Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002412

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-06-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ №1125 СТ від 17.08.2026

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васильчук Дмитро Петрович
2. Dmytro Vasylchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7856-2252

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 171

Назва наукової спеціальності: Електроніка

Галузь / галузі знань: електроніка,автоматизація та електронні комунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроніка

Дата захисту: 23-07-2026

Спеціальність за освітою: Професійне навчання. Електроніка, радіотехніка, електронна схемотехніка та зв`язок

Місце роботи здобувача: ДЕРЖАВНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "БАХМУТСЬКИЙ ЦЕНТР ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ"

Код за ЄДРПОУ: 02542283

Місцезнаходження: вулиця Оборони, Бахмут, Бахмутський р-н., 84502, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14577

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47.09.33, 76.13.15, 76.13.15.07

Тема дисертації:

1. ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ З ПОЛІПШЕНИМИ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ НА ОСНОВІ П'ЄЗОРЕЗОНАНСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

2. Electronic Device with Improved Metrological Characteristics for Pulmonary Function Assessment Based on Piezoresonant Transducers

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі удосконалення портативних електронних засобів спірометричного контролю шляхом обґрунтування принципів побудови вимірювального тракту, здатного забезпечити точну реєстрацію параметрів функції зовнішнього дихання за високодинамічних потоків і підвищених вимог до інфекційної безпеки. Об’єкт дослідження – процеси формування, перетворення та цифрової обробки інформаційних сигналів у вимірювальних електронних спірометричних системах біомедичного призначення при визначенні параметрів функції зовнішнього дихання. Предмет дослідження – електронна вимірювальна система змінного перепаду тиску на основі симетричної трубки Вентурі, п’єзорезонансного перетворювача з модульованим міжелектродним зазором та

алгоритмів калібрування і цифрової обробки сигналу респіраторного потоку. Мета дослідження – покращення метрологічних характеристик електронних систем портативної спірометрії за умови забезпечення інфекційної безпеки шляхом розробки й дослідження електронної вимірювальної системи змінного перепаду тиску з симетричною трубкою Вентурі та п'єзорезонансним перетворювачем із частотним вихідним сигналом, призначеної для вимірювання високодинамічних респіраторних потоків. За результатами дослідження отримано наступні наукові результати: - вперше отримано математичну модель перетворення перепаду тиску в об'ємну витрату у спірометричному каналі на основі трубки Вентурі, яка враховує нелінійну залежність коефіцієнта витрати від числа Рейнольдса, термодинамічні параметри мікроклімату та конструктивно-механічні особливості вимірювальної системи, що дозволило реалізувати алгоритм термодинамічної корекції та нелінійного калібрування за еталонним об'ємом на основі апроксимації One-Phase Association; - вперше отримано математичну модель товщинно-зсувних коливань п'єзорезонансного датчика на основі матрично-операторного методу розв'язання крайових задач лінійної теорії п'єзоелектрики, яка враховує геометричні розміри пластини за координатами товщини та довжини п'єзокристалу, що дозволяє визначати вплив граничних умов, масонавантаження та повітряного зазору між п'єзоелементом і електродом збудження, на резонансну частоту коливань; - отримала подальший розвиток модель Butterworth–Van Dyke для визначення параметрів еквівалентної електричної схеми п'єзорезонансного датчика за рахунок модифікації традиційної методики розрахунку параметрів EEC, що враховує залежність динамічної індуктивності та статичної ємності від номера гармоніки, дозволяє усунути відносну похибку визначення частоти послідовного резонансу та підвищити точність опису п'єзорезонаторів з граничними умовами; - вперше отримана математична модель коливань п'єзорезонансного датчика з рухомим електродом та нерівномірним повітряним зазором у двовимірній постановці задачі, яка враховує геометричну форму рухомого електрода, що дозволяє визначати вплив величини та геометрії міжелектродного зазору на резонансну частоту і градуювальні характеристики вимірювальних перетворювачів тиску. Практичне значення результатів для галузі електроніки та біомедичних вимірювальних систем полягає в наступному: - обґрунтовано принцип побудови спірометричної системи змінного перепаду тиску за рахунок поєднання симетричної трубки Вентурі як первинного перетворювача та п'єзорезонансного датчика із зазором як вторинного перетворювача, що дозволило забезпечити низький аеродинамічний опір, відсутність рухомих елементів, санітарну придатність вимірювального каналу та можливість реєстрації високошвидкісних дихальних потоків; - розроблено та реалізовано експериментальний вимірювальний стенд для калібрування, верифікації та дослідження первинних перетворювачів повітряного потоку, який відрізняється використанням єдиного аеродинамічного тракту з трьома незалежними вимірювальними каналами: референтним, контрольним та досліджуваним, що забезпечує порівняння метрологічних характеристик перетворювачів за однакових умов формування повітряного потоку; - запропоновано конструкцію та виготовлено методом 3D-друку первинний перетворювач повітряного потоку на базі модифікованої двобічносиметричної трубки Вентурі, який відрізняється кутами конусності та симетричним виконанням конфузора і дифузора, що дозволило стабілізувати його характеристики у розширеному діапазоні зміни числа Рейнольдса та забезпечити придатність до реєстрації динамічних потоків при вдиху і видиху; - розроблено спосіб визначення параметрів електричної еквівалентної схеми п'єзорезонансного вимірювального перетворювача у П-подібному вимірювальному чотириполюснику за частотами нульової фази, який відрізняється використанням фазочастотної характеристики та точних аналітичних виразів для розрахунку параметрів , що дозволяє зменшити кількість вимірювань і підвищити точність визначення параметрів EEC із використанням доступного лабораторного обладнання.

