

## ВСТУП

Методи і засоби електромагнітного контролю і діагностики різноманітних технічних об'єктів, систем і середовищ, які інтенсивно розвиваються, дають змогу ефективно розв'язувати низку задач, пов'язаних із моніторингом підземних зосереджених і протяжних об'єктів, випромінювання зв'язкових кабелів інформаційних систем, локальних провідних і непровідних тіл у земному, повітряному та водному середовищах.

За цими методами виявляють не лише певні об'єкти в різноманітних середовищах з оцінюванням деяких характеристик середовищ, але й їхні дефекти, а в багатьох випадках – діагностують функціонування об'єктів. З цих позицій згадані методи і засоби слід вважати такими, що належать до магнітного неруйнівного контролю (НК) [1].

Класичний магнітний НК передбачає реєстрування магнітних полів розсіяння дефектів або визначення магнітних властивостей контрольованого об'єкта [2–7]. Дуже часто в основу НК і магнітної діагностики покладено залежність інтенсивності спотворення та розподілу магнітного поля в об'єкті контролю від його геометричних і електромагнітних параметрів, від взаємного розташування сенсора й об'єкта контролю (ОК).

У магнітному НК визначають параметри відомого ОК за допомогою відповідного сенсора або первинного перетворювача (ПП) і з'єднаної з ним інформаційно-виміральної системи (ІВС), яка переважно не лише контролює, але й діагностує параметри ОК.

Сенсор у магнітному НК здебільшого безпосередньо контактує з ОК. Водночас упродовж магнітної діагностики технічних об'єктів, систем і середовищ сенсор ІВС може знаходитись як біля об'єкта, так і на певній віддалі від нього. Дуже часто до задачі технічної діагностики входять виявлення самого об'єкта контролю, а також його аналіз, розпізнавання і класифікація. Саме такий підхід до завдань технічної діагностики, який дещо відрізняється від класичного розуміння, ми використали в нашій роботі.

Розроблення і створення системи діагностики передбачає: виявлення і вивчення об'єкта, його можливих дефектів та їхніх ознак; складання математичних моделей (формалізованого опису) справного

(працездатного) об'єкта і того самого об'єкта в несправних станах; побудова алгоритмів діагностування.

Математична модель об'єкта діагностування (детермінована або імовірнісна) – це опис об'єкта в справному та в несправному його станах у вигляді формальних залежностей між можливими впливами на об'єкт та його реакціями на ці дії.

Під час вивчення об'єктів великого значення набуває їх класифікація за різними ознаками, наприклад, за характером зміни значень параметрів, за видом споживаної енергії тощо. Вивчають дефекти з метою визначення їхньої природи, причин та ймовірностей виникнення, фізичних умов їх прояву, умов виявлення тощо.

Методи і засоби магнітної діагностики технічних об'єктів, систем і середовищ передбачають дуже часто визначення або пошук самого ОК, а пізніше – його діагностику. При цьому основною відмінністю від класичної технічної діагностики є те, що у нашому випадку сенсори можуть знаходитись на певній віддалі від самого об'єкта, а електромагнітне поле, яке вони реєструють, можуть створювати: 1) зовнішні поля і завади штучного або природного походження, зокрема від випромінювань стаціонарних і мобільних систем зв'язку, систем електромагнітної сумісності (ЕМС) [3, 4, 8–15]; 2) поля або наводки силової мережі, які можуть концентруватися в протяжних підземних і наземних об'єктах (резервуари, газо-, водо-, нафтопроводи тощо) [16–19]; 3) поля робочих сигналів (силові і зв'язкові кабелі) [20–24]; 4) поля струмів катодного захисту (магістральні газо- і нафтопроводи) [5, 25–27]; 5) поля, які створюють спеціально введені в об'єкти або системи пілотні сигнали [5, 23, 25–32]; 6) поля збурення сигналами дефектів, які спричинені спеціальними намагнічувальними полями в інженерних об'єктах довготривалої експлуатації (залізничні рейки) [33–49]. У багатьох випадках сенсори можуть реагувати на комбінації згаданих полів.

