysis of the purity of radionuclide materials in order to detect contaminants of radionuclides, control in the degree of burnout of telescopes, the determination of the content of natural radioactive substances in ore, the natural and man-made radionuclides in living organisms are presente. The analysis of the legislative, normative, scientific, technical and methodical basis of metrological support for spectrometry of ionizing radiation has been carried out. The main problems of applied spectrometry of ionizing  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - radiation are considered, and the state of its normative support is analyzed. The necessity of the creation of new normative and methodical documents for the replacement of abolished for the applied use of spectrometry  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - radiation, systemic measures in the metrological provision of scientific activity in the transition to measurement uncertainty is indicated.*

**Ключові слова:** спектрометрія, метрологічне забезпечення, вимірювання, стандарти, радіонукліди.  
**Keywords:** spectrometry, metrology assurance, measurement, stanards, nuclides.

**В**икористання радіаційних технологій у різних галузях народного господарства, потреби наукових досліджень і пов'язане з ними широке використання радіонуклідів зумовили швидкий розвиток методів і засобів контролю характеристик джерел  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання, які застосовують вивчення

та аналіз енергетичних спектрів випромінювання джерел іонізуючого випромінювання, радіонуклідного складу джерел ІВ та їх питомої активності, за дослідження джерел ІВ, що містять суміш радіонуклідів різних видів. При цьому визначають активність кожного нукліда чи його відносний вміст.

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.36-42

УДК 519.281:621.317.088

# ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНОЇ ПОХИБКИ В ПРОЦЕСІ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

## Features of Dynamic Error Analysis in the Process of Evaluation of Metrological Reliability of Measuring Equipment

**В. Ігнаткін**, доктор технічних наук, професор,  
Дніпровський державний університет, Україна,  
e-mail: snayper.as111@gmail.com

**V. Ignatkin**, doctor of technical sciences, professor,  
Dniprovsky State University, Ukraine,  
e-mail: snayper.as111@gmail.com

Ідеться стосовно метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), наголошується, що похибку ЗВТ необхідно розглядати не в статичі, а в динаміці, враховуючи зміну її властивостей у часі. Похибка вимірювань її компоненти розглядаються як випадкові процеси, які повністю характеризуються багатовимірним розподіленням.

Доцільно визначити ймовірність метрологічних відмов безпосередньо з експерименту через труднощі аналітичного розв'язання задачі.

Характеристики динамічної похибки залежать як від властивостей об'єкта вимірювання, так і від властивостей ЗВТ. Фізично причиною появи динамічних похибок є інерційність ЗВТ, вичерпним описанням якої є використання інтеграла Дюамеля, який визначає реакцію інерційної ланки на вхідний вплив. Як критерій відмінності сигналів можуть використовуватися вельми різні функціонали, при цьому враховуються подальше використання результатів вимірювання, зручності обчислення, властивості вхідних впливів тощо. Найбільш доцільно використовувати дисперсію різниці сигналів.

Для розрахунку показників динамічної похибки необхідно знати енергетичний спектр вхідного сигналу. Наведені співвідношення можливо використовувати як для стаціонарних, так і для не-стаціонарних процесів за деякого ускладнення цих співвідношень.

Представлено приклади використання таких співвідношень, рекомендації щодо зменшення похибок вимірювань у кожному конкретному випадку.

The article discusses metrological reliability of measuring equipment (ME), argues that ME imprecision must be considered not in statics, 'out in dynamics, taking into account the change of its characteristics over time. Measurement imprecision and its components are considered as random processes that are fully characterized by multidimensional distribution. It is advisable to determine the probability of metrological measurements directly from the experiment due to the difficulties of analytical solution to the problem.

The characteristics of dynamic imprecision depend on both the values of the measured object and the ME properties. The physical cause of dynamic imprecision taking place is inertia of ME, its exhaustive description relies on the use of Duamel integral, which determines the response of inertial link to the input influence. As a criterion for signal differences one can use quite different functionals, taking into account further use of measurement results, the convenience of computing, the properties or input influences, and so on. It is most expedient to use the dispersion of signal differences.

To calculate the parameters of dynamic imprecision it is necessary to know the energy spectrum of the input signal. The given ratios can be used for both stationary and non-stationary processes.

The paper provides examples of using these ratios, recommendations for reducing measurement errors in each particular case.