2. The dissertation addresses a relevant scientific and applied problem of improving portable electronic spirometric monitoring devices by substantiating the design principles of a measuring tract capable of accurate recording of external respiratory function parameters under highly dynamic flows and increased infection-safety requirements. The object of the study is the processes of formation, conversion, and digital processing of information signals in biomedical electronic measuring spirometric systems when determining external

respiratory function parameters. The subject of the study is an electronic variable differential-pressure measuring system based on a symmetric Venturi tube, a piezoresonance transducer with a modulated interelectrode gap, and calibration and digital signal-processing algorithms for respiratory flow. The aim of the study is to improve the metrological characteristics of electronic portable spirometry systems while ensuring infection safety by developing and investigating an electronic variable differential-pressure measuring system with a symmetric Venturi tube and a piezoresonance transducer with a frequency output signal for measuring highly dynamic respiratory flows. The following scientific results were obtained: - for the first time, a mathematical model for converting differential pressure into volumetric flow rate in a spirometric channel based on a Venturi tube was obtained; it accounts for the nonlinear dependence of the discharge coefficient on the Reynolds number, thermodynamic microclimate parameters, and structural and mechanical features of the measuring system, enabling thermodynamic correction and nonlinear calibration by a reference volume using One-Phase Association approximation; - for the first time, a mathematical model of thickness-shear vibrations of a piezoresonance sensor was obtained using the matrix-operator method for solving boundary-value problems of the linear theory of piezoelectricity; it accounts for the plate dimensions along the thickness and length coordinates of the piezocrystal and makes it possible to determine the effect of boundary conditions, mass loading, and the air gap between the piezoelement and excitation electrode on the resonant vibration frequency; - the Butterworth–Van Dyke model for determining the equivalent electrical circuit parameters of a piezoresonance sensor was further developed by modifying the traditional EEC parameter calculation method; the modification accounts for the dependence of dynamic inductance and static capacitance on harmonic number, eliminates the relative error in determining the series-resonance frequency, and improves the accuracy of describing piezoresonators with boundary conditions; - for the first time, a two-dimensional mathematical model of vibrations of a piezoresonance sensor with a moving electrode and a nonuniform air gap was obtained; it accounts for the geometric shape of the moving electrode and makes it possible to determine the effect of the interelectrode-gap magnitude and geometry on the resonant frequency and calibration characteristics of pressure transducers. The practical significance of the results for electronics and biomedical measuring systems is as follows: - the design principle of a variable differential-pressure spirometric system was substantiated by combining a symmetric Venturi tube as the primary transducer and a gap-type piezoresonance sensor as the secondary transducer, which made it possible to ensure low aerodynamic resistance, absence of moving elements, sanitary suitability of the measuring channel, and registration of high-speed respiratory flows; - an experimental measuring bench was developed and implemented for calibration, verification, and study of primary airflow transducers; it uses a single aerodynamic tract with three independent measuring channels—reference, control, and test—which ensures comparison of the transducers' metrological characteristics under identical airflow-formation conditions; - a design was proposed and a primary airflow transducer based on a modified bilaterally symmetric Venturi tube was manufactured by 3D printing; it differs in taper angles and symmetric confuser and diffuser design, which stabilized its characteristics over an extended Reynolds-number range and ensured suitability for recording dynamic flows during inhalation and exhalation; - a method was developed for determining the parameters of the equivalent electrical circuit of a piezoresonance measuring transducer in a П-shaped measuring four-terminal network using zero-phase frequencies; it differs by using the phase-frequency characteristic and exact analytical expressions for parameter calculation, which reduces the number of measurements and increases the accuracy of EEC parameter determination using available laboratory equipment.