

Yanenko O. P., Shevchenko K. L., Kychak V. M.

Dedicated to the
memory
of Professor
Yuri Skrypnik

**METHODS AND MEANS
OF FORMATION, PROCESSING
AND USE OF LOW-INTENSITY
ELECTROMAGNETIC SIGNALS**

**Vinnytsia
VNTU
2020**

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/598>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

UDC 621.317: 621.371: 615.849

Recommended for publication by the Academic Council of Vinnytsia National Technical University of the Ministry of Education and Science of Ukraine (minutes № 11 of 28.05.2020)

The publication is recommended by the Academic Council of the Radio Engineering Faculty of the National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute» named after Igor Sikorsky (Minutes No. 06/2020 of 25.06.2020)

Reviewers:

Doctor of Engineering, Prof. **Burmistenkov Oleksandr Petrovych**, Professor of the Department of Computer Engineering and Electromechanics at Kyiv National University of Technologies and Design;

Doctor of Engineering, Prof. **Boiko Juliy Mykolayovych**, Professor of the Department of Telecommunications and Radio Engineering at Khmelnytskyi National University;

Doctor of Engineering, Prof. **Krizhanovski Volodymyr Grygorovych**, Head of the Department of Radio Physics and Cybersecurity at Vasyl' Stus Donetsk National University

Yanenko, O.

Methods and means of formation, processing and use of low-intensity electromagnetic signals : monograph / O. P. Yanenko, K. L. Shevchenko, V. M. Kychak – Vinnytsya : VNTU, 2020. – 268 p.

ISBN 978-966-641-812-1

The monograph summarizes scientific and technical experience gained by the authors in the field of formation, selection, conversion, and processing of weak signal parameters. Authors consider features of commutation and modulation transformations, and circuits of highly sensitive radiometers of microwave and optical range, as well as methods and means of formation of low-intensity signals with the use of Josephson junctions. The monograph may be useful for students and postgraduates, as well as for specialists in the sphere of development and use of low-signal equipment in telecommunications and radio communications, physics, biology, medicine, materials science, and other applied fields of science and technology related to using low-intensity signals.

UDC 621.317: 621.371: 615.849

ISBN 978-966-641-812-1

© O. Yanenko, K. Shevchenko, V. Kychak

CONTENTS

Introduction	6
Section 1 Low-intensity microwave signals and their application in biology, medicine and scientific research	10
Preliminary remarks	10
1.1 Classification of means for measuring the parameters of low-intensity radio frequency signals	10
1.2 Therapeutic equipment and specialized sources of low-intensity microwave signals of the mm-range	13
1.3 Metrologic apparatus software and technologies of low-intensive microwave therapy	16
1.4 Technologies of therapy with low-intensive microwave signals. Peculiarities and appliance fields of millimeter therapy	18
1.5 Scientific directions of low-intensity electromagnetic fields and radiation of millimeter range researches	22
1.6 Natural sources of the mm-range irradiation and using peculiarities in physiotherapy	27
1.6.1 Research EMR natural treatment formula for physio procedures	28
1.6.2 Research EMR minerals and precious stones	30
1.6.3 Determination of the human body's reaction to external microwave low-intensity irradiation	33
1.6.4 The study of electromagnetic parameters of textile and leather for clothes and shoes manufacturing	35
1.7 Future areas of research intensive low signals in biology and medicine	39
Section 2 Low-intensity optical signals and their use in medical equipment for biological purposes	41
Preliminary remarks	41
2.1 Interaction of low-intensity optical signals with biological tissue and device for irradiation of acupuncture points ..	41
2.2 Automated system for irradiation of biologically active points of the human body	48
2.3 Radiometric modulation meter of low intensity of optical radiation	54

2.4 Photometric spectrum analyzer of the absorption capacity of poorly transparent biomaterials	58
2.5 Optoelectronic system with automated determination of maximum absorption frequencies	67
2.6 Features of metrological support for measuring the low-intensity optical signal parameters	76
Section 3 Radiometric modulation methods and means for parameters of low-intensity microwave signals measuring	80
Preliminary remarks.....	80
3.1 Features of high-sensitivity modulation radiometers constructions	81
3.2 A radiometric system of a direct conversion with a regenerative feedback	89
3.3 A modulation radiometric system with the compensation for a fluctuating noise of combination frequencies	95
3.4 A one-port dual-channel radiometer with the cancellation of a correlation noise.....	100
3.5 A dual-channel differential radiometric system for recording the difference values of radiation intensities	108
3.6 A multifunctional RS for measuring energy and correlation characteristics of signals.....	113
3.7 A radiometric system for measuring the power of electromagnetic radiation of EHF by the zero method	120
3.8 A radiometric system for assessing the emission properties of tissues of biological objects.....	127
3.9 Radiometric system with advanced measuring functions	130
3.10 A radiometric system for measuring phase shift of reflected microwave oscillations	135
3.11 RS for detection and registration of natural resonant frequencies of BAP bioobjects	141
3.12 Radiometric system for measuring reflective and absorbing properties of bio objects.....	150
3.13 Feedback radiometric system using the object own radiation level.....	162
3.14 Radiometric system with automatic regulation of irradiation power	168

3.15 Measurement assurance of high-sensitivity microwave radiometric systems	174
Section 4 Devices for the formation, reception and processing of low-intensity signals based on Josephson junctions.....	182
Introduction to section 4	182
4.1 Mathematical model of Josephson transition	184
4.2 A Josephson junction-based superconducting quantum interferometers	191
4.3 Microwave low-intensity signal generators based on Josephson junctions	197
4.4 The estimation of the oscillator frequency instability of low-intensity signals based on Josephson junction.....	207
4.5 Frequency converters for the processing of low-intensity signals.....	218
4.6 Superconducting digital radio engineering devices for processing low-intensity signals	230
4.7 Development of a device for converting a pulse-potential code into frequency-pulse code using Josephson junctions	235
4.8 Generator of tactical impulses on Josephson junction	241
4.9 Pulse-code modulator for processing of low-intensity signals in the terahertz frequency range	249
List of references	256

INTRODUCTION

The intensive development of modern science and technology, radio engineering and radio electronics, the gradual exploration of the entire spectrum of electromagnetic waves contribute to the spread and implementation of the latest achievements in the field of signals generation, transformation and amplification in telecommunication, radio communication, radiolocation, radio navigation, radio astronomy and meteorology systems, in physics, medicine and biology, and in industrial-technological control systems. Such technological advance is almost always associated with the expansion of the measurement area and the use of low-intensity signals. In full, this applies not only to radio engineering signals but also to low-intensity signals of the optical, acoustic, and magnetic spectra.

The processes of generating, processing, and using weak signals are closely connected to the necessity of developing new methods and means of their implementation to guarantee the highlighting of the information against background noises that are often compared to the level of these signals. More and more attention has been paid lately to the radiometric measurement methods and study of the information about the state of various objects, and for this purpose high-sensitivity radiometers of both radio and optical spectra are used [1–4, 28]. With new elements of electronic technology and the use of computing tools and software packages, the lack of specialized literature in the field of radiometric equipment does not contribute to its development and practical implementation in various areas of science and technology.

The purpose of this monograph is to summarize the scientific and technical experience gained by the authors in the field of formation and transformation of weak signals, separation, processing and radiometric measurements of the parameters of these signals, based on switching modulation transformations, the formation of low-intensity signals using Josephson junctions and practical use of developed methods and structural schemes.

The first section deals with low-intensity signals of the millimeter spectrum wavelengths and examples of their use in biology and medicine. Measuring radio engineering systems are classified by their purpose and by the level of measuring power. It is noted that standard measuring receivers are

used for measuring weak coherent and quasi-coherent signals with a power of $10^{-6} \dots 10^{-12} \text{ W}$, and radiometric systems (RS) are used for measuring low-intensity noise signals with a power of less than 10^{-12} W . There are examples of low-signal generating equipment in the spectrum of 30...78 GHz, its parameters and examples of use in microwave therapy technologies. The section addresses the issues of metrological support using certified non-standardized RS of the millimeter spectrum with a sensitivity of 10^{-14} W . The section shows options for the possible use of highly sensitive RS in biomedical research and the results of experimental studies of low-intensity electromagnetic fields and radiation of physical and biological objects that interact with the human body.