Одним з основних функціональних вузлів усіх згаданих систем діагностики є сенсор (або система сенсорів). Від ефективності цього вузла залежать усі технічні характеристики діагностичних систем загалом, оскільки сенсор, який є аналоговим пристроєм, здійснює лінійне і високоточне перетворення вимірюваної або реєстрованої величини в проміжний параметр, наприклад, електричну напругу, яку легко підсилити, аналізувати й обробляти.

Лінійне перетворення вимірюваних або реєстрованих величин, висока чутливість, широкий динамічний діапазон, низький поріг чутливості, широкосмуговість, висока температурна стабільність, малі похибки перетворення – це головні вимоги до сенсорів систем діагностики або відповідних ІВС [3, 4, 21, 26, 27, 34, 50–55]. Реалізація цих вимог – важливий етап розроблення систем діагностики загалом і не може бути, як показано в літературі [4, 56–58], замінена оптимізацією параметрів вторинних перетворювачів сигналу після сенсорів, тобто пристроїв підсилення, фільтрації та обробки сигналу.

Висока якість сенсорів – одна з найважливіших передумов отримання необхідних технічних, метрологічних і експлуатаційних характеристик систем діагностики. Тому питання, пов'язані з дослідженням і розробленням сенсорів, виділяють у окремий напрям, який у світовій науці сьогодні займає одне з провідних місць. На думку японських учених, той, “хто тримає під своїм контролем сенсори, визначає рівень всієї системи” [57]. З цієї причини дослідження і розроблення сенсорів є метою концентрації зусиль у багатьох країнах.

У цій монографії з усього різноманіття сенсорів і пристроїв їх узгодження зі засобами опрацювання сигналів розглянуто лише індукційні сенсори, які найпоширеніші в магнітній діагностиці об'єктів, систем і середовищ.

У монографії порівняно мало місця приділено аналізу похибок вимірювання магнітного поля. Це пояснюється тим, що розглянуті індукційні сенсори призначені для діагностики, для якої сама постановка питання вимірювання з певною точністю доволі сумнівна, оскільки метою є виявлення дефектів, оцінювання певних їхніх характеристик, необхідність зробити висновок про стан об'єкта, середовища тощо. Досягнення цієї мети не може характеризуватися тільки непевністю результату вимірювання, тим більше, що в процесі діагностики доводиться здебільшого мати справу з неоднорідним полем, зміни якого в просторі навіть за відсутності дефектів невідомі. Через це питання метрології і атестації пристроїв діагностики, зокрема сенсорів, поки що вирішені лише для деяких діагностичних систем. Тому в монографії лише побіжно розглянуто питання калібрування сенсорів, які працюють у однорідних магнітних полях, і перевірки сенсорів для діагностики залізничної колії в лабораторних умовах, а також деякі аспекти метрології сенсорів для обстеження підземних комунікацій.

Виконані авторами численні наукові та прикладні дослідження стали основою цієї монографії. Переважно матеріали, які ввійшли до монографії, є результатом робіт, виконаних у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України (ФМІ НАНУ) впродовж 1960–2010 рр. і Національному університеті “Львівська політехніка” (НУ “ЛП”) протягом 1996–2016 рр.

У розвитку теоретичних досліджень і практичного розроблення індукційних сенсорів в Україні необхідно визнати вирішальною роль колишнього керівника відділу методів електромагнітних вимірювань ФМІ НАН України ім. Г. В. Карпенка, д-ра техн. наук, професора Леоніда Яковича Мізюка (1922–2001), якому автори присвятили свою монографію.

Л. Я. Мізюк був визначним фахівцем у галузі вимірювання електричних і магнітних величин. Практично всі роботи в галузі розроблення індукційних сенсорів у Фізико-механічному інституті НАН України започаткував він. Він виховав 18 кандидатів та 3 докторів наук, зокрема був науковим керівником кандидатської та консультантом докторської дисертації одного з авторів монографії – В. О. Нічоги. Багато чим завдячує Л. Я. Мізюку й інший автор – П. Б. Дуб.

Взагалі Л. Я. Мізюка характеризувала не лише здатність до вирішування наукових проблем, але й талант педагога, вміння ставити задачі перед своїми учнями і розвивати в них самостійне наукове мислення. Л. Я. Мізюк був автором присвяченої індукційним сенсорам монографії [26], яка стала першою в цій галузі в Україні, СРСР, а, можливо, і в світі.

