

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
д.т.н., професор **Іван ДЕМИДОВ**
«16» _____ 2025 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертації
«Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта
Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів»
доцента кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-
інтегрованих технологій Національного університету водного
господарства та природокористування (м. Рівне),
кандидата фізико-математичних наук, доцента **Мащенка Володимира
Андрійовича**, представленої на здобуття наукового ступеня доктора
технічних наук за спеціальністю**

05.11.01 Прилади на методи вимірювання механічних величин

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 21 від «25» березня 2025 р.) рецензенти, а саме:

- завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Інституту енергетики та систем керування, д.т.н., професор **Федір МАТІКО**;
- професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Інституту енергетики та систем керування, д.т.н., професор **Євген ПІСТУН**;
- професор кафедри інтелектуальної мехатроніки і роботи Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор **Мирослав ТИХАН**,

розглянувши докторську дисертацію **МАЩЕНКА Володимира Андрійовича** «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів» (тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» 25 березня 2025 р., протокол № 21), наукові публікації, в яких висвітлено основні результати роботи, а також за результатами фахового семінару кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Навчально-наукового інституту енергетики та систем керування Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 5 від 02.04.2025 р.), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації:

Дисертація Володимира МАЩЕНКА на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.01 *Прилади на методи вимірювання механічних величин*, є кваліфікованою науковою працею, представленою у вигляді наукової доповіді, характеризується єдністю змісту, відповідає принципам академічної доброчесності, підготовлена здобувачем самостійно. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної цінності робота відповідає вимогам п. 7 - 9 "Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

1. Актуальність теми дисертації

Одним із важливих завдань сучасної метрологічної науки є підвищення точності вимірювання динамічних модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних матеріалів. Полімерні матеріали сьогодні широко використовують в різних технічних системах і для надійного функціонування таких систем важливо, щоб їх елементи володіли необхідними в'язкопружними властивостями.

Особливо важливим є розроблення ефективних методів та засобів визначення механічних характеристик гетерогенних матеріалів, які знаходяться під дією руйнуючих навантажень, в потенційно небезпечних технічних об'єктах. В такому випадку ключовим питанням метрології є вибір методів і засобів вимірювання динамічних модулів пружності таких матеріалів, що дозволить прогнозувати їх працездатність при критичних режимах.

Забезпечення високоточних вимірювань коефіцієнта Пуассона та динамічних модулів пружності полімерних матеріалів може бути реалізовано за допомогою класичних методик із застосуванням різних типів і мод акустичних коливань, зокрема поздовжніх, поперечних ультразвукових хвиль та поверхневих хвиль Релея. Поряд з цим, розвиток електроніки та інформаційних технологій дозволяє суттєво розширити можливості використання акустичних методів за рахунок нових методів обробки сигналів та автоматизації вимірювань. Отже, удосконалення методів вимірювання коефіцієнта Пуассона та динамічних модулів пружності полімерних матеріалів, а також розроблення систем вимірювання на основі сучасних цифрових засобів та алгоритмів опрацювання сигналів є актуальними науково-прикладними завданнями, вирішення яких дає можливість вирішити комплексну **проблему** підвищення точності вимірювання параметрів конструкційних полімерних матеріалів для забезпечення функціональності та надійності вузлів і елементів конструкцій промислових апаратів та розроблення приладових систем для вимірювання модулів пружності гетерогенних матеріалів для моніторингу стану технічних об'єктів.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційна робота виконана на кафедрі автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування, а також пов'язана з держбюджетною тематикою Міністерства освіти і науки України в науково-дослідній роботі „Біомеханіка зубощелепної системи, верхніх та нижніх кінцівок: математичне моделювання та практичні рекомендації” (номер держреєстрації 0119U002007, 2018–2020 р.), „Розробка, дослідження електротехнічних і автоматизованих систем та їх елементів ” (номер держреєстрації 0123U105012, 2023–2028 р.). Приладова система для визначення динамічних модулів пружності гетерогенних матеріалів та окремі положення дисертаційної роботи розроблені та виконані в рамках науково-дослідної роботи „Фізичні закономірності геодинамічних процесів техногенного характеру у геотехнічних системах” (номер держреєстрації 0113U002682, 2012–2013 р.).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Полягає в загальній постановці проблеми та обґрунтуванні мети досліджень, визначенні об'єктів і завдань досліджень; створенні й опрацюванні методик експериментів; виконанні та узагальненні результатів експериментальних досліджень; проведенні аналізів одержаних результатів; визначенні та обґрунтуванні напрямків практичної реалізації результатів досліджень; формулюванні висновків. Усі наукові положення та результати, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, в роботі використані результати, які отримані дисертантом особисто.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Подані в дисертаційній роботі наукові положення, рішення та висновки є логічні, теоретично обґрунтовані. Основні теоретичні результати роботи підтверджено експериментальними дослідженнями та співставленням із відомими довідковими даними. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів забезпечувалася проведенням необхідної кількості експериментів та застосуванням відомих методик опрацювання експериментальних даних.