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Vasilchuk D. Mathematical Model of Piezoelectric Oscillating System with Electrodes of Variable Nonlinear and Constant Linear Air Gap / Khutornenko S., Osadchuk O., Osadchuk I., Vasilchuk D., Semenets D., Lukin V. // Telecommunications and Radio Engineering, 2017. Vol. 76, Issue 18. P. 1639–1648. (Scopus, США).
- 2. Vasilchuk D. P. TSh Vibrations of Limited Size Plates of Rotated Y-cut Quartz with Development of Matrix-operation Method for Solving Equations / Khutornenko S. V., Osadchuk A. V., Vasilchuk D. P., Semenets D. A., AbramovaV. V. // IEEE 17th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (MMET) : Conference paper (м. Київ, 2-5 липня 2018 р.). – Kyiv: National Aviation University, 2018. – P. 346-349. (Scopus, Україна).
- 3. Vasilchuk D. Two-Dimensional Model of Quartz Resonator on Basis of Matrix-Operator Method / Khutornenko S., Osadchuk O., Vasilchuk D., Semenets D. // Telecommunications and Radio Engineering, 2019. Vol. 78, Issue 20. P. 1781–1794. (Scopus, США).
- 4. Vasilchuk D. Two-Dimensional Model of Quartz Resonator with Surface Mass Layer on Basis of Matrix-Operator Method / Khutornenko S., Lukin V., Vasilchuk D., Semenets D., Nefedova I., Akulynichev A. // Telecommunications and Radio Engineering, 2021. Vol. 80, Issue 7. P. 1–15. (Scopus, США).
- 5. Vasilchuk D. Primary Measuring Transducer of a Diagnostic Spirometer Based on a Venturi Flowmeter / Tomashevskyi R., Vasilchuk D. // Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME) : Conference paper (Chișinău, 20-23 September 2023 p.). – Chișinău, 2023. – P. 93-102. (Scopus, Молдова)
- 6. Vasilchuk D. Determination of Parameters of the Equivalent Electrical Circuit of the Sensitive Element of a Piezoresonance Sensor Based on Measuring the Zero Phase Frequency / Vasilchuk D., Tomashevskyi R., Ivakhno V., Zamaruiev V., Khutornenko S. // IEEE 19th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC) : Conference paper (м. Таллінн, Естонія, 2–4 жовтня 2024 р.). – Tallinn: Tallinn University of Technology, 2024. – P. 1-6. (Scopus, Естонія).
- 7. Васильчук Д. П. Використання матрично-операторного методу для дослідження товщинно-зсувних коливань кварцових резонаторів / Семенець Д. А., Васильчук Д. П., Кобилянський Б. Б., Романуша В. О. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Київ: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2020. Том 31 (70), № 4. С. 38–46. (Б).
- 8. Васильчук Д. П. Методика вимірювання параметрів еквівалентної електричної схеми п'єзорезонансного датчика на основі вимірювання частот нульової фази / Томашевський Р. С., Васильчук Д. П., Залужна Г. В., Семенець Д. А. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Київ: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2024. Том 35 (74), № 4. С. 366–371. (Б).
- 9. Васильчук Д. П. Математична модель п'єзорезонансної коливальної системи на основі матрично-операторного метода / Васильчук Д. П., Семенець Д. А., Романуша В. О., Кобилянський Б. Б., Нефьодова І. В. // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, Кременчук, 2019. № 2 (46). С. 25-32. (Б)
- 10. Васильчук Д. П. Модифікация методики визначення параметрів еквівалентної електричної схеми п'єзорезонатора на основі моделі Butterworth – Van Dyke / Васильчук Д. П., Залужна Г. В., Романуша В. О. // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. Херсон: ХДАЕУ, 2022. Вип. 3. С. 16–26. (Б).
- 11. Vasilchuk D. P. Mathematical Model of the Piezoelectric Oscillation System with the Electrode of Hyperbolic Form in Air Gap / Khutornenko S. V., Krivenko S. S., Lukin V. V., Semenets D. A., Vasilchuk D. P. // IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) : Conference paper (м. Київ, Україна, 18-20 квітня 2017 р.). – Kyiv: National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 2017. – P. 465-470. (Scopus, Україна).
- 12. Vasilchuk D. P. Oscillation Frequency of Piezoelectric Oscillating System with Electrodes of Hyperbolic and Linear Form in Variable Air Gap / Khutornenko S. V., Lukin V. V., Krivenko S. S., Vasilchuk D. P., Semenets D. A. // IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) : Conference