Автори висловлюють подяку співробітникам ФМІ НАНУ колишнього відділу методів електромагнітних вимірювань Р. В. Процю, О. А. Вакульському, П. М. Сопрунюку, О. М. Брискіну, В. О. Кадочнікову, А. С. Ясиновому, О. С. Гнатюку, Г. Р. Трохиму, І. М. Гонтарю, С. П. Добушовському, І. Д. Орлевичу, О. В. Яструбецькому, В. С. Цибульському, О. П. Остапу, Л. П. Дикмаровій, П. П. Драбичу, Л. В. Ващину, які брали участь у проведенні наукових досліджень, лабораторних і полігонних випробуваннях створених індукційних сенсорів різноманітного призначення. Також вагомим є внесок у створення локальних і точкових сенсорів для діагностики залізничної колії, опрацювання нестационарних сигналів дефектів рейок та дослідження реальних сигналів дефектів на спеціально створеному

лабораторному стенді співробітників Львівської політехніки І. Н. Прудюса, В. І. Шклярського, Г. В. Сторожа, І. В. Сторожа, В. М. Іванчука, Ю. М. Романишина і В. П. Антонюка,

Автори також вдячні науковим працівникам інших організацій та інститутів, які взяли активну участь у дослідженнях і випробуваннях окремих типів індукційних та інших сенсорів: В. О. Проненко з Львівського центру Інституту космічних досліджень НКАУ і НАНУ; колегам з Польщі: Б. Кізліку (B. Kizlik) і Т. Домбровському (T. Dąbrowski) з Військової технічної академії (Варшава, Польща), Є. Грудзінському (E. Grudzinski) і Х. Часці (H. Trzaska) з Вроцлавської політехніки (Польща), З. Качмареку (Z. Kaczmarek) із Свентокшиської політехніки (Кельце, Польща); та Росії: В. Д. Бадалову (НВП “ВІРГ-Рудгеофізика”, Санкт-Петербург), О. Л. Сокол-Кутиловському (Інститут геофізики Уральського центру РАН, Єкатеринбург), В. Г. Шабельникову (РКК “Енергія” ім. С. П. Корольова, м. Корольов Московської області), А. К. Захаркіну (НВО “Сібгео”, Новосибірськ).

Автори висловлюють щире подяку доктору технічних наук, професорові Б. П. Русину (Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України), доктору технічних наук, професорові Л. Ф. Політанському (Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича) та доктору технічних наук, доцентові В. І. Оборжицькому (Національний університет “Львівська політехніка”) за зауваження, зроблені під час рецензування монографії, що, безперечно, сприяло покращенню її змісту.

## Література до вступу

1. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 17 с.
2. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами / В. Г. Герасимов, Ю. Я. Останин, А. Д. Покровский и др. – М.: Энергия, 1977. – 215 с.
3. Дуб П. Б. Первинні перетворювачі магнітного поля для діагностики і контролю функціонування електротехнічних та електронних пристроїв / П. Б. Дуб, В. О. Нічога, Г. Р. Трохим // Фізичні методи та засоби контролю матеріалів та виробів “Леотест-97”. Матеріали науково-

технічної конференції, 17–21 лютого 1977 р., м. Славське Львівської області, Київ–Львів. – 1997. – С. 44.

4. Ничога В. А. Измерение весьма слабых низкочастотных магнитных полей в геофизических и космических исследованиях / В. А. Ничога // Отбор и передача информации. – 1993. – Вып. 9. – С. 70–77.
5. Ключев В. В. Современное состояние и перспективы развития в СССР и за рубежом электромагнитных средств неразрушающего контроля качества материалов и изделий. Пути повышения эффективности их применения. Обзорная информация. / В. В. Ключев, В. П. Курозаев, Ю. К. Федосенко. – М.: ЦНИИИТЭИ Приборостроение, 1976. – 71 с.
6. Герасимов В. Г. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий / В. Г. Герасимов, В. В. Ключев, В. Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
7. Нічога В. О. Первинні перетворювачі електромагнітного поля для технічної діагностики підземних інженерних комунікацій / В. О. Нічога // Протикорозійний захист трубопроводів і споруд та методи неруйнівного контролю (КТС-98): Матеріали науково-практичного семінару /м. Львів, 26–31 січня 1998 р. / Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, 1998. – С. 186–194.
8. Nichoga W. Diagnostics of cellular telephony basic stations electromagnetic radiation influence on agricultural environment / W. Nichoga, E. Grudziński, V. Koszowyj, I. Prudyus // International Scientific Conference “Physics in Agricultural Research” (The Sixties Anniversary of Department of Physics). June 12–13, 2008, Lublin, Poland. – Papers and short communication. – P. 68–69.
9. Antonyuk V. Digital Dispersional Spectrum Analysis in the Solution of EMC Radio Electronic Mean Problems / V. Antonyuk, I. Prudyus, V. Nichoga at al. // Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Wrocław Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility, Wrocław, Poland, 11–13 June, 2008. – P. 354–357.
10. Nichoga V. Low Frequency Low-Noise Induction Sensors for EMC Certification / V. Nichoga, E. Grudziński, P. Dub, V. Pronenko // Proceedings of the 19th International Wrocław Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility, Wrocław, Poland, 11–13 June, 2008. – P. 171–176.
11. Нічога В. Моніторинг впливу електромагнітного випромінювання базової станції стільникової телефонії на довкілля / В. Нічога, Е. Грудзінський, В. Кошовий, Л. Сопільник // Системи контролю

- окружающей среды. Сборник научных трудов НАН Украины. Морской гидрофизический институт НАНУ. – Севастополь, 2008. – С. 45–51.
12. Grudziński E. Monitoring źródeł pól elektromagnetycznych w diagnozowaniu zagrożeń dla środowiska / E. Grudziński, W. Nichoga, V. Antonyuk, I. Prudyus // VII Krajowa Konferencja “Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów” (Diag’2009). Ustroń. Polska. 19–23 października 2009 r. – S. 83–89.
  13. Grudziński E. Monitoring źródeł pól elektromagnetycznych w diagnozowaniu zagrożeń dla środowiska / E. Grudziński, W. Nichoga, V. Antonyuk, I. Prudyus // Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review). – R. 85. – NR 11/2009. – S. 105–110.
  14. Грудзінський Е. Електромагнітні поля і безпека засобів транспорту / Е. Грудзінський, В. Нічога, О. Процик // Тези V Міжнар. наук.-техн. конференції “Університет у науковому полі країни”. – Львівський університет бізнесу і права. – 18–19 грудня 2009 року, Львів. – С. 160–162.
  15. Нічога В. Діагностика техногенних джерел електромагнітного поля при визначенні загроз для довкілля / В. Нічога, Е. Грудзінський, Л. Сопільник, Л. Круцик // Наукові записки Львівського університету бізнесу і права. – Вип. 4: [зб. наук. пр. / гол. ред. Л. Я. Янковська]. – Львів: ЛУБП, 2010. – С. 245–250.
  16. Бахмутский В. Ф. Индукционные кабелеискатели / В. Ф. Бахмутский, Г. И. Зуенко. – М.: Связь, 1970. – 112 с.
  17. Брискин А. М. Разработка универсального прибора для обследования магистральных трубопроводов / А. М. Брискин, В. Н. Учанин // Фізичні методи та засоби контролю, матеріалів та виробів. Матеріали доповідей науково-технічної конференції, 5–10 березня 1996 р., м. Славське Львівської області, Київ–Львів, 1996. – С. 41–42.
  18. Grudziński E. Application of alternating electromagnetic fields in technical diagnostics of engineering objects of long-term usage / E. Grudziński, P. Dub, V. Nichoga at al. // Proceedings of the IV International Congress on Technical Diagnostics, Olsztyn, Poland, September 9–12, 2008.
  19. Nichoga V. On a Possibility of Electromagnetic Diagnostics of Rail Joints by Usage of Automatic Locomotive Signalling Currents / V. Nichoga, P. Dub // Proceedings of International Conference on Modern Problems of Telecommunications, Computer Science and Engineers Training (TCSET’2000), Lviv-Slavsko, Ukraine, February 14–19, 2000. – P. 179–180.

20. Драбич П. П. Поиск и обследование протяженных электропроводящих коммуникаций / П. П. Драбич // Измерительная техника. 1996. – № 3. – С. 56–58.
21. Гордиенко В. И. Электромагнитное обнаружение инженерных коммуникаций и локальных аномалий / В. И. Гордиенко, В. П. Убогий, Е. В. Ярошевский. – К.: Наукова думка, 1981. – 226 с.
22. Драбич П. П. Електромагнітні пошукові системи / П. П. Драбич, І. Г. Стецько // Праці III Всеукр. міжн. конф. “Укробраз-96”, 26–30 листопада 1996 р. Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів. Київ, 1996. – С. 15–18.
23. Nichoga V. Electromagnetic Field of Aerial Double Wire Line above Conducting Half-space / V. Nichoga, P. Dub // Third International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS'97), Proceedings of Papers, Vol. I, Niš, Yugoslavia, October 8–10, 1997 – pp. 42–45.
24. Нічога В. Діагностика паразитних випромінювань двопровідних повітряних ліній зв'язку рамочними індукційними давачами / В. Нічога, П. Дуб // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні (збірник Національного технічного університету України “Київський полтехнічний інститут”). – 2000. – С. 116–120.
25. Бахмутский В. Ф. Исследование индукционных установок для обнаружения подземных коммуникаций / В. Ф. Бахмутский // Отбор и передача информации. – 1968. – Вып. 16. – С. 110–115.
26. Мизюк Л. Я. Входные преобразователи для измерения напряженности низкочастотных магнитных полей / Л. Я. Мизюк. – К.: Наукова думка, 1964. – 168 с.
27. Брискин А. М. Устройство для оперативного определения параметров магистральных трубопроводов при коррозионных обследованиях / А. М. Брискин, А. А. Вакульский, Л. П. Дикмарова // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 1995. – № 11–12. – С. 8–14.
28. Nichoga V. External Electromagnetic Field of Coaxial, Double Wire and Symmetrical Twisted Communication Lines / V. Nichoga, L. Dikmarova // Fourth International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSICS'99), Proceedings of Papers, Vol. I, Niš, Yugoslavia, October 13–15, 1999. – P. 24–33.
29. Дикмарова Л. П. Крайові задачі електродинаміки у питаннях визначення зовнішніх випромінювань ліній зв'язку / Л. П. Дикмарова, П. Б. Дуб, В. О. Нічога // Матеріали Международной научно-



- технической конференции “Проблемы развития систем аэронавигационного обслуживания и авионики воздушных судов” (“Аэронавигация и авионика-98”) (Киев, 29 сентября – 1 октября). – Киев: КМУГА, 1998. – С. 89–90.
30. Дикмарова Л. П. Дослідження паразитних випромінювань симетричних ліній зв'язку / Л. П. Дикмарова, П. Б. Дуб, В. О. Нічога // Праці Ювілейної науково-технічної конференції “Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні”, Київ, 9–11 червня 1998 р. – С. 178–183.
  31. Нічога В. О. Просторова структура електромагнітного поля поблизу двопровідної лінії зв'язку / В. О. Нічога, П. Б. Дуб // Матеріали междунар. научн.-техн. конференції “Повышение эффективности систем защиты информации “ (“Защита-97”), Київ, 23–26 грудня 1997 р. – С. 171–175.
  32. Дикмарова Л. П. Особенности паразитных излучений коаксиальных линий связи / Л. П. Дикмарова, В. А. Нічога // Матеріали междунар. научн.-техн. конф. “Повышение эффективности систем защиты информации” (“Защита-97”), Київ, 23–26 грудня 1997 р., С. 130–135.
  33. Нічога В. О. Використання змінних магнітних полів для технічної діагностики пошкоджень рейок залізничної колії / В. О. Нічога, П. Б. Дуб, В. М. Іванчук, О. А. Ніца // Матеріали XV Міжнар. научн.-техн. конф. “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів” (ЛЕОТЕСТ-2010). – 15–20 лютого 2010 р., м. Славське Львівської області. – С. 24–25.
  34. Нічога В. О. Компонентні давачі для магнітної діагностики технічного стану рейок залізничної колії / В. О. Нічога, П. Б. Дуб, І. В. Сторож // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 3. – С. 34–43.
  35. Nichoga V. Alternating Magnetic Fields as an Instrument for Technical Diagnostics of the Rail Damages / V. Nichoga, P. Dub, V. Ivanchuk // Proceedings of the XIIIth International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED-2008), Tbilisi, Georgia, September 22–25. 2008. – P. 58–62.
  36. Grudzicki E. Application of Alternating Electromagnetic Fields in Technical Diagnostics of Engineering Objects of Long-Term Usage / E. Grudzicki, P. Dub, V. Nichoga at al. // Diagnostyka. – 1 (49). – 2009. – S. 29–32.
  37. Нічога В. О. Дослідження дефектоскопічних сигналів залізничних рейок у лабораторних умовах / В. О. Нічога, П. Б. Дуб // Фізичні методи та засоби

контролю середовищ, матеріалів та виробів (серія). Теорія і практика неруйнівного контролю матеріалів і конструкцій: Зб. наук праць. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, 2009. – Вип. 14. – С. 135–138.

38. Нічога В. О. Використання змінних магнітних полів для технічної діагностики пошкоджень рейок залізничної колії / В. О. Нічога, П. Б. Дуб, В. М. Іванчук, О. А. Ніца // Матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів” (ЛЕОТЕСТ-2010). – 15–20 лютого 2010 р., Славське Львівської області. – С. 24–25.
39. Нічога В. О. Особливості збудження намагнічуючого поля в залізничних рейках при їх магнітній дефектоскопії / В. О. Нічога, Дуб П. Б. // Матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф. “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів” (ЛЕОТЕСТ-2010). – 15–20 лютого 2010 р., Славське Львівської області. – С. 42–45.
40. Трохим Г. Р. Аналіз магнітодинамічного дефектоскопа залізничних рейок та шляхи його модернізації / Г. Р. Трохим, В. О. Нічога, П. Б. Дуб // Відбір і обробка інформації. – 2010. – Вип. 33 (109). – С. 43–45.
41. Нічога В. О. Особливості виявлення дефектів рейок магнітним і ультразвуковим вагонами-дефектоскопами в умовах Львівської залізниці / В. О. Нічога, М. В. Сім'яновський, І. С. Кучма, Г. Р. Трохим // Відбір і обробка інформації. – 2011. – Вип. 34 (110). – С. 42–48.
42. Trokhym G. Kierunki rozwoju systemu komputerowego do diagnostyki magnetycznej szyn torow kolejowych / G. Trokhym, V. Niczoga, P. Dub // Wiadomosci Elektrotechniczne, Rok LXXIX, 2011, No 11, Warszawa, Polska. – S. 62–63.
43. Nichoga V. Application of a Magnetic Field Model Above the Defect for Detection of Transverse Cracks in the Magnetic Flaw Control of the Railway / V. Nichoga, I. Storozh, L. Vashchyshyn // Proceedings of the XIth International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2012) Dedicated to the 60th anniversary of the Radio Department at the Lviv Polytechnic National University – February 21–24, 2012. – Lviv–Slavske, Ukraine. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. – P. 122.
44. Antonyuk V. Monopulse-Frequency Temporal Processing of Unknown Signals Based on LFM – Fourier Transform in Passive Systems Radiomonitoring Railway / V. Antonyuk, M. Kalyuzhniy, I. Prudyus,

- V. Nichoga // Proceedings of the XIth International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2012) Dedicated to the 60th anniversary of the Radio Department at the Lviv Polytechnic National University – February 21–24, 2012. – Lviv–Slavske, Ukraine. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. – P. 127–129.
45. Nichoga W. Diagnostics of railway tracks using continuous wavelet transform / W. Nichoga, L. Vashchyshyn, V. Antonyuk // VIII Krajowa Konferencja “Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów” (Streszczenia referatów) (Diag'2013). Ustroń. Polska. 3–7 czerwca 2013 r. – S.80.
  46. Nichoga V. Kierunki w modernizacji lwowskiego wagonu-defrktoskopu magnetycznego przy zastosowaniu magneto-dynamicznej metody diagnostyki szyn torow kolejowych / V. Nichoga, I. Prudyus, I. Storozh at al. // Międzynarodowa konferencja naukowa. Transport XXI wieku, Polska, Arłamów, 30 sierpnia – 2 września 2016 r. – S. 339–340.
  47. Нічога В. О. Магнітодинамічний метод діагностики залізничної колії і напрямки його модернізації / В. О. Нічога, І. Н. Прудіус, П. Б. Дуб // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Радіоелектроніка та телекомунікації”. – 2016. – № 849. – С. 99–116.
  48. Nichoga V. Ways of modernization of the lviv railway magnetic non-destructive testing carriage using magnetic flux leakage rail inspection / V. Nichoga, I. Prudyus, I. Storozh at al. // Prace Naukowe, Transport. – z. 114, Politechnika Warszawska, Aspekty bezpieczeństwa i ekologii w transporcie, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej. – Warszawa, – 2016. – S. 239–244.
  49. Nichoga V. Artificial neural network for detecting defects in railway track /, I. Prudyus, L. Vashchyshyn / V Międzynarodowa Konferencja Naukowa,-Najnowsze technologie w transporcie szynowym,-Materiały konferencyjne “Advanced Rail Technologies – ART 2016”, Warszawa, 9–10 listopada 2016. – S. 97.
  50. Афанасьев Ю. В. Магнитометрические преобразователи, приборы, установки / Ю. В. Афанасьев, Н. В. Студенцов, А. Н. Щепкин. – Л.: Энергия, 1972. – 272 с.
  51. Гнатюк А. С. Индукционные преобразователи для измерения гармонических и импульсных магнитных полей в электроразведочной технике / А. С. Гнатюк, П. Б. Дуб, В. А. Ничога и др. // Геофизическая аппаратура. – Л.: Недра, 1991. – Вып. 95. – С. 39–48.
  52. Нічога В. О. Індукційні давачі сучасних інформаційно-вимірювальних систем метрології надслабких інфранізькочастотних магнітних полів /

- В. О. Нічога, Е. Ґрудзінський, П. Б. Дуб, В. О. Проненко // Праці ІV конференції “Датчики, прилади та системи – 2008”, Ялта, Україна, 14–20 вересня 2008 р. – С. 92.
53. Grudziński E. Monitoring of the electromagnetic field sources in diagnosing of threats for environment / E. Grudziński, W. Nichoga // Системи контролю окружающей среды. Сборник научных трудов НАН Украины. Морской гидрофизический институт НАНУ. – Севастополь, 2009. – С. 20–26.
54. Нічога В. Малогабаритні індукційні давачі для діагностики середовищ і об’єктів / В. Нічога, В. Проненко // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Радіоелектроніка та телекомунікації”. – 2012. – № 738. – С. 65–74.
55. Нічога В. О. Параметри індукційних сенсорів для діагностики об’єктів, середовищ і систем / В. О. Нічога, П. Б. Дуб, Л. В. Ващишин // Відбір і обробка інформації. – 2015. – Вип. 42 (118). – С. 27–34.
56. Tsybulsky V. S. Wide-band Component Converters for Magnetic Field Measurements in Space / V. S. Tsybulsky, V. A. Nichoga, P. B. Dub et al. // Proceedings of the IV-th International Seminar “Manufacturing of Scientific Space Instrumentation”, USSR, Frunze, September 18–24, 1989. – Vol. VII, Moscow, 1990. – P. 3–14.
57. Како К. Датчики и микроЭВМ / К. Како, Я. Яманэ. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 120 с.
58. Дуб П. Б. Новые принципы, тенденции развития датчиков для измерения слабых НЧ и ИКЧ магнитных полей / П. Б. Дуб, В. А. Ничога // Тезисы докладов международной научно-технической конференции “Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления” (Датчик-93), Гурзуф, 23–31 мая 1993 г. – Изд. МИЭМ, 1993. – Ч. II. – С. 174–175.