Запропоновані здобувачем рішення, висновки та рекомендації підтверджено актами впровадження. Також проведено широку апробацію результатів дисертаційного дослідження, їх опублікування у закордонних та фахових вітчизняних виданнях, представлення на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях і семінарах.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

У дисертаційній роботі розв'язано важливу науково-прикладну проблему – підвищення точності вимірювання параметрів конструкційних полімерних матеріалів для забезпечення функціональності та надійності окремих вузлів і елементів конструкцій промислових апаратів та гетерогенних матеріалів для моніторингу стану технічних об'єктів. Під час розв'язання цієї проблеми отримані такі нові наукові результати:

Вперше розроблено методологію вимірювання амплітуди резонансних коливань консольно-закріпленого полімерного стрижня на звукових частотах, що базується на обробці цифрового зображення, яка дала можливість підвищити точність визначення головної резонансної частоти коливань зразка і, відповідно, підвищити точність визначення його динамічного модуля пружності.

Вперше отримані регресійні аналітичні залежності амплітуди резонансних максимумів зразків конструкційного полівінілхлориду від частоти при різних температурах, та регресійну залежність частоти головного максимуму від температури, що дає можливість прогнозувати значення динамічних модулів пружності при різних температурах.

Дістали подальшого розвитку теоретичні моделі процесів відбивання заломлення та трансформації акустичних хвиль на межі рідини та твердого тіла з від'ємним значеннями коефіцієнтом Пуассона і на межі твердих тіл з додатніми та від'ємними значеннями коефіцієнта Пуассона, що дало можливість розробити алгоритми визначення критичних кутів при вимірюваннях швидкості поширення поперечної хвилі у матеріалах із від'ємним коефіцієнтом Пуассона.

Вперше розроблено концепцію приладової системи на основі імерсійного методу вимірювання швидкостей поширення поздовжньої та поперечної ультразвукових хвиль і коефіцієнтів їх поглинання у конструкційних полімерних матеріалах та гетерогенних геоматеріалах, яка відрізняється тим, що вимірювання амплітуди та часу проходження імпульсу ультразвукового сигналу покладено на апаратну та програмну складові приладової системи, і таким чином зменшено похибку визначення динамічних модулів пружності та коефіцієнта Пуассона.

Вперше запропоновано визначати дійсну і уявну частини динамічного коефіцієнта Пуассона через швидкості поширення поздовжніх та поперечних хвиль та коефіцієнтів їх затухання, що дало можливість їх вимірювання імерсійним методом з похибкою, що не перевищує 6 %.

Вперше отримано розв'язок рівняння Релея для швидкості поширення поверхневої хвилі в матеріалі з від'ємним значенням коефіцієнта Пуассона та отримати співвідношення для визначення дійсної та уявної частин комплексного коефіцієнта Пуассона при поширенні двох типів хвиль поверхневої та поперечної і поверхневої та поздовжньої, що дало змогу удосконалити метод

збудження та прийому хвиль Релея гребінчастою структурою при вимірюванні динамічного коефіцієнта Пуассона при його мінімальному значенні.

Вперше запропоновано концепцію приладової системи для вимірювання швидкостей поширення поздовжньої та поперечної ультразвукових хвиль у зразках гетерогенних геоматеріалів при одновісному напруженні, прикладеному у різних напрямках поширення ультразвукових хвиль, яка базується на теоретичних моделях процесів відбивання, заломлення та трансформації УЗ-хвилі в залежності від фізичних параметрів контактуючих середовищ, що дало змогу визначити модулі пружності третього порядку.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Монографії

1. Мащенко В. А. Методи вимірювань та приладові системи для визначення модулів пружності конструкційних та гетерогенних матеріалів. Монографія / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков. – Рівне: „Волинські обереги”, 2020. – 180 с. *(Підготовлено Розділи 2–4).*
2. Мащенко В. А. Методи вимірювань та автоматизовані приладові системи для визначення модулів пружності. Монографія / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков. – Рівне: „Волинські обереги”, 2023. – 196 с. *(Підготовлено Розділи 1, 3, 4).*

Статті, які включенні до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та WOS:

3. Interrelationship of thermophysical and electrophysical properties of polymer-tungsten systems / B. S. Kolupaev, N. A. Bordyuk, V. A. Sidletskij, V. A. Mashchenko // *Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal*. – 1998. – V. 71. – N. 5. – P. 819–822. *(Запропонована кореляційна залежність між логарифмами відносних значень фізичних параметрів полімерних матеріалів).*
4. Contribution of surface Rayleigh waves to the heat capacity of poly(vinyl chloride) / V. V. Klepko, B. B. Kolupaev, E. V. Lebedev, V. A. Mashchenko // *Polymer Science. – Ser. A*. – 2009. – V. 51. – N. 9. – P. 986–990. *(Запропонована методика вимірювань та проведені розрахунки параметрів поверхневої хвилі Релея).*
5. Мащенко В. А. Дослідження особливостей деформації неідеально-пружних гірських порід / В. А. Мащенко, І. О. Садовенко // *Науковий вісник Національного гірничого університету*, 2014. – № 6. – С. 80–86. *(Проведені вимірювання швидкостей поширення поздовжніх і поперечних акустичних хвиль для гетерогенних геоматеріалів з різним ефективним значенням коефіцієнта Пуассона та модулів пружності).*
6. Determination of Young's dynamic modulus of polymer material by resonance vibrating-reed method / V. Mashchenko, V. Krivtsov, V. Kvasnikov,

- V. Drevetskiy // Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – № 4. – P. 34–37. (*Запропоновано приладову систему та методику вимірювань амплітуди резонансних коливань і визначені модулі пружності конструкційних полімерних матеріалів*).
7. Mashchenko V. A. Thermodynamic aspect of destruction rock / V. A. Mashchenko, O. Y. Khomenko, V. P. Kvasnikov // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2020. – № 1. – С. 25–30. (*Запропоновано методику дослідження термодинамічного стану неідеально-пружних гірських та проведені комплексні вимірювання модулів пружності*).
8. Fractal percolation approach in determining structured and mechanical properties of metal filled polyurethane auxetics / T. M. Shevchuk, M. A. Bordyuk, V. V. Krivtsov, V. A. Mashchenko // Металофізика і новітні технології. – 2020. – Т. 42. – № 9. – P. 1293–1302. (*Розроблена методика та проведені вимірювання модулів пружності полімерних ауксетиків*).
9. Viscoelastic Properties of Filled Polyurethane Auxetics / T. M. Shevchuk, M. A. Bordyuk, V. V. Krivtsov, V. V. Kukla, V. A. Mashchenko // Physics and chemistry of solid state. – 2021. – V. 22. – N. 2. – P. 328–335. (*Запропонована методика вимірювання швидкостей поширення акустичних хвиль та коефіцієнта Пуассона в полімерних ауксетиках*).
10. Percolation characteristics of filled polyurethane auxetics / T. M. Shevchuk, M. A. Bordyuk, V. A. Mashchenko, V. P. Kvasnikov, V. V. Krivtsov // Physics and chemistry of solid state. – 2022. – V. 23. – N. 3. – P. 590–596. (*Проведені вимірювання швидкостей поширення поздовжніх та поперечних хвиль та коефіцієнта Пуассона в полімерних акустиках*).
11. Debye temperatures and nanostructuring of polyurethane auxetics / T. M. Shevchuk, M. A. Bordyuk, V. A. Mashchenko, V. V. Krivtsov, L. V. Mashchenko // Physics and chemistry of solid state. – 2024. – V. 25. – N. 2. – P. 316–323. (*Отримано розв'язок рівняння Релея для матеріалів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона*).