paper (м. Київ, Україна, 24-26 квітня 2018 р.). – Kyiv: National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 2018. – P. 325-330. (Scopus, Україна)

- 13. Пристрій вимірювання витрати повітря з частотним виходом : пат. на корисну модель 161984 Україна : МПК G01F 15/04. № u202503509; заявл. 17.07.2025 ; опубл. 28.01.2026, Бюл. № 4.
- П'єзоелектричний резонатор з керуванням частоти : пат. на корисну модель 101928 України : МПК H03H 9/00. № u201502872; заявл. 30.03.2015 ; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.
- Вимірювальній перетворювач з частотним п'єзорезонансним датчиком: пат. на корисну модель 113289 України : МПК H01L 41/08. № u201606693; заявл. 21.06.2016 ; опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

13. Пристрій вимірювання витрати повітря з частотним виходом : пат. на корисну модель 161984 Україна : МПК G01F 15/04. № u202503509; заявл. 17.07.2025 ; опубл. 28.01.2026, Бюл. № 4. 14. П'єзоелектричний резонатор з керуванням частоти : пат. на корисну модель 101928 України : МПК H03H 9/00. № u201502872; заявл. 30.03.2015 ; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19. 15. Вимірювальній перетворювач з частотним п'єзорезонансним датчиком: пат. на корисну модель 113289 України : МПК H01L 41/08. № u201606693; заявл. 21.06.2016 ; опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сокол Євген Іванович

2. Yevhen Sokol

Кваліфікація: д. т. н., професор, член-кор., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1370-1482

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=yr1eQwwAAAAJ&hl=ru

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Підченко Сергій Костянтинович

2. Serhii K. Pidchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9488-1782

Додаткова інформація: ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36069894900

Повне найменування юридичної особи: Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження: вул. Інститутська, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Павлов Сергій Володимирович

2. Sergii Pavlov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0051-5560

Додаткова інформація:
http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=7103366036&partnerID=MN8TOARS;
https://www.webofscience.com/wos/author/record/1060169;
https://scholar.google.com/citations?user=hWWt_Y4AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Аврунін Олег Григорович

2. Oleg Avrunin

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.11.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6312-687X

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35298713200; https://scholar.google.com.ua/citations?user=LPkqyxoAAAAJ&hl=ru&authuser=5%20%20; https://publons.com/researcher/1995976/olig-grigorovich-avrunin/

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зуєв Андрій Олександрович
2. Andrey A. Zuev

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8206-4304

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Сучков Григорій Михайлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Сучков Григорій Михайлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Васильчук Дмитро Петрович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна