



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



**Матеріали
Міжнародної наукової конференції**

**Івано-Франківськ
20-23 травня 2025 року**

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника
Представництво "Польська Академія Наук" в Києві
Вінницький національний технічний університет
Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача. НАН України
AGH науково-технологічний університет
ім. Ст.Сташіца, Польща
Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Національний авіаційний університет
Національний університет «Львівська політехніка»
Фінансово-економічний інститут Таджикистану
Економічна академія "Д.А.Ценов", Болгарія
Штуттгартський університет, Німеччина
НДІ інтелектуальних комп'ютерних систем THEU та ІК НАН України
Інститут інженерів з електротехніки
та електроніки (IEEE), Українська секція
Громадська організація "Івано-Франківський ІТ кластер"

"ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ"

**матеріали
міжнародної науково-практичної конференції**

**20-23 травня 2025 року
Івано-Франківськ**

**"INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMPUTER MODELLING"
proceedings
of the International Scientific Conference
2025, May, 20th to 23th
Ivano-Frankivsk**

Івано-Франківськ — 2025

УДК (004:004.2/004.9+007):33/37+51+621
ББК 22.17 32.81
І-74 Т

Науковий редактор: докт. техн. наук, проф. **Л.Б. Петришин** (ПНУ, AGH)

Матеріали статей опубліковані в авторській редакції

"Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"; матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 20-23 травня 2025 року. – Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2025. –267с.

Збірка містить матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції з проблем інформаційних технологій в технічних системах, в соціумі, освіті, медицині, економіці та екології; теорії інформації, кодування та перетворення форми інформації; технологій цифрової обробки інформації; захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах; математичного та імітаційного моделювання систем.

УДК (004:004.2/004.9+007):33/37+51+621
ББК 22.17 32.81
І-74 Т

ISBN 978-617-8470-31-9

© ПНУ ім. В. Стефаника та автори, 2025

Зміст

1. Програмна система для аналізу медичних томографічних зображень із використанням SVM.....	3
Катерина Горішня, Ілля Головашенко, Володимир Кобзєв	
2. Розпізнавання військової техніки на супутникових знімках за допомогою ШІ.....	5
Віталій Витрикуш, Наталія Гузинець	
3. Архітектура та дизайн безсерверної системи для збору спеціалізованих даних.....	10
Олександр Демідов, Оксана Гонсьор	
4. База даних, як частина автоматизованої системи управління земельними ресурсами.....	12
Дрозд Василь, Мічута Ольга	
5. Оптимізація продуктивності корпоративних мереж за допомогою SD-WAN технологій.....	15
Жуков Роман, Юрченко Юрій,	
6. Analysis of war-related landscape fires around the Bucha-Irpin-Hostomel agglomeration using satellite monitoring data.....	17
Tetiana Ivanova, Ruslana Pashko, Rostyslav Bun	
7. CNN-ViT Hybrid Framework for Histopathological Breast Cancer Analysis.....	19
Oleksandr Papchenko, Borys Kuzikov	
8. Spatial Assessment of Thermal Anomalies in Ukraine Using Intelligent Data Analysis Methods.....	22
Svitlana Kuznichenko, Dmytro Ivanov	
9. Fractality Formation of Self-Organized Structures and their Initiation in the Education.....	26
Mykhaylo Mar'yan, Nataliya Yurkovych, Vladimir Seben	
10. Appreciative Inquiry (AI) method in the study of sustainable development of education quality improvement.....	29
Iryna Melnyk, Kateryna Kotsiubivska	
11. Development of a Chatbot for End-to-End Encrypted Messaging.....	32
Volodymyr Palahin, Olena Palahina, Oleksandr Protsenko, Oleksandr Ivchenko, Anatolii Bairak	
12. Модель оцінки ефективності електронного навчального процесу на основі психофізіологічних показників.....	35
Лебеза Андрій Васильович, Повхан Ігор Федорович, Сароз Віталій Ярославович	
Яковлев Владислав Олександрович	
13. Spatial analysis of consequences of war-related landscape fires in the Kharkiv region using satellite image processing methods and a cloud platform.....	41
Dmytro Pohorilets, Alina Puto, Yuliia Ivato, Rostyslav Bun	
14. Електронні навігаційні карти для безпеки судоходства.....	44
Наталія Пунченко	
15. Порівняльний аналіз оптимізації системи контрольних допусків при розпізнаванні інфраструктурних об'єктів.....	46
Максим Руденко, Микита Мироненко	
16. Метод агрегування експертних оцінок функціонального стану персоналу.....	50
Володимир Темніков, Андрій Темніков	
17. Підхід до моделювання проблемної області інтелектуальної навчальної системи.....	52
Олена Темнікова, Андрій Темніков	
18. Концепція програмного забезпечення цифрового кластера безпеки.....	54
Антон Турок	
19. Програмна система вивчення англійської мови з використанням штучного інтелекту для аналізу та навчання.....	56
Євдоким Федорчук, Мирослав Труняк	
20. Method of improving an interference-resistant for radiosystem with FHSS and dynamic channel state analysis.....	58
Dmytro Tsybulnykov, Shostko Igor	
21. Formalization of Deductive Rules for Syntactic-Semantic Transformations in a System for Ontology Construction from Textual Documents.....	61
Andrii Chorny, Dmytro Dosyn	
22. Modernization of the Video Surveillance System Network Using Software-Defined Networking and Network Function Virtualization Technologies.....	68
Oleksandr Shloma, Stanislav Korobka	

23. Investigation of the Remote Control Method of Autonomous Video Surveillance Dahua Cameras from the SpaceX Satellite Networks.....	71
Oleksandr Shloma, Stanislav Korobka	
24. Моделювання Методу Усереднення Несинхронних Сигналів на Прикладі ЕКГ.....	74
Леонід Файнзільберг, Ольга Сапон	
25. Розпаралелювання стиску зображень зі сканерів земної поверхні.....	79
Тарас Грицько, Валерій Глухов	
26. Комп'ютерна технологія захищеної передачі текстових повідомлень на основі процесів спотворення та відновлення зображень.....	82
Анастасія Маріненко, Сергій Вовк	
27. Wavelet Filtering of Colored Noise in an Image.....	87
Olena Osharovska, Andrii Doroshuk	
28. Одночасна апроксимація серіями типу вибірки у зважених просторах функцій.....	89
Метін Тургай	
29. Моделювання Каскадного Фільтру Приглушення Зосереджених Гармонічних Завад на Основі ДПФ.....	95
Леонід Файнзільберг, Владислав Самборський	
30. Modeling of a Cascade Filter for Suppression of Harmonic Interference Based on DFT.....	95
Leonid Fainzilberg, Vladislav Samborskyi	
31. Штучний інтелект та використання його можливостей для смарт-аналітики.....	98
Людмила Колечкіна, Софія Середа, Анна Мещерякова	
32. Апроксимація залежності опору термістора від температури.....	105
Роман Малахівський	
33. Портфелі алгоритмів для розв'язання задачі про найкоротше покриття множини.....	107
Сергієнко Іван, Шило Володимир, Рошин Валентина, Шило Петро, Боярчук Дмитро	
34. Automatic Grayscale Images Contrast Enhancement Based on Power Transformations.....	109
Lyudmila Akmetshina, Artyom Yegorov, Olexandra Nikishyna	
35. Три Моделі Створення Стереозображень За Сенсорними Даними БПЛА.....	112
Віталій Боюн, Людмила Возненко, Аніса Касім, Олександр Матвієнко	
36. Порівняльний аналіз NLP-бібліотек NLTK та spaCy.....	116
Дадиверін Віталій, Бісікало Олег	
37. Advancements in Agent-Based Modeling for Enhanced Transportation Network Simulation: Methodological Innovations and Practical Applications.....	119
Bohdan Dokhniak, Viktor Khavalko	
38. Особливості розрахунку спотворень сигналу в електронних системах.....	122
Ігор Заячук, Богдан Благітко	
39. Наївний метод на основі правил в аналізі емоційного забарвлення контенту українською мовою.....	125
Антон Ломовацький, Тарас Басюк	
40. Comparison of Entity Framework Core File Export Strategies Under Parallel Processing.....	127
Yaroslav Luchenko, Volodymyr Kobziev	
41. Апаратна оптимізація генеративних змагальних мереж: аналіз продуктивності та енергоефективності.....	129
Микола Максимів	
42. Вдосконалення методів моніторингу додатків в мікросервісній архітектурі.....	133
Олексій Мельник	
43. Underwater Images Preprocessing Techniques.....	136
Dmytro Moroz	
44. Climate Models and Temperature Forecast for Odesa.....	138
Yurii Ilnytskyi, Volodymyr Moroz	
45. Концептуальні підходи до адаптивного синтезу моделей для задач інтелектуального моніторингу.....	143
Володимир Остапук, Сергій Голуб	
46. The Method of Context-Aware Data Management in Customer Relationship Management Systems.....	145
Marian Pisotskyi	
47. Невизначеність в задачах штучного інтелекту та її вирішення самоналагоджувальними алгоритмами.....	147
Тимофієва Н.К.	

48.Розробка Архітектури Глибокого Навчання для Класифікації Дефектів Дорожнього Покриття.....	149
Є.С. Чернов, С.Ю.Борю	
49.Заземлене розуміння мови ШІ-моделями через втілену взаємодію та моделі світу.....	153
Олексій Шамов	
50.Predictive Maintenance for Agricultural Vehicles: Impact of GIS Data on LSTM-Based RUL Prediction.....	155
Anton Shykhmat, Zenoviy Veres	
51.Порівняння ефективності інструкцій для мовних моделей у контексті генерації зображень за допомогою GAN моделей.....	157
Володимир Якимів, Йосиф Піскозуб	
52.Практика аналізу витрат і вигравів кібербезпеки.....	160
Василь Горбачук, Максим Дунаєвський	
53.Методи Захисту Від Атак На Біометричні Системи Аутентифікації.....	162
Єлизавета Єжова	
54.Соціальна інженерія як частина тестування на проникнення.....	165
Анастасія Журавчак, Андріян Піскозуб	
55.Security Models for IoT Systems.....	168
Oleksiy Kovalenko, Natalia Karevina	
56.Comparative Analysis of Curves Performance of ElGamal Algorithm.....	170
Yurii Baryshev, Vladyslava Lanova	
57.Applying an intelligent disinformation search algorithm to a dataset of Ukrainian-language news.....	172
Olga Lozynska, Oksana Markiv, Victoria Vysotska	
58.Елементи Великого Порядку в Групових Кільцях, Заданих Скінченням Полем та Діедальною Групою. .	175
Роксолана Оберишин, Роман Попович	
59.Інтелектуальна система прогнозування внутрішніх інцидентів на основі даних SOCMINT: практична реалізація.....	177
Вадим Пантелєєв, Володимир Білодід	
60.Інтегрований підхід до прогнозування внутрішніх інцидентів на основі аналізу соціальних мереж та емоційно-часових характеристик.....	180
Вадим Пантелєєв, Володимир Білодід	
61.Масштабованість та продуктивність розподілених баз даних з використанням фрагментації даних у блокчейн-мережах.....	183
Петро Петрів, Іван Опірський	
62.Інтеграція LLM у технологію автоматизованого тестування безпеки веб-застосунків.....	188
Андрій Притула, Леонід Куперштейн	
63.Застосування моделі ShieldGemma для аналізу відео з мобільних пристроїв з метою виявлення потенційно небезпечних осіб.....	192
Тарас Фединашин, Партика Ольга	
64.Реалізація апаратних та програмних рішень для дослідження надійності роботи мікропроцесорних засобів в складі АСУ ТП комунальної сфери.....	195
Олександр Гедзь, Ольга Скрипнікова	
65.Інтерактивна карта індексів безпеки країн світу: розробка та моделювання.....	198
Олександр Палагін, Денис Симонов, Аніса Касім, Масуд Касім	
66.Підходи до побудови комп'ютерної системи розпізнавання запахів.....	201
Северин Рибка, Максим Попов, Severyn Rybka, Maksym Popov	
67.Застосування псевдообернених матриць для розв'язання задач теплопровідності.....	204
Білоус Максим, Варенюк Наталія, Тукалевська Нелля	
68.Genetic programming tool involving fractional-order operators.....	208
Vsevolod Bohaienko	
69.Spatial modeling of carbon dioxide fugitive emissions from coke production in Ukraine.....	210
Yuliia Ivato, Dmytro Pohorilets, Alina Puto, Rostyslav Bun	
70.Minimax Rational Approximations for the Hyperbolic Tangent Activation Function.....	212
Larysa Vakal, Yevhen Vakal	
71.Відновлення функції концентрації домішкових частинок за дискретними даними в області тіла.....	214
Богдан Гера	

72. Thermoelastic damping in a piezoelectric microbeam resonators with microstructure.....	216
Olha Hrytsyna, Maryan Hrytsyna	
73. Erroneous Parallel Gateways Detection in BPMN Models using Fuzzy Logic-based Techniques.....	218
Andrii Kopp, Dmytro Kudii	
74. Дослідження екстремальних експлуатаційних характеристик підземних сховищ газу в складі газотранспортної системи.....	220
Мирослав Притула, Зоя Притула, Назар Притула, Ольга Химко	
75. Greenhouse gas emissions from railway transport in Ukraine: Spatial modeling for 2015-2022.....	224
Alina Puto, Yuliia Ivato, Dmytro Pohorilets, Rostyslav Bun	
76. Homogenization and Modeling of Processes in Composite Materials with a Layered Structure.....	227
Gennadiy Sandrakov	
77. Про підхід до аналізу кібер-фізичних атак на розумні мережі на основі бі-матричних ігор.....	229
Володимир Г. Скобелев, Сергій В. Компан	
78. Mathematical Modeling and Optimization of Rooftop Solar Panel Placement in Urban Environments Using Genetic Algorithms.....	233
Petro Topylko, Artur Dankanych	
79. Taguchi's optimization of surface eddy current probes with rectangular orthogonal coils.....	237
Volodymyr Halchenko, Ruslana Trembovetska, Volodymyr Tychkov	
80. Математичне моделювання дифузії домішки у трифазному стохастично неоднорідному тілі із застосуванням діаграм Фейнмана.....	240
Юрій Чернуха	
81. Ймовірно-статистичний підхід до моделювання масоперенесення у випадково неоднорідному тілі за експериментальних даних на границі.....	242
Ольга Чернуха, Галина Білушак, Юрій Білушак, Анастасія Чучвара	
82. Approximation by Hermite-type exponential sampling series in logarithmic weighted spaces of functions.....	245
Sadettin Kursun	
83. Метод блокового шифрування на основі перетворень Уолша.....	249
Володимир Лужецький, Євгеній Кесарчук	
84. Математична Модель Фільтрації Газу з Використанням Похідних Дробових порядків.....	252
Ярослав П'янило, Назар Лопух, Ганна Лянце, Галина П'янило	
85. Похідні Дробових порядків в Математичному Моделюванні.....	256
Ярослав П'янило, Назар Лопух, Ганна Лянце, Галина П'янило	

Наукове видання

**"ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ"**

матеріали

**Міжнародної науково-практичної конференції
20-23 травня 2025 року
Івано-Франківськ**

**"INFORMATION TECHNOLOGIES
AND
COMPUTER MODELLING"**

**proceedings
of the International Scientific Conference
2025, May, 20st to 23th
Ivano-Frankivsk**

Науковий редактор: Л.Б. Петришин
Технічний редактор: М.О. Федоряк
Коректор: Ю.Ю. Іляш
Комп'ютерна верстка: О.М. Голіней

Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
76018, Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57,
ПНУ, адміністративний корпус

ISBN 978-617-8470-31-9

Для нотаток

Для нотаток

Taguchi's optimization of surface eddy current probes with rectangular orthogonal coils

Volodymyr Halchenko
Department of Instrumentation,
Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological
University
Cherkasy, Ukraine
v.halchenko@chdtu.edu.ua

Ruslana Trembovetska
Department of Instrumentation,
Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological
University
Cherkasy, Ukraine
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Volodymyr Tychkov
Department of Instrumentation,
Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological
University
Cherkasy, Ukraine
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Оптимізація методом Тагучі накладних вихрострумових перетворювачів з прямокутними ортогональними котушками

Володимир Гальченко
кафедра приладобудування,
мехатроніки та
комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний
технологічний університет
Черкаси, Україна
v.halchenko@chdtu.edu.ua

Руслана Трембовецька
кафедра приладобудування,
мехатроніки та
комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний
технологічний університет
Черкаси, Україна
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Володимир Тичков
кафедра приладобудування,
мехатроніки та
комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний
технологічний університет
Черкаси, Україна
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Abstract-The optimization method for increasing the signal-to-noise ratio of surface eddy current frame probes by means of Taguchi's robust parameter design is proposed, which allows determining the optimal design configuration for controlling the electrophysical parameters of the test object without actually eliminating the effects of noise factors. This is realized by combining the theory of design of experiments with numerical modeling of test processes. Two types of confirmatory numerical experiments have been carried out, which show the adequacy of the found optimal probe design.

Анотація-Запропоновано оптимізаційний метод підвищення значень відношення сигнал/шум накладних вихрострумових рамкових перетворювачів засобами робастного параметричного проектування Тагучі, що дозволяє визначити оптимальну конфігурацію конструкції для контролю електрофізичних параметрів об'єкту контролю без фактичного усунення впливів шумових факторів. Це реалізовано поєднанням теорії планування експериментів з чисельним моделюванням процесів випробувань. Здійснено два види підтверджувальних чисельних експериментів, які показують адекватність віднайденної оптимальної конструкції перетворювача.

Keywords- *robust parameter design, surface eddy current probe, rectangular orthogonal coils, Taguchi's design of experiments, quality loss function, signal-to-noise ratio*

Ключові слова- *робастне параметричне проектування, накладний вихрострумовий перетворювач, прямокутні ортогональні котушки, план експериментів Тагучі, функція втрат якості, відношення сигнал/шум*

I. INTRODUCTION

Measuring the electrophysical parameters of test objects using the eddy current method is a complex metrological task. Its effectiveness largely depends on eliminating the cross-sensitivity of probe signals to various influencing parameters, such as local variations in electrical conductivity or magnetic permeability, lift-off changes, instability of the test object's speed and thickness. Therefore, providing informatively "clean" output signals from eddy current probes that are not affected by interference and depend mainly on the measured signal is an important scientific and applied task. This task significantly improves the conditions for more accurate measurements during the production process.

Modern approaches to solving this problem are mostly focused on processing signals received from probes and often neglect the stage of their formation. This is irrational, since it is very important to improve the informative “clean” of signals at the stage of their formation.

Therefore, the aim of the work is to optimize the surface eddy current frame probe by means of Taguchi's robust parameter design, which allows determining the optimal design configuration for controlling the electrophysical parameters of the test object without actually eliminating the effects of noise factors.

II. OPTIMIZATION BY ROBUST TAGUCHI'S DESIGN

Taguchi's robust design method is based on a specially created design of experiments that allows quantifying the effect of controllable and noise parameters in their complex interaction on the probe output signal [1-3]. As a result of the experiments, the Taguchi-parameters are determined, i.e., the optimal values of the controllable parameters of the probe that minimize the influence of noise factors and ensure the stability of the output signal. The proposed approach is based on the use of a special fitness-function that determines the degree of compliance of the studied characteristic with its desired purpose.

The values of such a function are calculated based on the probe's responses to numerically synthesized data from the

$$Fitness = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_i^2}$$

table of the design of experiments: , where E_i is the output signal of the probe; n is the number of possible variants of interferences.

The signal-to-noise ratio (SNR) is calculated using a formula $SNR = -10 \cdot \lg(Fitness)$ based on the “larger is better” property proposed by Taguchi. The greater the value of this indicator, the smaller the variation of the probe output signal relative to the target value. That is, determining the values of the output signals of probes with different design and operating parameters is necessary to find the optimal design. A general view of surface eddy-current probes with orthogonal coils and a magnetodynamic model describing the measurement process are given in [4].

The implementation of the proposed approach is considered on the example of an eddy current magnetic permeability meter of a weakly magnetic ferromagnetic material, for which the controllable design parameters are all geometric dimensions of the excitation and measuring coils and the center distance between them, and the mode parameter is the excitation frequency, the ranges of variation of which are given in Table I. And uncontrollable parameters, i.e., noise factors, are the electrical conductivity of the material, lift-off, and the instability of the probe speed.

TABLE I. INFLUENCE PARAMETERS DURING MEASUREMENTS

Parameters	Variation range
Excitation coil width a_1 , mm	10-20
Excitation coil length b_1 , mm	16-24
Excitation coil cross-sectional height h_1 , mm	4-8
Excitation coil cross-sectional width w_1 , mm	1-4
Pick-up coil width a_2 , mm	3-5
Pick-up coil length b_2 , mm	10-14
Pick-up coil cross-sectional height h_2 , mm	1-2
Pick-up coil cross-sectional width w_2 , mm	1-4
Center distance c , mm	2-9
Excitation frequency f , kHz	10-50

Thus, given the number of parameters for each of the groups, for the further creation of the Taguchi's design of experiments, we chose from the catalog of orthogonal arrays [5], $L_{50}(2^1, 5^{11})$ for controllable parameters that will be considered at five levels of gradation, and $L_{16}(4^3)$ for uncontrollable parameters with four levels of gradation, followed by their modification to the required number of studied influencing factors. Table II shows the design of experiments for design parameters with 50 variants of experiments, and Table III, respectively, the design of experiments for noise factors, which includes 16 combinations of them.

TABLE II. DESIGN PARAMETERS OF PROBE VARIANTS

№	controllable parameters						
	a_1 , mm	b_1 , mm	h_1 , mm	...	w_2 , mm	c , mm	f , kHz
1	10	16	4	...	1	2	10
2	10	18	5	...	1.25	3.75	20
3	10	20	6	...	1.5	5.5	30
...	...	...	...	...	...	...	...
48	20	20	5	...	1	2	50
49	20	22	6	...	1.25	3.75	10
50	20	24	7	...	1.5	5.5	20

TABLE III. DESIGN OF EXPERIMENTS FOR NOISE FACTORS

Experiments	v , m/s	σ , $\cdot 10^6$ S/m	z , mm
1	10	3.6385	0.5
2	10	3.7660	0.833
...	...	...	...
15	30	3.8940	0.833
16	30	4.0220	0.5

The results of determining the output signal E of the probe for each of its modifications under various variations of the influence of noise uncontrollable parameters are given in Table IV.

TABLE IV. OUTPUT SIGNAL OF THE PROBE VARIANTS

№	E, mV					SNR, dB
	1	2	...	15	16	
1	137.2	121	...	120	134.2	...
2	390.6	352.3	...	349.4	381	-19,3
3	808.5	735.5	...	731.6	795.3	-9,6
...	...	...	...	...	...	-3,15
48	316.4	301.5	...	303.7	323.6	...
49	115.1	109.2	...	108.6	113.3	-10,6
50	298	281	...	280.6	296.8	-19,5

Based on the calculated values of the SNR coefficients for each of the designed experiments, taking into account a

number of statistical indicators (Fig. 1) and the “larger is better” attribute, the optimal controllable parameters were determined, namely: $a_1 = 10$ mm, $b_1 = 24$ mm, $h_1 = 4$ mm, $w_1 = 1$ mm, $a_2 = 5$ mm, $b_2 = 14$ mm, $h_2 = 1,5$ mm, $w_2 = 2$ mm, $c = 9$ mm, $f = 50$ kHz.

The final stage of the research involves a confirmation experiment that allows us to evaluate the effectiveness of the optimal design under real operational conditions. For the optimal design Taguchi-parameters of the probe and its frequency mode of operation, the output signals are determined under the same variations in the influence of noise uncontrollable parameters as for the main experiment. The maximum possible SNR value of 7.1 dB was obtained, which is provided by the optimal design. Instead, the non-optimized designs of eddy current probes have significantly lower SNR values, ranging from - 21.4 to 5.1 dB (Fig. 2).

In addition, for the optimal probe design and one of the non-optimal ones, the output signals and their variations around the noiseless case are determined, provided that the noise parameters are the change in lift-off z_1 , electrical conductivity σ , and motion speed instability v , either individually or together.

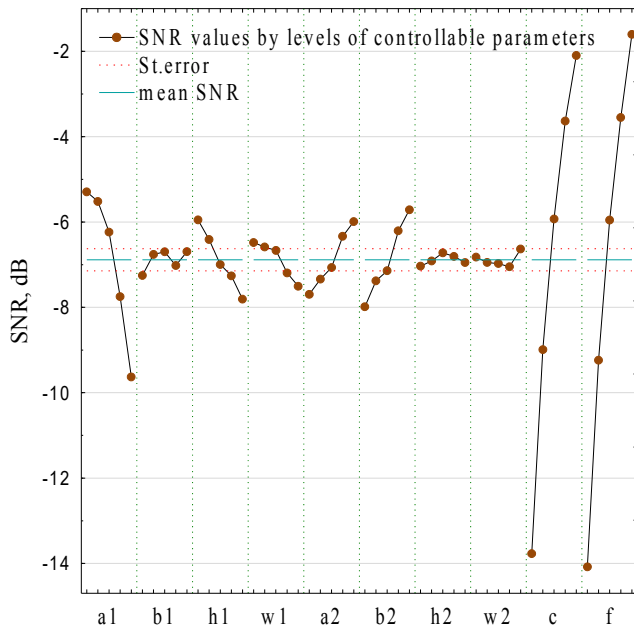


Fig. 1. Signal-to-noise ratio by levels of controllable probe parameters.

Thus, in the first case, the maximum relative signal deviation was obtained: 23.7 % for the optimal design and 29 % for the non-optimal one. Whereas with the instability of electrical conductivity as a noise factor, these values are 0.27 % and 1.12 %, respectively. Under the combined simultaneous influence of these noise factors, the values of this indicator are 24.2 % and 30.28 %, respectively.

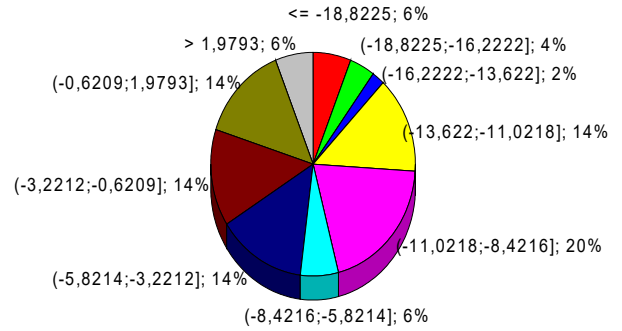


Fig. 2. Diagram of the distribution of SNR values for non-optimized probe designs

The statistical significance of the influence of design parameters on the resultant attribute was evaluated by Fisher's criterion. For this purpose, the statistical indicators of ANOVA-analysis were used. The test of the criterion for each factor indicates that the parameters h_2 and w_2 are insignificant, while all the others are on the contrary.

III. CONCLUSION

In this research, the Taguchi's method was used to optimize surface transformer probes with rectangular orthogonal coils on the example of an eddy current meter of magnetic permeability of a weakly magnetic ferromagnetic material. This is realized by combining the theory of design of experiments with numerical modeling of test processes. Two types of confirmatory numerical experiments have been performed, which show that the found optimal design of the probe minimizes the influence of noise factors and ensures the stability of the probe output signal.

REFERENCES

- [1] N. Almansoori, S. Aldulaijan, S. Althani, N. M. Hassan, M. Ndiaye and M. Awad. “Manual spray painting process optimization using Taguchi robust design,” International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 38, no. 1, pp. 46-67, 2021.
- [2] V. Ya. Halchenko, R. V. Trembovetska and V. V. Tychkov. “Application of Taguchi Method in Design of Surface Eddy Current Probes for Diagnostics of Power Equipment,” Problemele energeticii regionale, vol. 64, no. 4, pp. 10-20, 2024.
- [3] V. Halchenko, R. Trembovetska and V. Tychkov. Computer robust parameter design of surface eddy current probes. Developing software design of numerical experiments creating. In Proceedings ITTAP'2024: 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, October 23–25, 2024, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland // CEUR Workshop Proceedings. - Published on CEUR-WS: 13-Jan-2025, vol. 3896, pp. 448-461, 2025,
- [4] S. Zhang and N. Ida. Calculation model for the induced voltage in rectangular coils above conductive plates. Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics, vol. 30, no. 1, pp. 27-38, 2016.
- [5] Minitab Support. Catalogue of Taguchi designs. <https://support.minitab.com/en-us/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/supporting-topics/taguchi-designs/catalogue-of-taguchi-designs/>