The second section deals with the structures of formation, transformation, and possible use of low-intensity signals of the optical spectrum. There is a promising use of low-intensity optical therapy of a wide spectrum from 250 nm to 700 nm for medical and biological research [20, 22, 28]. The section examines the interaction of low-intensity signals of the optical spectrum with biological human tissue. It also shows the original functional schemes of devices for the formation and radiation of the human body developed by the authors, and the research results of the interaction of luminous fluxes with organic materials. The section examines dynamic radiation systems with modulation and determination of maximum absorption frequency. The section shows the possibility of using switching modulation transformation of optical signals for original schemes of highly-sensitive optical radiometers creation, and for measuring the parameters of absorption, reflection, and light flux transit. The results of experimental research of the interaction between modulated light fluxes of different wavelengths and biotissue samples are presented. The section considers metrological support of the optical equipment of low-intensity signals. It is shown that the measurement of optical power at a level of less than 10^{-9} W is possible using non-standard optical radiometer systems.

The third section of the monograph addresses the physical basics and features of switching modulation transformation of low-intensity signals to provide high-sensitivity and accuracy of the power measurement by radiometric systems.

The classification scheme of modulation RS of short and contact action of the microwave band (30...112 GHz) is developed. It is shown that, in addition to measuring the power of low-intensity monochromatic and

broadband (noise) signals, such systems also provide an estimation of other parameters – absorption coefficients, reflection, measurement of frequency and time parameters and correlation function, conducting a spectral analysis of the signal structure, which is not typical for long-range radio systems.

The section shows methods of sensitivity control, developed by the authors, through the use of positive and negative feedback communication, which allows reducing the fluctuation threshold of sensitivity of such RS to $10^{-22} \dots 10^{-23}$ W / Hz. The section presents the original single and dual-pass measuring RS and systems with advanced functions. The section addresses the sources of errors of highly sensitive RS and gives recommendations to reduce them. The analysis of the metrological support of the RS developed by the authors at 37...53 GHz and 53...78 GHz frequency range is conducted. It is shown that such systems can be tested using a substitution method or using reference noise generators (NG). The section shows results of the RS verification using certified NG developed by the authors, which provides a higher (2...2,5 times higher) accuracy of the check. The section addresses the methods and means of the construction of highly sensitive radiometric systems of the receiving and radar type, shows the original authors' schemes of the RS for the use in both the biomedical research field and other fields of science and technology. The patents of Ukraine protect most of the developed schemes of the modulation radiometers of the radio and optical spectrum, presented in the monograph.

The fourth section of the monograph focuses on methods and means of formation, processing, and application of low-intensity signals using Josephson junctions. The mathematical model of Josephson junctions is considered. The section shows the possibility of the construction of digital devices for receiving and processing low-intensity microwave signals based on Josephson junctions, including analog-to-digital converter, clock pulse generators, superconducting quantum interferometers, balance comparators. The section shows the results of using Josephson junction for the construction of the devices for receiving and processing of low-intensity microwave signals on the examples of microwave filters, frequency mixers, pulse-steady to frequency-pulse signals converters. The section considers the possibility and perspectives of using highly sensitive superconducting quantum interferometers for the study of biomedical signals.

Expert's awareness of the results of prospective research and development presented in the monograph will contribute to further development and improvement of the use of weak signaling equipment in telecommunication, radio communication systems, physics, biology, medicine, materials science, and other applied fields of science and technology.

The authors express their appreciation and to the reviewers: Prof. Burmistenkov O. P., Prof. Boiko J. M., Prof. Krizhanovski V. G. for participating in the discussion of the monograph and their valuable comments on improving the structure and content of the book.

The authors note (posthumously) the great contribution of Professor Skrypnyk Y. O. and his active participation in the development of highly sensitive switching and modulation radiometric systems for measuring the parameters of low-intensity microwave signals and medical devices.

The authors are also grateful to their colleagues: Prof. Sytko S. P., As. Prof. Peregudov S. N., As. Prof. Golovchanska A. D., med. practitioner Fedotova I. V., As. Prof. Semenova O. A., As. Prof. Shtofel D. Kh., As. Prof. Zozulia I. Ye. for their participation in our projects, rendering qualified assistance in the practical implementation of the developed particular technical devices and their use, conducting experiments and measurements, translating and organizing the text of the monograph.

The authors will be grateful to readers for criticisms and suggestions regarding the content of the book sent by e-mail:

op291@meta.ua

vmkychak@gmail.com

SECTION 1 LOW-INTENSITY MICROWAVE SIGNALS AND THEIR APPLICATION IN BIOLOGY, MEDICINE AND SCIENTIFIC RESEARCH

Preliminary remarks

The intensive development of radio-frequency engineering, radio electronics, optoelectronics, nanotechnics and other scientific and technical directions contribute to the widespread distribution and implementation of the latest radio-frequency engineering and optoelectronic achievements in processes of generation, transforming and amplifying signals in devices and systems of telecommunication, radio astronomy and meteorology, physics, biology and medicine. The list of fields of science and technology is closely linked to application of low-intensity signals from a wide frequency range. It was facilitated by the emergence of new semiconductor elements of electronic technology, namely IMPATT diodes, Gunn diodes, Schottky diodes, Josephson junction elements, and so on.

These achievements promoted to the gradual exploitation of the wider frequency bandwidth of electromagnetic waves in the radio and optical range, acoustic waves in the ultrasonic range, magnetic fields and radiation. All of these achievements are fully utilized to create new medical equipment, enhance its capabilities and functions. Most of the characteristics of such equipment are related to application and measurement of energy parameters of low-intensity signals.

1.1 Classification of means for measuring the parameters of low-intensity radio frequency signals

In modern conditions the rapid development of science and technology stimulates the widespread use of low-intensity signals, as well as means and systems for their generation and amplification, reception, selection and conversion of signals, processing and evaluation of final information.

The classification of the radio systems (Fig. 1.1) using low-intensity information signals is primarily determined by their purpose:

information transmission systems (radio telemetry, radio communication, radio control, etc.);

information allocation systems (radiometry of physical and biological objects, radio astronomy, radar, etc.);

radio counteraction systems, etc. [1–4].

The received RTS signals can be divided by type into two large classes: for reception of quasi-coherent signals and incoherent ones, mainly radio thermal radiation, these are radiometric systems. The first larger class includes RTS for transmission and destruction of information, active radar and radio navigation systems. The second class of RTS includes RS, which are used in remote and contact control of composition and properties of physical and biological objects, radiolocation, radio astronomy, for object detection on background surfaces, etc.

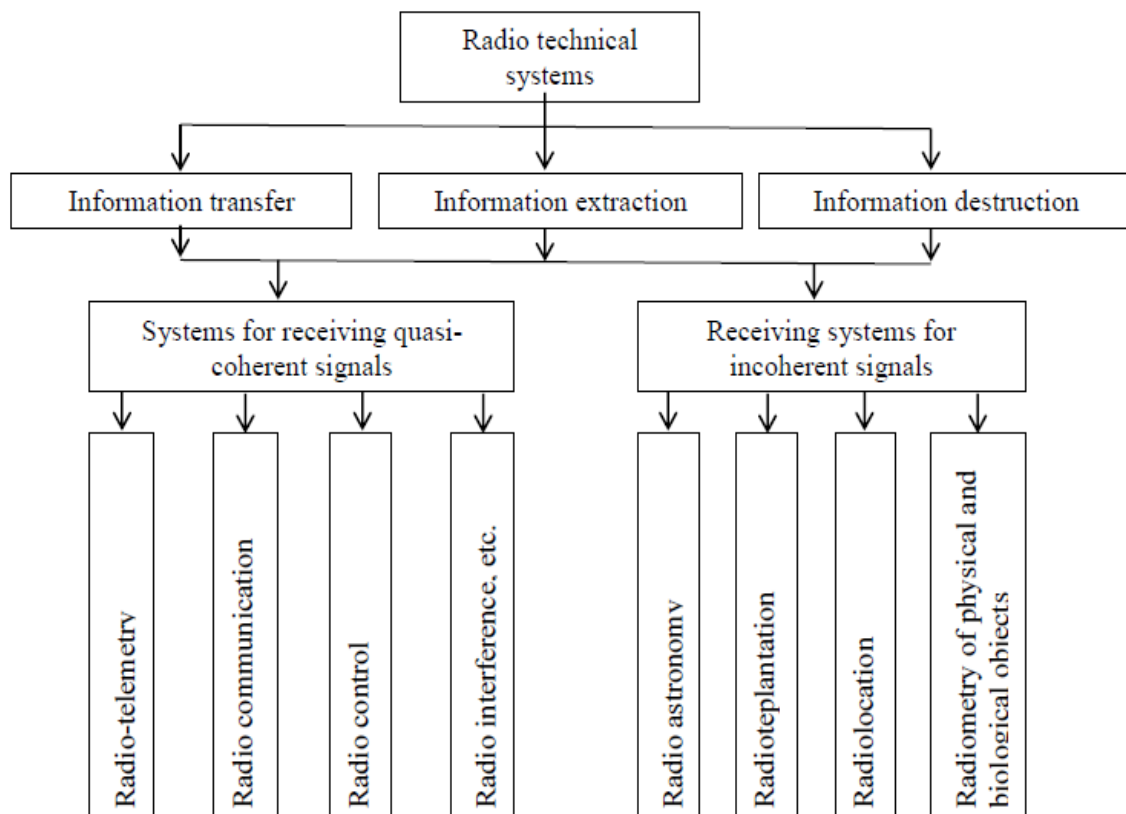


Figure 1.1 – Classification of radio engineering systems by their purpose

Evaluation of the attenuation coefficient, absorption and reflection coefficient, full impedance of high frequency circuits, determination of the standing wave coefficient, transmission coefficient or gain of high frequency nodes and other parameters are closely related to direct measurement of energy parameters and indirect determination of corresponding coefficients and characteristics of microwave devices [5].

Depending on the level of the estimated power, the meters can be divided into several groups (Fig. 1.2).

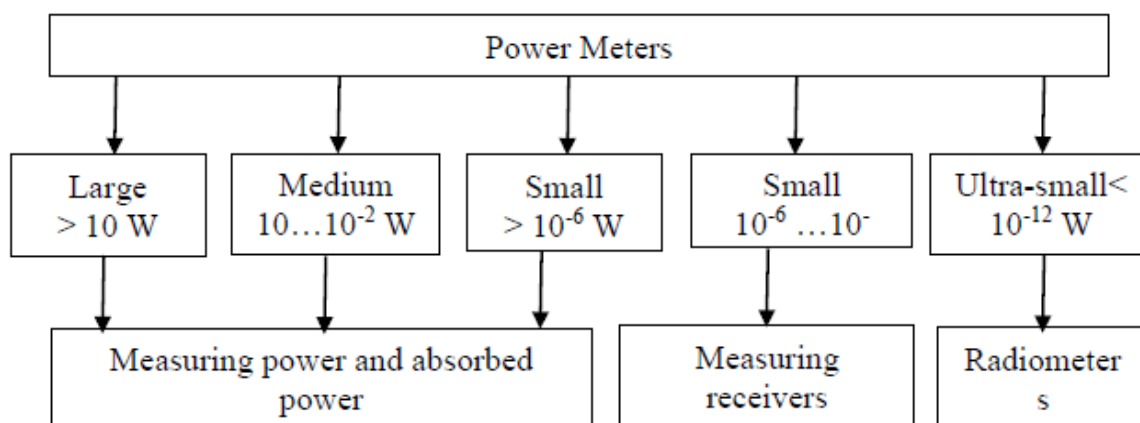


Figure 1.2 – Classification of power meters for radio frequency signals

In this case, the average value of the power level is used for measuring the energy parameters of monochromatic signals, while the total and spectral value of the power level are used for measuring the energy parameters of noise signals. The average power of a monochromatic signal during the oscillation period can be determined using the well-known formula [6]:

$$P_C = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) \cdot i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) / R_n dt, \quad (1.1)$$

where T – is the harmonic signal oscillation period; $U(t)$, $i(t)$ – are voltage and current of harmonic oscillations respectively; R_n is the load resistance.

Using a quadratic diode converter it is possible to obtain on its output load the average value of the total signal power:

$$P_i = U_g^2 / R_n, \quad (1.2)$$

where U_g is the effective voltage of the signal.

Measuring the energy parameters of random (noise) signals is associated with determining the power spectral density of the signal or total power. The power spectral density of noise electromagnetic radiation (EMR) is determined by the expression:

$$G_f = P_C / \Delta f, \quad (1.3)$$

taking into account (2.2) we obtain:

$$G_f = U_g^2 / \Delta f. \quad (1.4)$$

The total noise power is determined by the expression:

$$P_i = \sum_1^n G_f(f)/n, \quad (1.5)$$

where $n = 1, 2, 3...$ is a number the noise power spectral density measurements in the radiometer's operating frequency range.

The product of voltages of two noise signals (U_1, U_2) and the cross-correlation coefficient (ρ) determines the power level for the correlated signals:

$$P_k = \rho U_1 U_2. \quad (1.6)$$

Measuring the energy parameters of signals with total power of 10^{-5} W or more is provided by standard means of transmitting and absorbing power. However, it should be mentioned that when analyzing the interaction of objects with electromagnetic radiation of the microwave range, it is often necessary to measure signals whose total power is less than 10^{-12} W, for example, when studying physical or biological objects according to the level of their own thermal radiation [4]. To solve this problem, non-standard radiometric equipment must be developed and utilized applying new methods and means of converting, extracting and measuring the power of extremely weak microwave signals, which intensity is less than the intrinsic noise level in radiometers. Moreover, such equipment should provide high sensitivity and measurement accuracy in a wide range of operating frequencies. These requirements were especially acute during exploiting the microwave range (mm waves) and its use for construction and operation of medical equipment.

1.2 Therapeutic equipment and specialized sources of low-intensity microwave signals of the mm-range

Currently, therapy with mm-range signals use about 25–30 types of specialized medical equipment [7].

Creation of the mm-wave band generators with low output associated with the solution of a number of complex technical problems. The main ways of obtaining low-intensity signals from devices for practical medicine are [7]:

- create generators for tens mW with subsequent reduction of power via attenuators;

- use second harmonic generator with resetting output by applying on its output high pass filter;
- use the frequency multipliers for the formation and allocation n -th harmonic signal;
- use of heat and spark generators.

There are several developed apparatus generating mm-range waves for medical purposes [7]:

- sets of harmonic signals with fixed operating frequencies, «ЯВЬ-1» («Yav-1»), «Электроника-КВЧ» («Electronics-UHF»), «РАМЕД-ЭКСПЕРТ» («RAMED-Expert»);
- «broadband generators» of the harmonic signals, «АМРТ-01» («AMRT-01»), «АМРТ-02» («AMRT-02»), later types of devices «Електроніка» («Electronics»), «АМТ-Коверт-04» («AMT-Covert-04»), «ARIA-SC»;
- «broadband devices» of noise signals «Поріг-1» («Porig – 1»), «Поріг-3» («Porig -3»), «Поріг-3М» («Porig -3M»), «Арцах» («Artsakh»), «Шлем» («Shlem (Helmet)»);
- combined devices generating as noise so harmonic signals, «АМРТ-01» («AMRT-01»), «Арцах» («Artsakh»);
- devices with additional modes of quasi noise signals formatting due to «spill» the spectrum of harmonic signals, frequency sweeping within the operating frequency range «АМТ-Коверт-04» («AMT-04 Covert»), «ARIA-SC». This mode is easily implemented in new devices with embedded microprocessor (microcomputer).

The main types of such devices and their parameters are given in Table 1.1.

By operating frequency range of equipment located mainly in the 37 to 78 GHz, some devices (mainly noise signals generators) cover bands up to 90 GHz and 118 GHz even.

Apparatus for millimeter therapy

There are attempts to create devices designed at more high frequency, which work even in the range of terahertz waves. The level of power generated also varies widely and covers the area from 10 mW to 1 nW for monochromatic and $1 \cdot 10^{-8}$ to $1 \cdot 10^{-20}$ W/Hz for noise signals.

Table 1.1

Name of the device	Country of origin	Type of signal	Operating range, GHz	Output power, W
«AMRT-01»	Ukraine, Kharkiv	harmonic, noise	58...62 53...78	$3 \cdot 10^{-5}$
«Electronics-UHF»-101» (2 modification)	Ukraine, Kyiv	– // –	59...63 57...65	$5 \cdot 10^{-5}$ $5 \cdot 10^{-5}$
«Artsakh» (4 modification)	Armenia, YRFE NAS	– // –	59...61, 42...95	$5 \text{ mW}/\text{c}^2$ $10^{-19} \text{ W}/\text{Hz}$
«AMRT-02»	Ukraine, Kharkiv	harmonic, quasinoise	52...62	$1 \cdot 10^{-4}$
«ARIA-SC»	Ukraine, Kharkiv	– // –	53...64	$5 \cdot 10^{-5}$
LDK «Sharm», «Yav-1»	Russia,	– // –	42,2; 53,5	$1 \cdot 10^{-2}$
«Stela- 2»	Russia, Tomsk	– // –	59...63	$1 \cdot 10^{-4}$
(«Porog -3» (4 modification)	Ukraine, Kyiv	noise	53...78	$10^{-17} - 10^{-19} \text{ W}/\text{Hz}$
«Covert -01»	Russia, Moscow	– // –	53...78	$10^{-20} \text{ W}/\text{Hz}$
MU-2001	Switzerland	– // –	42...78	$1 \cdot 10^{-21} \text{ W}/\text{Hz}$
«Electronics-UHF -011, 013» (2 modification)	Ukraine, Kyiv	quasinoise	57...65	$5 \cdot 10^{-5}$

Fig. 1.3 shows the distribution of power and frequency range of devices for millimeter therapy.

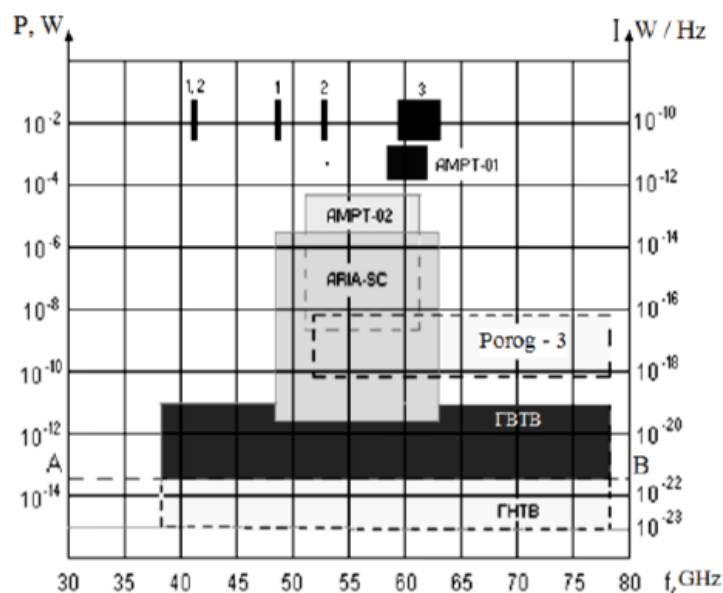


Figure 1.3 – Distribution of power and frequency range of devices Microwave resonance therapy: 1 – «Yav-1»), 2 – «Alenushka», (Ukraine), 3 –«Electronics-UHF»), (Ukraine); ГНТВ – «Porog-NT» (Ukraine); ГВТВ – «Porog-VT»(Ukraine); the line AB – power level natural human radiation

The information about the feasibility of the submillimeter range signals usage in practice of medicine has appeared recently.

Fig. 1.4 shows two types of noise generators with low-intensive output signals, positive flow «Porog-VT» and negative flow «Porog-NT».



«Porog-VT» Patent of Ukraine № 265
(Bullet № 2 from 25.07.1994)

«Porog-NT» Patent of Ukraine № 53743
(Bullet № 2
from 7.02.2003)

Figure 1.4 – Noise generators with low-intensive output signals, positive flow «Porog-VT» and negative flow «Porog-NT»

1.3 Metrologic apparatus software and technologies of low-intensive microwave therapy

One of the problems to be solved in quantum medicine technologies are providing metrology and inspection of the equipment attribution during its operation. It should be noted that the lack of standard tools for measuring such small capacities does not allow to provide metrological support the equipment for quantum medicine and for biomedical research in the millimeter wavelength range [7]. Radiation of the ultra-low levels is monochromatic so noise signals are used in the new microwave technologies. The minimum values of integral power of monochromatic signals can be 10^{-10} – 10^{-12} Wt (eg, „ARIA-SC, AMPT-02), and the power spectral density of the noise signal is 10^{-16} – 10^{-21} Wt/Gz («Порог3», «ПорогВТ», «ПорогНТ», «Коверт-01» («Porog3», «Porog-VT» , «Porog-NT» «Covert-01»). To measure such power levels, it is necessary to radiometric sensitivity setting was at least an order of magnitude higher,

and the measurement accuracy is not worse than the standard equipment of the same long-range power, ie 10...15 % [8, 9].

To solve this problem have been developed and certified by Standards Committee of Ukraine two highly sensitive radiometric systems (RMS) with a modulation transportation of the signal in frequency bands 37...53 GHz and 53...78 GHz, which provided Metrology maintenance and measurement of specialized medical mm range equipment in Ukraine [7, 10].

The radiometric measuring (on frequency bands 37...53 GHz) arrangement provides the following technical characteristics, which are verified by metrological certification:

- power measurement diapason, W $0.3 \cdot 10^{-13}$... $0.5 \cdot 10^{-5}$;
- relative error tolerance, as maximum, dB ± 3.0 ;
- relative frequency error tolerance, as maximum, %.. ± 2.5 ;
- sensitivity threshold, as maximum, W $3 \cdot 10^{-14}$;
- frequency band, as maximum, MHz 100;
- operating frequency diapason, as minimum, GHz 37–53.



Figure 1.5 – Appearance of the radiometric unit on frequency bands 37...53 GHz

1.4 Technologies of therapy with low-intensive microwave signals. Peculiarities and appliance fields of millimeter therapy

The use of mm-range signals in the practical medicine stimulated the emergence of several types of medical technologies that practically used [7]. Classification of the main technological directions of mm-range signals treatment is shown in Fig. 1.6.

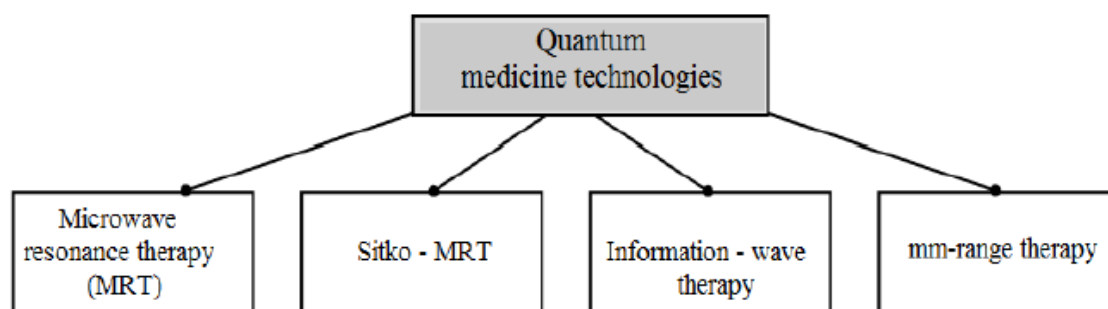


Figure 1.6 – Classification of main technologies of quantum – medicine

Despite the different names, these technologies have in common is that their use of millimeter wave signals using low intensity level reaches 10^{-20} – 10^{-21} W/Hz*cm² [8].

The most common among these technology areas is microwave resonance therapy (MRT), which by order of the Ministry of Health of Ukraine № 136 from 06.22.1989, is officially recommended for implementation in the hospitals of the country in separate MRT-cabinets [10]. The use of MRT is characterized by a general positive impact on the functional systems of the human body, and therefore used in various areas of practical medicine fig. 1.7 [11].

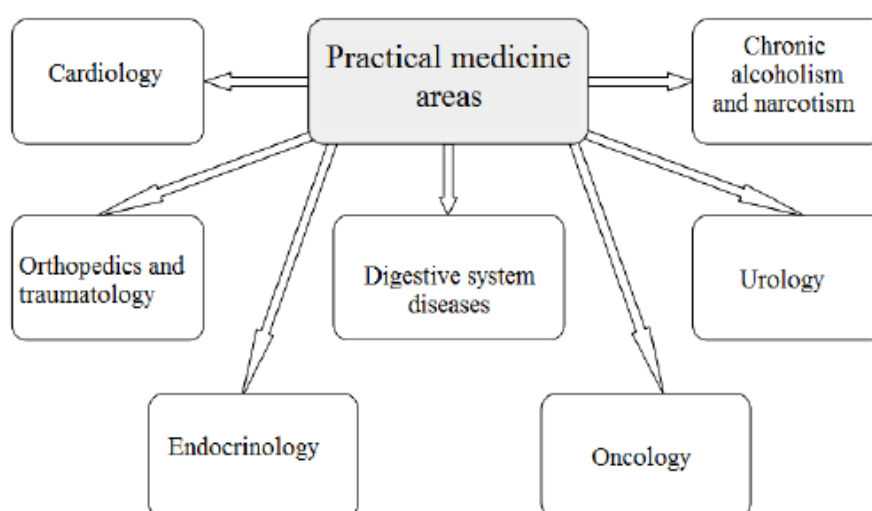


Figure 1.7 – Applications areas of Quantum Medicine

The most practical checking of the effectiveness of MRT was conducted in such areas of the medical practice: orthopedics and traumatology, gastroenterology, hematology, oncology. Promising is the use of MRI in cardiology in acute coronary disease – heart attacks, strokes and other diseases of the cardiovascular system. The experience of the Ambulance and infarction branch Department of the National Medical Academy for Advanced Training on over 100 patients in which MRT was used, along with the use of pharmacological agents significantly improves patient's state: decreases blood pressure, decreases tachycardia, stroke and minute cardiac output, as peripheral vascular resistance normalizes [11]. The use of MRT dramatically increases the effectiveness of pharmaceuticals.

The use of MRT in endocrinology at stages I-II of diabetes mellitus and insulin-independent diabetes with manifestations of diabetic macro- and micro angiopathies, polyneuropathy normalizes hemodynamic parameters in the lower extremities, increased pulse blood current, improves the conduction of nerve impulses in peripheral nerves.

MRT is effective in treatment of pain and paraesthetic syndromes in Dentistry. We have experience of good effect of MRT using in treatment of glossodynia (burning mouth syndrome) and in neuropathy of inferior alveolar nerve.

In addition, MRT gives a therapeutic effect without the deductive use of drugs, which reduces the load side and a negative impact on the patient of pharmaceutical therapy. The method can be widely used in the hospital and in the outpatient treatment of diabetes. The course of treatment is 10...15 sessions duration of 30...50 minutes of MRT.

MRT provides high efficiency in the treatment of stomach ulcers, enshrined on clinical examination in more than 6000 patients [11]. The results of MRT show favorably high therapeutic effect – complete healing of gastric ulcers by gastroduodenoscopy observed in 80...85 % of patients.

The process of treatment (10...15 sessions) accompanied by relief of pain syndromes, the normalization of the secretory and motor functions of the stomach, decreasing the concentration of hydrochloric acid and the volume of gastric juice. Concentration of the adrenaline and cortisol in the blood decreases, and levels of prolactin and aldosterone increases, which ensures normalization of fluid and electrolyte metabolism.

Promising is the use of MRI technology and Sitko-MRT in the treatment of cancer patients in stage III–IV, who received standard treatment [10, 11]. If the cancer disease is characterized by significant pain,

which is facilitated by the use or docked pharmaceuticals containing narcotic substances with following violations. The use of MRT allows decrease the dose of narcotic medicines.

Quantum medicine technologies can be a good alternative to pharmacological methods of pain relief, with a significant improvement in the «quality» of life. The example, of more than 40 cancer patients in stage III-IV who received standard treatment and were treated at the Center of quantum medicine «Feedback» [10, 11] shows that Sitko-MRT provides quick anesthetic effect, even for a few minutes, common state of patients improves; after treatment with MRT course of 10...20 sessions 85 % of cancer patients report decrease of pain during 10 and more days [10]. After using of MRT immune-modulating effect was received: the amount and subpopulation correlation of immunocompetent cells normalized, their functional activity increased. In fact, MRT technologies effectiveness does not yield to traditional medicinal preparations.

At the last time diseases of bronchopulmonary system become widespread. MRT can be a good assistant in the treatment of nonspecific lung diseases with bronchial obstructive syndrome because bronchodilator medicines usage in great quantity can lead complications.

MRT technologies allow receive positive effect without complications in acute and chronic bronchitis, pneumonia, asthma, in breath insufficiency I-II stages. In these cases use of MRT improve health in more than 80 % patients simultaneously to abolition of pharmaceutical medicines.

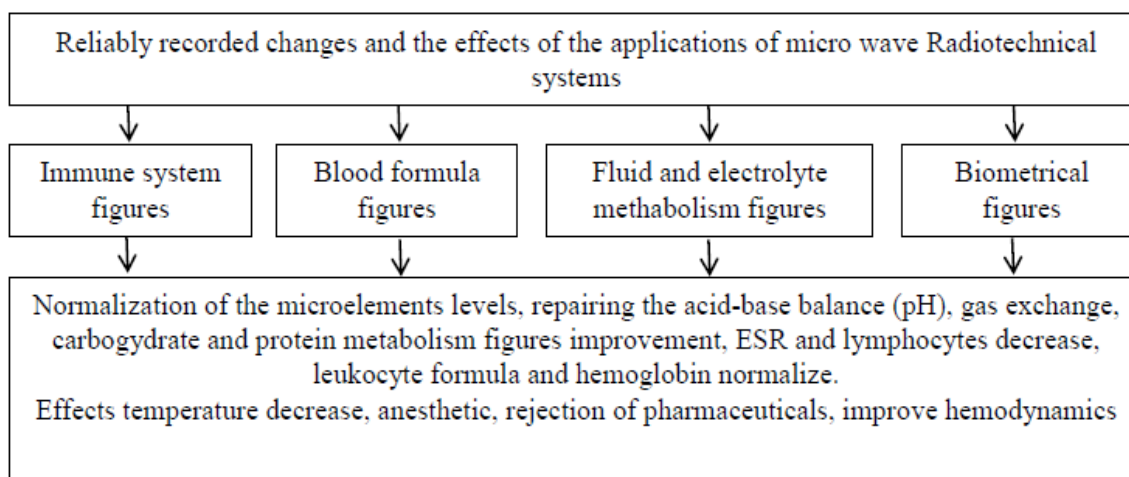


Figure 1.8 – Effects of Quantum Medicine

The results of the use of MRT in some diseases listed in the table. 1.2 [12].

LIST OF REFERENCES

1. Скрипник Ю. А. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко, В. Ф. Манойлов, В. П. Куценко, Ю. Б. Гимпилевич. – Житомир : Волянь, 2003. – 408 с.
2. Есепкина Н. А. Радиотелескопы и радиометры / Н. А. Есепкина, Д. В. Корольков, Ю. Н. Парийский. – Г. : Наука, 1972. – 416 с.
3. Николаев А. Г. Радиотеплолокация / А. Г. Николаев, С. В. Перцов. – М. : Сов. Радио, 1964. – 335 с.
4. Куценко В. П. Методы и средства сверхвысокочастотной радиометрии / В. П. Куценко, Ю. О. Скрипник, Н. Ф. Трегубов, К. Л. Шевченко, О. П. Яненко. – Донецьк : Наука і освіта, 2011. – 324 с.
5. Черноушенко П. А. Измерение электронных параметров дециметрового и сантиметрового диапазона волн / П. А. Черноушенко, А. В. Бородин. – Г. : Радио и связь, 1986. – 159 с.
6. Билько М. И. Измерение мощности на СВЧ / М. И. Билько, А. К. Томашевский. – Г. : Радио и связь, 1986. – 167 с.
7. Ситько С. П. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / С. П. Ситько, Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко. – К. : ФАДА, 1999. – 199 с.
8. Yanenko O. P. Microwave radiometry in medico-biological applications / O. P. Yanenko // Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universyteta, 2014 p. – № 4 (76). – P. 155–163.
9. Sitko S. P. Vvedenie v kvantovuyu meditsinu [Introduction to quantum medicine] / S. P. Sitko and L. N. Mkrtchyan. – Kiev : Pattern Publ., 1994. – 148 p.
10. Биняшевский Э. В. Сборник методических рекомендаций и нормативных актов микроволновой резонансной терапии / Э. В. Биняшевский, Б. П. Грубник, С. А. Дерендяев и др. – К. : Оберіг, 1997. – 127 с.
11. Yanenko O. P. Equipmen and technologies of low intensity millimeter therapy / O. P. Yanenko, S. M. Peregodov, I. V. Fedotova, O. D. Golovchanska // Visnyk NTUU «KPI» Seriya : Radiotekhnika. Radioaparatabuduvannya. – 2014. – № 59 – P. 103–110.

12. Evaluation of irradiative abilities of dental materials / A. Janenko, S. Peregudov, A. Politun, O. Golovchanska // Materials of the 9th World Endodontic Congress. Tokio, Japan. – 2013.

13. Николова Л. Специальная физиотерапия с Л. Николова. – София : Медицина и физкультура, 1983. – 433 с.

14. Microwave Evaluation of Electromagnetic Compatibility of Dielectric Remedial and Therapeutic Materials with Human Body / Oleksiy Yanenko, Kostiantyn Shevchenko, Vladyslav Malanchuk, Oleksandra Golovchanska // International Journal of Materials Research. – 2019. – Vol. 7, no. 1. – P. 37–43.

15. Яненко О. П. Особливості мікрохвильових низькоінтенсивних випромінювань матеріалів для фізіотерапевтичних процедур / О. П. Яненко, Б. І. Яворський, Р. А. Ткачук, В. П. Русинчук // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2014. – № 60. – С. 114–121.

16. Понежа Г. В. Положительные и отрицательные потоки микроволнового излучения от физических и биологических объектов / Г. В. Понежа, С. П. Ситько, Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко // Physics of the Alive. – 1998. – Vol. 6, № 1. – С. 11–14.

17. Пат. 59399 Україна. Спосіб мікрохвильової терапії / Бундюк Л. С., Кузьменко О. Р., Понежа Г. В., Ситько С. П., Скрипник Ю. О., Яненко О. П. 2003. Бюл. № 9.

18. Физико-химические свойства элементов // Справочник под редакцией Н. В. Самсонова. – К. : Наукова думка, 1965. – 809 с.

19. Пат. 49357 Україна. Спосіб вимірювання потужності електромагнітного сигналу та ідентифікації стоматологічних матеріалів / Яненко О. П., Пeregудов С. М., Головчанська О. Д. 2008. Бюл. № 15.

20. Москвин С. В. Основы лазерной терапии / С. В. Москвин, А. А. Ачилов. – М. : Медицина, 2008. – 255 с.

21. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика / А. Н. Ремизов. – М. : Высшая школа, 1996. – 608 с.

22. Rojas J. C. Low-level light therapy of the eye and brain / J. C. Rojas, F. Gonzalez-Lima // Eye and Brain. – 2011. – No. 3. – P. 49–67.

23. Пат. України № 91337. Пристрій для світлотерапії / О. П. Яненко, С. В. Михайленко, опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12.

24. Пустова С. В. Дослідження електрофізичних і електромагнітних параметрів біологічно активних точок людського організму /

С. В. Пустова, О. П. Яненко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2007. – № 34. – С. 142–149.

25. Попечителев Е. П. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Ч. 4 / Е. П. Попечителев, Н. А. Кореневский. – Курск, 2006. – 311 с.

26. Терещенко М. Ф. Контроль дози лазерного опромінення біологічних тканин температурним методом / М. Ф. Терещенко, І. В. Максимчук, Л. А. Мамедов, С. П. Якубовський // Вісник НТУУ «КПІ», Приладобудування. – 2013. – № 45. – С. 175–180.

27. Adey W. Frequency and Power Windowing in Tissue Interaction with Wear Electromagnetic Fields // IEEE. – 1980. – Vol. 68, № 1. – P. 140–147.

28. Основы оптической радиометрии под ред. проф. А. Ф. Котюка. – М. : Физматлит, 2003. – 504 с.

29. Оптические измерения / А. М. Борбат, И. С. Горбань, Б. А. Охрименко и др. – Киев : Техника, 1967. – 245 с.

30. Пат. України № 65746. Фотометр / Овчинников С. С., Поліщук В. М., Горяшик М. М., опубл. 10.05.2007. Бюл. № 6.

31. Пат. України № 23102. Фотометр / Єсаулов С. М., Осадчий Р. М., Таран О. А., опубл. 15.04. 2004. Бюл. № 4.

32. Пат. України № 90426. Фотометричний вимірювач / Яненко О. П., Михайленко С. В., Ліснічук А. С. Горшков А. В., опубл. 26.05.2014. Бюл. № 10.

33. Зеленков І. А. Фотометрія : навч. посібник / І. А. Зеленков. – Київ : НАУ, 2003. – 180 с.

34. Гуревич М. М. Фотометрия (Теория, методы и приборы) / М. М. Гуревич. – Л-д. : Энергоатомиздат, 1983 – 272 с.

35. А. с. № 1511603 СССР. Полевой спектрофотометр / Кульчицкий А. П., Обринский Л. У., опубл. 30.09.89. Бюл. № 36.

36. Пат. України № 381107. Фотометр / Буняк А. М., Борисенков А. А., опубл. 30.05.2001 р. Бюл. № 4.

37. А. с. № 1511602 СССР. Спектрофотометр / Герасимов С. Ю., опубл. 30.09.1989. Бюл. № 36.

38. Яненко О. П. Радіометричний модуляційний вимірювач інтенсивності оптичного випромінювання / О. П. Яненко, С. В. Михайленко, А. С. Ліснічук // Вісник НТУУ «КПІ» Серія : Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2013. – № 52. – С. 96–101.

39. Скрипник Ю. А. Модуляційні радіометричні пристрої та системи НВЧ діапазону : навч. посіб. / Ю. О. Скрипник, В. П. Манойлов, О. П. Яненко. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 373 с.
40. Пат. України № 119255. Фотометричний вимірювач поглинальної здатності слабо прозорих матеріалів / Яненко О. П., Шульга В. О., Шевченко К. Л., Головчанська О. Д., опубл. 25.09.2017. Бюл. № 18.
41. Шелухин О. И. Радиосистемы ближнего действия / О. И. Шелухин. – М. : Радио и связь, 1989. – 237 с.
42. Измерение радиотепловых и плазменных излучений / А. Е. Башаринов, Л. Т. Тучков, В. М. Поляков, Н. И. Ананов. – М. : Сов. Радио, 1968. – 390 с.
43. Скрипник Ю. А. Проблемы измерения низкоинтенсивного излучения миллиметрового диапазона / Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко // Физика живого. – 1998. – Т. 6, № 1. – С. 108–112.
44. Яненко О. П. Основні принципи побудови високочутливих комутаційно-модуляційних радіометрів міліметрового діапазону / О. П. Яненко // Вісник ЖІТІ. – 1998. – № 8. – С. 111–118.
45. Скрипник Ю. А., Модуляційні радіометри: структури, основні співвідношення та особливості / Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко // Вісник ЖІТІ. – 2001. – № 17. – С. 53–60.
46. Пат. України № 28122. Нульовий модуляційний радіометр / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., опубл. 2000. – Бюл. № 5.
47. Пат. України № 27625. Модуляційний радіометр / Скрипник Ю. О., Перегудов С. М., Яненко О. П., опубл. 2000. – Бюл. № 4.
48. Скрипник Ю. А. Радиометрическая система для исследования излучений биологических объектов / Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко, С. Н. Перегудов // Физика живого. – 1998. – Т. 6, № 1. – С. 19–22.
49. Скрипник Ю. О. Шляхи зниження флуктуаційного порогу чутливості вимірювачів слабких сигналів / Ю. О. Скрипник, О. П. Яненко // Вісник ЛПІ. Автоматика, вимірювання та керування. – № 420. – 2001. – С. 20–26.
50. Пат. України № 57820. Модуляційний радіометр / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., Колисниченко М. В., опубл. 2003. – Бюл. № 7.

51. Пат. України № 53790. Двоканальний супергетеродинний радіометр / Казаков М. І., Куценко В. П., Сітько С. П., Скрипник Ю. О., Яненко О. П., опубл. 2003. – Бюл. № 2.
52. Пат. України № 27651. Диференційний радіометр / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., опубл. 2000. – Бюл. № 4.
53. Пат. України № 27641. Одноканальний радіометр / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., опубл. 2000. – Бюл. № 4.
54. Пат. України № 14887 А. Спосіб вимірювання потужності електромагнітного випромінювання надзвичайно високих частот / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., Горбань Є. М., Куценко В. П., опубл. 2006. – Бюл. № 6.
55. Пат. України № 33222 А. Мікрохвильовий пристрій для аналізу ємнісних властивостей живого білка / Скрипник Ю. О., Шевченко К. Л., Цимбалюк В. І., опубл. 2001. – Бюл. № 1.
56. Сітько С. П. Экспериментальное исследование излучения некоторых объектов в мм-диапазоне / С. П. Сітько, Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко // Физика живого. – 1998. – Т. 6, № 1. – С. 15–18.
57. Чиграй Е. С., Яременко Ю. Г. Динамика коэффициента отражения мм-волн от кожи при КВЧ-воздействии // Миллиметровые волны в медицине и биологии : сб. докл. II Рос. симпозиума. – М. : ИРЭ РАН. – 1997. – С. 192–193.
58. Пат. України № 37273. Пристрій для вимірювання зсуву фаз у відбитих НВЧ-коливаннях / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., Іващенко В. О., опубл. – 2001. – Бюл. № 4.
59. Пат. України № 28128. Спосіб виявлення та визначення електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів та пристрій для його здійснення / Скрипник Ю. О., Яненко О. П., опубл. 2000. – Бюл. № 5.
60. Метрологія апаратури квантової медицини / О. П. Яненко // Технічна електродинаміка : тематичний випуск. – К., 2000. – Ч. 1. – С. 108–111.
61. Яненко О. П. Оцінка похибки р-і-п-модуляторного ключа методом еквівалентного чотиріполюсника / О. П. Яненко // Вісник ЖІТІ. – 2001. – С. 98–101.

62. Яненко О. П. Методи та засоби калібровки високочутливих радіометричних систем мм-діапазону / О. П. Яненко // Вісник ВПІ. – 1999. – № 6. – С. 93–97.

63. Скрипник Ю. А. Измерительные устройства с коммутационно-модуляционными преобразователями / Ю. А. Скрипник. – Киев : Вища школа, 1975. – 256 с.

64. Яненко О. П. Високочутливі модуляційні структури радіометричної апаратури НВЧ-діапазону : дис. ... доктора техн. наук : 05.11.08 / Яненко Олександр Пилипович. – Вінниця, 2003. – 379 с.

65. Український центр стандартизації та метрології. Свідоцтво про державну метрологічну атестацію «Установка для вимірювання малих рівнів потужності міліметрового діапазону хвиль НУ-1 № 1» № 26-007 від 26.12.2000 р.

66. Український центр стандартизації та метрології. Свідоцтво про державну метрологічну атестацію «Установка для вимірювання малих рівнів потужності міліметрового діапазону хвиль НУ-2 № 1» № 26-008 від 26.12.2000 р.

67. Кессель В. Эталоны теплового шума: определения, реализация и методы сравнения / В. Кессель, Д. Джаник // ТИИЭР. – 1986. – Т. 74, № 1. – С. 130–131.

68. Яненко О. П. Оцінка граничної чутливості РС мм діапазону / О. П. Яненко // Вісник ЖІТІ. – 1999. – № 9. – С. 189–192.

69. ХДНДІМ. Свідоцтво про державну метрологічну атестацію «Генератора шуму теплового ГШТ № 01» № 235 від 5.03.2003 року

70. Шумы в электронных приборах и системах / М. Букингом, А. Б. Мещерякова, В. П. Митрофанова, Г. А. Сидоровой. – Пер. с англ. под ред. В. Н. Губанова. – М. : Мир, 1986. – 399 с.

71. Корнев В. К. Эффект Джозефсона и его применение в сверхпроводниковой электронике / В. К. Корнев // Соревский образовательный журнал. – 2001. – Т. 2, № 8. – С. 84–90.

72. Войтович И. Д. Нанoeлектронная элементная база информатики / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. – М. : Интернет-Университет Информационных технологий. БИНОМ, 2013. – 643 с.

73. Корнев В. К. Исследование динамических процессов в джозефсоновских устройствах сверхпроводниковой электроники :

автореф. дис. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / В. К. Корнев. – М. : 2007 – 38 с.

74. Кулик И. О. Эффект Джозефсона в сверхпроводящих туннельных структурах / И. О. Кулик, И. К. Янсон. – Москва : Наука, 1970. – 271 с.

75. Боков М. М. Применение методов квантовой метрологии в процессе эксплуатации современных образцов вооружения и военной техники / М. М. Боков, М. Е. Гришоев, М. Б. Мищенко // Журнал фундаментальных исследований. – 2015. – С. 23–31.

76. Головин Ю. Н. Нанотехнологическая революция стартовала. [Электронный ресурс] / Головин Ю. Н. – Режим доступа: <http://www.abitura.com/modernphysics/nano/nano2.htm>.

77. Тиханский М. В. Моделирование процессов коммутации в джозефсоновских элементах логики «И» и «ИЛИ» / М. В. Тиханский, Р. Р. Крисько // Физика низких температур. – 2013. – Т. 39, № 2. – С. 127–133.

78. Калашников В. К. Гармонический смеситель на туннельном переходе сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник / В. К. Калашников, А. В. Худченко, А. Б. Барышев, В. П. Кошелен // Радиотехника и электроника. – 2011. – Т. 56, № 8. – С. 1–9.

79. Сугано Т. Введение в микроэлектронику / Т. Сугано, Т. Икома, Е. Такэиси. – М. : Мир, 1988. – 320 с.

80. Кичак В. М. Математична модель переходу Джозефсона / В. М. Кичак, В. В. Кичак // Вісник ВНТУ. – 2014. – № 3/119. – С. 101–106.

81. Араманович И. Г. Уравнения математической физики / И. Г. Араманович, В. И. Левин. – М. : Наука, 1969. – 288 с.

82. Арзуманов А. В. Многоэлементные синхронные джозефсоновские структуры : дис. ... канд. ф.-м. н. / А. В. Арзуманов. – М. : МГУ, 2007.

83. Корнев В. К. От одно- и двухконтактного сквидов к би-сквиду / В. К. Корнев, И. И. Соловьев, А. В. Шарафиев, Н. В. Кленов // Радиотехника. – 2012. – № 12.

84. Петров Г. В. Нелинейная модель полевого транзистора с двумя затворами Шоттки / Г. В. Петров, А. В. Храмов // Радиотехника. – 1990. – № 2. – С. 43–46.

85. Кичак В. М. Синтез частотно-імпульсних елементів цифрової техніки : монографія / В. М. Кичак. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 291 с.

86. Генератори допоміжних сигналів на базі переходів Джо-зефсона / В. М. Кичак, М. Д. Гузь, В. В. Кичак, А. В. Вергелюк // Вестник национального технического университета Украины «КП». Радиотехника и аппаратостроение. – 2014. – № 57. – С. 121–127.

87. Application of a Superlattice Multiplier for High Resolution THz Spectroscopy / C. P. Endres, F. Lewen, T. F. Giesen, S. Schlemmer, V. G. Paveliev // Review of Scientific Instruments. – 2007. – Vol. 78, is. 4. – P. 043106–043106–6.

88. Design and Characterization of a Room Temperature All-Solid-State Electronic Source Tunable From 2.48 to 2.75 THz / A. Maestrini et al. // IEEE Transaction on THz science and Technology. – 2012. – Vol. 2, no. 2.

89. G. Chattopadhyay. Technology, Capabilities and Performance of Low Power Terahertz Sources // IEEE Transaction on THz science and Technology. – 2011. – Vol. 1, no. 1. – P. 33–53.

90. Stability of HEB Receivers at THz Frequencies Proceedings of SPIE / T. Berg et al. // SPIE BellinghamWA. – 2004. – Vol. 5498. – P. 605–615.

91. Еру И. И. Твердотельные источники гетеродинного излучения субмиллиметрового диапазона / И. И. Еру // Радиофизика и радиоастрономия. – 2010. – Т. 15, № 2. – С. 224–233.

92. Торгашин М. Ю. Разработка и исследование джозефсоновских генераторов терагерцового диапазона на основе распределенных туннельных переходов: дис. ... канд. техн. наук : 01.04.03 / М. Ю. Торгашин; ИРЕ РАН им. В. М. Котельникова. – М., 2013. – 140 с.

93. Кременецкая Я. А. Резонансно-туннельные диоды при больших напряжениях смещения / Я. А. Кременецкая, В. Е. Чайка, Г. Е. Чайка // Зв'язок. – 2004. – № 1. – С. 60–62.

94. Karplunenko V. K. Superconducting circuit simulator «WinS». [Електронний ресурс] / V. K. Karplunenko. – Режим доступу: http://www.kapl.tv/wins_text.htm.

95. Kooi J. W. Performance of the Caltech Submillimeter Observatory Dual-Color 180-720 GHz Balanced SIS Receivers / J. W. Kooi, R. A. Chamberlin, R. Monje et al. // IEEE Trans. Terahertz Science and Technology. – 2014. – Vol. 4, no. 2. – P. 149–164.

96. Antenna coupled planar arrays of Josephson junctions / M. Tarasov, E. Stepantsov, T. Lindstrom et al. // Physica C. – 2002. – V. 372–376, pt. 1. – P. 355–9.

97. Корнев В. К. Численное моделирование ширины линии генерации в синхронных многоэлементных джозефсоновских структурах / В. К. Корнев, А. В. Арзуманов // Журнал технической физики. – 1998. – Т. 24, № 15. – С. 52–59.

98. Кичак В. В. Вплив флуктацій струму на параметри надвисоко-частотних генераторів / В. В. Кичак, В. М. Кичак, М. Д. Гузь // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014) : матеріали XIII Міжнародної конференції. – Вінниця. – С. 118.

99. Kychak V. M. Evaluation on dependence of Josephson Junction Generation Linewidth from Its Geometrical Dimensions and Critical Current / V. M. Kychak, D. S. Hromovyi, M. D. Huz // UkrMiCo'2016, 11–15 September 2016. – Kyiv : National Technical University of Ukraine, 2016. – P. 218–221.

100. Kychak V. M. Influence of Critical Current and Parameters of Josephson Junction on Frequency Stability of Oscillator / V. M. Kychak, D. S. Hromovyi, M. D. Huz // Information and Telecommunication Sciences. – 2016. – V. 7, № 2. – P. 54–61.

101. Кузьмин Л. С. Взаимная синхронизация джозефсоновских контактов / Л. С. Кузьмин, К. К. Лихарев, Г. А. Овсянников // Радиотехника и электроника. – 1981. – № 5. – С. 1067–1076.

102. Овсянников Г. А. Взаимная синхронизация в многоконтактных джозефсоновских структурах / Г. А. Овсянников, Л. С. Кузьмин, К. К. Лихарев // Радиотехника и электроника. – 1982. – Т. 27, вып. 8. – С. 1613–1621.

103. К вопросу о корегентном состоянии цепочки туннельных джозефсоновских переходов / А. В. Арзуманов, В. К. Корнев, Г. А. Овсянников, А. Д. Маштаков // Журнал технической физики. – 1998. – Т. 24, вып. 15. – С. 1–7.

104. Кичак В. М. Радіочастотні та широтно-імпульсні елементи цифрової техніки : монографія / В. М. Кичак, О. О. Семенова. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 162 с.

105. Кичак В. В. Застосування переходів Джозефсона для побудови пристроїв перетворення імпульсно-потенціального входу в частотно-імпульсний / В. В. Кичак, М. Д. Гузь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 3. – С. 66–70.

106. Сверхпроводниковый интегральный приемник субмиллиметрового диапазона / П. Н. Дмитриев, А. Б. Ермаков, Н. В. Кинев и др. // Успехи современной радиоэлектроники. – 2010. – № 5. – С. 75–81.

107. Шитов С. В. Малошумящий СИС смеситель на частоту 1 ТГц с двойной дипольной антенной / С. В. Шитов, А. В. Марков, Б. Д. Джексон и др. // Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72, вып. 9. – С. 87–92.

108. Выставочкин В. И. Преобразователь частоты на SHS переходе / В. И. Выставочкин // Журнал технической физики. – 1985. – Т. 11, вып. 5. – С. 290–295.

109. Вендик О. Г. Приборы криогенной электроники. Высоко-температурные сверхпроводники / О. Г. Вендик, С. Г. Колесов. – М. : Знания, 1990. – 64 с.

110. Кичак В. М. Дослідження радіочастотних операційних елементів десяткової системи числення // Вісник ВПІ. – 1999. – № 4. – С. 77–81.

111. Кичак В. В. Вплив флуктацій струму на параметри надвисоко-частотних генераторів / В. В. Кичак, В. М. Кичак, М. Д. Гузь // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014) : матеріали XIII Міжнародної конференції. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 118.

112. Кичак В. В. Цифрові радіотехнічні пристрої на базі високо-температурної надпровідності та переходів Джозефсона / В. В. Кичак, Г. Г. Бортник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 1. – С. 117–120.

113. Ревин Л. С. Быстрые переключения и генерация в джозефсоновских контактах / Л. С. Ревин. – Нижний Новгород : б. из., 2016.

114. Исследование СВЧ-свойств высокотемпературных джозефсоновских контактов на сапфировой бикристаллической подложке /

Е. Е. Пестов, Д. В. Мастеров, А. Е. Парафин, С. А. Павлов, А. М. Клушин // Физика твердого тела. – 2017. – Т. 59, вып. 11.

115. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров / А. Й. К. Марцинкавичюс, Э. А. К. Багданскис, Р. Л. Пашюнас и др. ; под. ред. А. Й. К. Марцинкавичюс, Э. А. К. Багданскис. – М. : Радио и связь, 1988. – 224 с.

116. Bortnik G. The mathematical model of the analog-digital converter / G. Bortnik, V. Kichak, S. Bortnik // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Proceedings of International Conference. – 2006. – P. 564–565.

117. Mukhanov O. A. Superconductor Analog-to-Digital Converters / O. A. Mukhanov, D. Gupta, A. M. Kadin. V. K. Semenov // Proceedings of the IEEE. – 2004. – Vol. 92, no. 10. – P. 1564–1584.

118. Аскарзаде И. Н. Динамические свойства балансного компаратора на джозефсоновских переходах с кулоновской блокадой / И. Н. Аскарзаде // Журнал технической физики. – 2016. – Т. 86, вып. 9.

119. Kychak V. M. Pulse-code modulator for processing of weakly intense signals in the terahertz frequency range / V. M. Kychak, M. Vasylykivskyi, V. Kychak, M. D. Huz // UkrMiCo'2018, 10–14 September 2018. – Odessa : Odessa National Academy of Telecommunication (ONAT), 2018.

Яненко, О.

Я60 Методи та засоби формування, оброблення та використання
низькоінтенсивних електромагнітних сигналів : монографія /
О. П. Яненко, К. Л. Шевченко, В. М. Кичак. – Вінниця : ВНТУ,
2020. – 268 с.

ISBN 978-966-641-812-1

У монографії узагальнено науково-технічний досвід, накопичений авторами у сфері формування, вибору, перетворення та обробки слабких параметрів сигналу. Автори розглядають особливості комутаційних та модуляційних перетворень та ланцюгів високочутливих радіометрів НВЧ та оптичного діапазону, а також методи та засоби формування сигналів низької інтенсивності із застосуванням переходів Джозефсона. Може бути корисною для студентів та аспірантів, а також для фахівців у галузі розробки та використання обладнання низького сигналу в телекомунікаціях та радіозв'язку, фізиці, біології, медицині, матеріалознавстві та інших прикладних галузях науки та техніки, пов'язаних з використанням сигналів низької інтенсивності.

УДК 621.317: 621.371: 615.849

Наукове видання

**Яненко Олексій Пилипович
Шевченко Костянтин Леонідович
Кичак Василь Мартинович**

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ, ОБРОБЛЕННЯ
ТА ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИХ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИГНАЛІВ**

Монографія
(англійською мовою)

Видання здійснене в авторській редакції
Оригінал-макет підготовлено В. Кичаком

Підписано до друку 5.08.2020 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 15,48
Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр. Зам № В2020-10

Вінницький національний технічний університет,
ІРВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.
21021, м. Вінниця, вул. Порика, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.