**Ключові слова:** динамічна похибка, дисперсія, енергетичний спектр, інтеграл Дюамеля, метрологічна надійність ЗВТ.  
**Keywords:** dynamic imprecision, dispersion, energy spectrum, Duamel integral, metrological reliability of ME.

Підвищення точності вимірювань (контролю, випробувань) залежить як від властивостей ЗВТ, так і від властивостей об'єкта вимірювання (контролю, випробувань).

Компоненти похибки вимірювань розглядаються як випадкові процеси, які характеризуються багатовимірним розподіленням.

Фізично причиною появи динамічних похибок є інерційність ЗВТ, вичерпним описанням якої є використання інтеграла Дюамеля, який визначає реакцію інерційної ланки на вхідний вплив. Як критерій відмінності сигналів (КВС) можуть використовуватися вельми різні функціонали, при цьому враховуються подальше використання результатів вимірювання (контролю, випробувань), зручності обчислення, властивості вхідних впливів тощо.



© Ігнаткін В., 2019



DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.43-51

УДК 532.135.66.012

# МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДОДАТКОВИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

## Mathematical Models of Additional Measurement Errors of Control Means

**Й. Стенцель**, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем  
управління,

e-mail: kafedrakis@gmail.com

**О. Поркуян**, доктор технічних наук,  
професор кафедри,

e-mail: kafedrakis@gmail.com

**К. Літвінов**, кандидат технічних наук,  
старший викладач кафедри,  
e-mail: litvinovk@yandex.ru

**Т. Сотнікова**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри,

e-mail: tatiana.sotnikova1005@gmail.com

Східноукраїнський національний університет  
ім. В. Даля, м. Северодонецьк, Україна

**Y. Stentsel**, doctor of technical sciences, professor,  
head of the department of computer integrated  
management systems,

e-mail: kafedrakis@gmail.com

**O. Porkuian**, doctor of technical sciences,  
professor of the department,

e-mail: kafedrakis@gmail.com

**K. Litvinov**, candidate of technical sciences,  
senior lecturer of the department,  
e-mail: litvinovk@yandex.ru

**T. Sotnikova**, candidate of technical sciences,  
associate professor of the department,

e-mail: tatiana.sotnikova1005@gmail.com

Volodymyr Dahl East ukrainian national university,  
Severodonetsk, Ukraine

*Дослідженнями встановлено, що в процесі експлуатації засобів контролю достатньо рідко вводиться поправка до результату поточних вимірювань. Для розрахунку поправки спочатку визначається ступінь відхилення впливового значення від нормованого значення, а далі добуток цього ступеня на нормований приріст впливового параметра. Такий метод не враховує нелінійної залежності вихідного сигналу засобу контролю від зміни впливового параметра та нелінійності статичної характеристики. Для усунення цього недоліку запропоновано визначати дійсне значення вимірювального параметра за поточними значеннями вихідного сигналу засобу контролю та впливового параметра за відповідними математичними моделями.*

*Studies have shown that under industrial conditions there is rarely a correction of the current measurement result when the influencing parameter deviates from the normalized value. The existing method of determining the additional measurement error is that in order to obtain the real value of the measurement result, the correction is calcu-*

*lated, which leads to the current value of indexes of control means. The correction value is determined by dividing the degree of the influencing parameter deviation by the normalized value of the additional error. This method of determining the correction is not accurate enough, since it does not take into account the nonlinear dependence of the additional measurement error on the change in the influencing parameter, as well as on the current value of the output signal of control means. To determine the real value of the measured parameter and the additional error, the method of integral-type functional is proposed. The essence of the method is in determining the difference of planes under the nominal and current parts of the static characteristic, limited by the measurement range. It is shown that the planes difference depends on the current and real values of the output signal of control means, as well as on the influencing parameter deviation. The method allows calculating the real values of the measured parameter only by the output signal of control means and the current values of the influencing parameter. The dependencies between the real value of the measured parameter, the current value of the output signal of control means and the influencing parameter deviation are established.*

**Ключові слова:** вимірювання, точність, додаткова похибка, впливовий параметр, інтегральний функціонал, математична модель.

**Keywords:** measurement, accuracy, additional error, influencing parameter, integral-type functional, mathematical model.

**Е**фективність технологічних процесів визначається точністю підтримування технологічних параметрів на заданому рівні, яка нормується відповідним регламентом. Для забезпечення цієї вигоди технологічні параметри підлягають контролю за допомогою технічних засобів. Останні передають

результат вимірювання у формі вихідного сигналу для візуалізації, наприклад, на монітор реального часу комп'ютерно-інтегрованої системи контролю. Вихідний сигнал таких засобів нормується на стадії промислового випуску шляхом установлення діапазону вимірювання та класу точності. Крім того,

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.52-56

УДК 530.145+678.9

# NANOMETROLOGY: OPTICAL PROPERTIES OF SI-NANOCCLUSERS

Нанометрологія:  
оптичні властивості  
Si — нанокластерів

**V. Kovalchuk**, doctor of physics and mathematics, professor,

**L. Kovalenko**, Candidate of Geographical Sciences, docent,

**M. Smorgh**, postgraduate,

State Environmental University, Odessa, Ukraine,

e-mail: lslvvvas@ukr.net

**В. Ковальчук**, доктор фізико-математичних наук, професор,

**Л. Коваленко**, кандидат географічних наук, доцент,

**М. Сморж**, аспірант,

Державний екологічний університет, м. Одеса, Україна,

e-mail: lslvvvas@ukr.net

*In this paper, we have discussed in detail the theoretical results using local functional density method in parameterized modification of silicon clusters. One of the main conclusions is that the comparison between theory and experiments shows the possibility of different radiative channels for the recombination in porous silicon. Research results directly affect nanometrology.*

Проведені дослідження торкаються квантоворозмірних систем, таких, як напівпровідникові нанокластери, зокрема, кремнію (Si-НК). Останні представляють собою нанофрагменти, що складаються з декількох, або десятків атомів. Симетрія таких систем може співпадати з геометрією об'єму. Але, як правило, завдяки великому відсотку поверхневих атомів і, відповідно, станів, НК демонструють залежні від геометричних розмірів специфічні оптичні, або електричні властивості. Істотні зміни цих властивостей корелюють зі зменшенням розміру системи. Варіація ширини забороненої зони, що викликана зміною розмірів напівпровідникового НК для даної температури, викликає відповідний перехід у металевий стан. Такий перехід відбувається при відносно великих розмірах напівпровідникового НК у порівнянні з металами, діелектриками або молекулярними кристалами.

Показано, що кінетична стабільність тетрагідратгидрану (Si<sub>4</sub>H<sub>4</sub>), гексасилаприсману (Si<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) і октасилакубану (Si<sub>8</sub>H<sub>8</sub>) залежить від просторової об'ємності замісників, які пасивують розірвані хімічні зв'язки Si-матриці. Силіл-заміщений НК типу SinYm (де Y – замісник - пасиватор і – Ви) є стабільним в інертній атмосфері, але окислюється у повітрі шляхом виникнення безбарвних твердих речовин. Крім цього, триметил-пропіл-заміщений НК типу SinYm (Y = C Me<sub>2</sub>CH Me<sub>2</sub>) є надзвичайно стабільним, навіть у повітрі і існує протягом двох тижнів у твердому стані.

Призматичні НК, що утворені атомами Si, або Ge виявляють колір від жовтого до помаранчевого. Такі НК структури здійснюють оптичне поглинання у видимому діапазоні.

НК-Si<sub>6</sub>H<sub>6</sub> має смугу поглинання з максимумом від 241 нм до 500 нм. Смуга поглинання Ge<sub>6</sub>Y<sub>6</sub> (Y = 2,6 - i - Pr<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>) має максимум при 261 нм, що відповідає зсуву у червону область.

Виходячи з цього, слід підкреслити, що експериментальні дослідження виявленої люмінесценції por-Si, дозволяють пов'язати можливість використання Si-НК у оптоелектронній техніці. Слід врахувати те, що формування нанокристалітів у вигляді Si-НК в об'ємному матеріалі напівпровідника, сприяє частковому порушенню правил оптичного відбору і, таким чином, обмежень щодо прояву цим матеріалом ефекту люмінесценції.

Найбільш вражаючою властивістю напівпровідникових НК є суттєва зміна оптичних властивостей пористого кремнію (por-Si), як функції розміру Si-НК. При зменшенні розмірів НК, електронні переходи зміщуються до більш високих енергій. Генерація сконцентрована лише в декількох переходах.

Описані фізичні явища квантової локалізації виникають внаслідок змін густини електронних станів і можуть бути зрозумілими з позиції зв'язку між станами і моментами вільних і обмежених частинок. Для вільної частинки, або частинки в періодичному потенціалі твердого тіла, імпульс може бути точно визначеним, тоді як локалізація у просторі є невизначеною. І навпаки: для локалізованої у просторі частинки невизначеність імпульсу збільшується.

Наведені теоретичні розрахунки ширини забороненої зони НК-Si і порівняння їх з даними експерименту дозволяють зробити висновки про те, що існує можливість різних радіаційних каналів для рекомбінації носіїв у пористий кремній.



V. Kovalchuk



L. Kovalenko



M. Smorgh

**Keywords:** nanometry, clusters, electronic density, functional, recombination, silicon.

**Ключові слова:** нанометрологія, кластери, електронна густина, функціонал, рекомбінація, кремній.

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.57-61

УДК 621.81: 621.253.2

# ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ З КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ПЕРЕДАВАННЯМ ЕТАЛОННИХ СИГНАЛІВ ЧАСУ ТА ЧАСТОТИ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

**Problems and Ways to take Objectives with the Control  
and Management by the Transmission of Ethnic Time  
and Frequency Signals in the Armed Forces of Ukraine**

**Е. Корецький**, кандидат технічних наук,  
начальник науково-дослідної лабораторії,  
Національний науковий центр «Інститут метрології»,  
Харків, Україна,  
e-mail: timemetrology@ukr.net,

**С. Шевкун**, кандидат технічних наук,  
начальник відділу,

**М. Головня**, заступник начальника відділу,

**О. Мещеряк**, начальник науково-дослідної  
лабораторії,

ДП «Укрметргестстандарт»,  
Київ, Україна,

e-mail: ukrcsm@ukrcsm.kiev.ua

**В. Бойко**, начальник науково-дослідного відділу,

**А. Гаврилов**, кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник,

**М. Світенко**, кандидат технічних наук, провідний  
науковий співробітник,

**М. Троцько**, кандидат технічних наук,  
Метрологічний центр військових еталонів ЗС України,  
Харків, Україна,

e-mail: gavanat66@gmail.com

**E. Koretsky**, candidate of technical sciences,  
head of the research laboratory,  
National Scientific Centre «Institute of Metrology»,  
Kharkiv, Ukraine,  
e-mail: timemetrology@ukr.net

**S. Shevkun**, candidate of technical sciences,  
head of department,

**M. Golovnya**, deputy head of department,

**O. Mesheryak**, head of research laboratory,  
State Enterprise «All-Ukrainian State Research and

Production Center for Standartization, Metrology,  
Certification and Consumers' Rights Protection», Kyiv, Ukraine,

e-mail: ukrcsm@ukrcsm.kiev.ua,

**V. Bojko**, head of research department,

**A. Gavrilo**, candidate of technical sciences,  
senior researcher,

**M. Svitenko**, candidate of technical sciences, leading  
researcher,

**M. Trotsko**, candidate of technical sciences,  
Metrological Center of Military Standards of the Armed  
Forces of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: gavanat66@gmail.com

*У межах функціонування військового сегменту служби єдиного часу та еталонних частот окреслено проблеми та шляхи вирішення завдань контролю та управління передаванням еталонних сигналів, які використовуються Збройними Силами України. Виконано експериментальні дослідження щодо визначення точнісних характеристик системи часової синхронізації (із використанням протоколу PTP IEEE 1588v2) для її застосування у телекомунікаційних мережах. Як канали зв'язку застосовано оптоволоконну мережу, спеціально побудовану для системи синхронізації. Експериментальні дослідження підтвердили можливість передавання еталонних сигналів часової та частотної синхронізації із застосуванням сучасних цифрових та оптоволоконних технологій від Державного еталона одиниць часу та частоти до вихідного еталона Збройних Сил України одиниць часу та частоти (ВЕЗСУ) із похибкою, що не перевищує 1 мкс. А також від ВЕЗСУ до споживачів із похибкою, що не перевищує 10 мкс на відстань 600 км за оптоволоконним каналом зв'язку рівня L2. Актуальним залишається створення відповідного комплексу апаратури контролю та управління передаванням еталонних сигналів, які використовуються Збройними Силами України.*

*Within the limits of the functioning of the military segment of the single time service and reference frequencies, the problems and ways of solving the tasks of controlling and controlling the transmission of reference signals used by the Armed Forces of Ukraine are outlined. The experimental research on the determination of the accuracy characteristics of the time synchronization system (using the PTP protocol IEEE 1588v2) was implemented for its use in telecommunication networks. As a communication channel, an optical fiber network is specially built to create a synchronization system. Experimental studies confirmed the possibility of transmitting reference signals of time and frequency synchronization with the use of modern digital and fiber-optic technologies from the National Standard of Time and Frequency units to the source standard of the Armed Forces of Ukraine units of time and frequency (VEZSU) with an error that is not exceeds 1  $\mu$ s and also from VESZU to consumers with an error of less than 10 microseconds at a distance of 600 km via fiber-optic communication channel L2. The creation of a corresponding complex of equipment for monitoring and control of the transmission of reference signals used by the Armed Forces of Ukraine remains relevant.*

**Ключові слова:** служба єдиного часу, синхронізація, еталонний час.

**Keywords:** single time service, synchronization, reference time.

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.62-66

УДК 621.391.83

# ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІМПУЛЬСНО-ДОППЛЕРІВСЬКИХ РАДАРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАЛОВИСОТНИХ ЦІЛЕЙ

## Features of Using Pulse-Doppler Radars for Determination Low-Altitude Targets

**Г. Баранов**, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних систем і технологій, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net,

**Р. Габрук**, кандидат технічних наук, докторант, Національний університет «Одеська Морська Академія», Одеса, Україна, e-mail: grostyslav@yahoo.com,

**І. Горішна**, директор ТОВ «Оверсіз Лоджистік», Одеса, Україна, e-mail: troiccaya@gmail.com

**G. Baranov**, doctor of technical science, professor of the department of information systems and technologies, National transport university, Kyiv, Ukraine, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net,

**R. Gabruk**, candidate of technical sciences, doctoral student National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine, e-mail: grostyslav@yahoo.com,

**I. Gorishna**, director of the Overseas Logistic LLC, Odessa, Ukraine, e-mail: troiccaya@gmail.com

*Проведено аналіз особливостей доплерівського опрацювання сигналів. У РЛС кількість завад на приймальному тракті радара сильно залежить від геометрії радара до цільового об'єкта. Завади створюють додаткові труднощі для бортових радарів під час виявлення наземних цілей та інших цілей, що летять на малих висотах. Ця складність у виявленні наземних або маловисотних цілей призвела до розроблення імпульсних доплерівських радарів з метою покращення виявлення цільових об'єктів. Імпульсно-доплерівські радари використовують високі частоти повторення імпульсів для збільшення середньої потужності передавання і покладаються на доплерівську частоту цілі в процесі виявлення.*

*In this paper, we analyzed the features of Doppler processing in radars. In ground based radars, the amount of clutter in the radar receiver depends heavily on the radar-to-target geometry. The amount clutter is considerably higher when the radar beam has to face toward the ground. Furthermore, radars employing high PRFs have to deal with an increased amount of clutter due to folding in range. Clutter introduces additional difficulties for airborne radars when detecting ground targets and other targets flying at low altitudes. This is illustrated in Fig. 10.5. Returns from ground clutter emanate from ranges equal to the radar altitude to those which exceed the slant range along the main-beam, with considerable clutter re-*

*turns in the side-lobes and main-beam. The presence of such large amounts of clutter interferes with radar detection capabilities and makes it extremely difficult to detect targets in the look-down mode. This difficulty in detecting ground or low altitude targets has led to the development of pulse Doppler radars where other targets, kinematics such as Doppler effects are exploited to enhance detection.*

*Pulse Doppler radars utilize high PRFs to increase the average transmitted power and rely on target's Doppler frequency for detection. The increase in the average transmitted power leads to an improved SNR which helps the detection process. However, using high PRFs compromise the radar's ability to detect long range target because of range ambiguities associated with high PRF applications.*

*Techniques such as using specialized Doppler filters to reject clutter are very effective and are often employed by pulse Doppler radars. Pulse Doppler radars can measure target Doppler frequency (or its range rate) fairly accurately and use the fact that ground clutter typically possesses limited Doppler shift when compared with moving targets to separate the two returns. Clutter filtering is used to remove both main-beam and altitude clutter returns, and fast moving target detection is done effectively by exploiting its Doppler frequency. In many modern pulse Doppler radars the limiting factor in detecting slow moving targets is not clutter but rather another source of noise referred to as phase noise generated from the receiver local oscillator instabilities.*

**Ключові слова:** імпульсно-доплерівські радари, цілі, завади, ехо-сигнал.  
**Keywords:** pulse Doppler radars, clutter, target, echo-signal.

**Ф**ункція невизначеності подібна діаграмі направленості антени: тією ж мірою, в якій діаграма направленості характеризує точність і роздільну здатність кутових вимірювань; вимірювань відстані й швидкості. Як тільки стали зрозумілими



Г. Баранов



Р. Габрук



І. Горішна

DOI: 10.33955/2307-2180(2)2019.67-72

УДК 628.98

# МЕЗОПІЧНА ФОТОМЕТРІЯ І ВУЛИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ

## Mesopic Photometry and Street Lighting

**Л. Назаренко**, доктор технічних наук, професор кафедри «Світлотехніка і джерела світла», Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна, e-mail: office@kname.edu.ua,

**Г. Кононенко**, старший викладач кафедри архітектурних конструкцій, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна, e-mail: anndis13@gmail.com,

**Т. Мозжаровська**, аспірант кафедри «Світлотехніка і джерела світла», e-mail: tatiana.mozharovska@gmail.com,

**В. Чернець**, кандидат технічних наук, доцент кафедри, e-mail: acidverse@mail.ru, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

**L. Nazarenko**, doctor of technical sciences, professor of the department «Light engineering and light sources», Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.M. Beketov, Ukraine, e-mail: office@kname.edu.ua,

**H. Kononenko**, senior lecturer of the Department of Architectural Structures, Kharkiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, e-mail: anndis13@gmail.com,

**T. Mozharovska**, postgraduate student of the department «Light engineering and light sources», e-mail: tatiana.mozharovska@gmail.com,

**V. Chernets**, candidate of technical sciences, docent of the department, e-mail: acidverse@mail.ru, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*Розкривається питання досягнення безпеки перебування людей на вулицях у темний час доби за допомогою штучного освітлення. Для визначення необхідної потужності ламп за заміни наявних світильників рекомендується використовувати мезопічну фотометричну систему, яка дозволяє виконати обчислення з урахуванням коефіцієнтів S/P. S/P відношення позиціонується як важлива характеристика джерел світла, що має бути внесена до переліку обов'язкових характеристик, які повинні забезпечуватися виробниками. У зв'язку з цим потрібно ретельно переглянути комп'ютерні програми, що використовуються в процесі створення освітлювального проекту.*

*The article reveals the question of achieving security for people on the streets at night with the help of artificial lighting. The author analyzed the factors affecting traffic safety and the possibility of creating the necessary visual conditions for this by means of street lighting. In addition, the article raised an important question regarding the characteristics of the roadway. It is noted that the modern pavement is not stan-*

*darized on the lighting characteristics. Knowing the spectral characteristics of the applied light sources, these data could be applied in the development of new types of canvases that would allow achieving a new level of illumination in terms of both improving the quality and its efficiency and economy. Without this, it is impossible to talk about the maximum efficiency of the use of the luminous flux as a whole. For existing lighting systems, the brightness calculation is performed by measuring the illumination and reflectivity of the road surface. The obtained brightness values are entered into the mesopic photometric system in order to determine the parameters of the complete system, which provides equivalent visual perception of the illuminated objects and is intended to replace the existing installation. To determine the required lamp power when replacing existing luminaires, it is recommended to use a mesopic photometric system, which allows you to perform calculations taking into account the S/P ratios. In this regard, it is necessary to thoroughly review the computer programs used in the creation of the lighting project, as well as to ensure active participation in international cooperation in the formation of modern lighting standards.*

**Ключові слова:** мезопічна фотометрія, зоровий комфорт, блискіть, світлота, скотопічна світлова ефективність, фотопічна світлова ефективність.

**Key words:** mesopic photometry, visual comfort, glare, brightness, scotopic light efficiency, photopic light efficiency.

**П**ублікація системи МКО для мезопічної (присмеркової) фотометрії (CIE 191:2010 *Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance, Vienna: CIE, 2010*) [1] завершила майже 70-річні дебати відносно вагових функцій, які б могли використовуватися, коли проводяться фотомет-

ричні вимірювання в мезопічній області. Це зумовило велику кількість робіт, присвячених дослідженню впливу спектрального розподілу енергії випромінювання (СРЕВ) на зір за відповідного присмеркового зору за умов освітлення, що дозволяє краще оцінити освітлення у нічний час доби.