Статті у наукових фахових виданнях:

12. Мащенко В. А. Прогнозування стійкості вертикальної свердловини великого діаметру при розробці алмазоносних родовищ корисних копалин / В. А. Мащенко, В. О. Рачковський, В. П. Крайчук // Вісник Криворізького національного університету: збірник наукових праць. – Кривий Ріг: КНУ, 2012. – Вип. 33. – С. 24–28. (*Проведені вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона гетерогенних геоматеріалів*).
13. Садовенко І. О. Метод оцінки величини поверхневої енергії гірських / І. О. Садовенко, В. А. Мащенко // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН

- України. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 107. – С. 58–63. (Google Scholar) *(Запропоновано метод оцінки поверхневої енергії)*.
14. Експериментальна установка для вимірювання пружних параметрів гірських порід / В. А. Мащенко, О. О. Панчук, І. О. Садовенко, М. А. Бордюк // Вісник Інженерної академії України. – 2012. – Вип. 3–4. – С. 60–64. *(Запропоновані принципи побудови приладової системи для експериментальних вимірювань швидкостей поширення поздовжньої та поперечної хвиль у твердих тілах)*.
 15. Мащенко В. А. Відбивання та заломлення акустичних хвиль на межі пружних середовищ з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Технічні науки. – Вип. 3(71). – Частина 2. – Рівне: НУВГП, 2015. – С. 382–387. *(Запропонована модель заломлення акустичних хвиль на межі ауксетик-середовища)*.
 16. Мащенко В. А. Відбивання та збудження акустичних хвиль на межі рідини і пружного середовища з від'ємним коефіцієнтом Пуассона В. А. Мащенко // Міжвузівський збірник наукових праць „Наукові нотатки”. – 2016. – Вип. 54. – С. 209–213. *(Запропонована модель відбивання та збудження акустичних хвиль на межі ауксетик-середовища)*.
 17. Мащенко В. А. Конструктивно-технічні параметри приладової системи для імерсійного методу вимірювання швидкостей ультразвукових хвиль // В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Вісник Інженерної академії України. – 2018. – Вип. 3. – С. 158–162. *(Запропоновані принципи побудови приладової системи, обґрунтовані її конструктивні параметри та метрологічні характеристики)*.
 18. Мащенко В. А. Відбивання акустичних хвиль від межі рідини та ауксетик-середовища / В. А. Мащенко // Міжвузівський збірник наукових праць „Наукові нотатки”. – 2018. – Вип. 64. – С. 113–118. *(Запропонована модель відбивання акустичних хвиль від межі ауксетик-середовища)*.
 19. Мащенко В. А. Аналіз параметрів моделі проходження ультразвукових хвиль через пластину занурену у рідину / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Збірник наукових праць ОДАТРА. – 2018. – № 2(13). – С. 27–32. *(Проведено аналіз параметрів задачі падіння ультразвукової хвилі на поверхню пластини, зануреної в рідину)*.
 20. Мащенко В. А. Визначення модулів пружності конструкційних та гетерогенних матеріалів ультразвуковим методом / В. А. Мащенко // Міжвузівський збірник наукових праць „Наукові нотатки”. – 2019. – Вип. 65. – С. 165–169. *(Проаналізовано можливості ультразвукового методу для вимірювання модулів пружності)*.

21. Мащенко В. А. Визначення модулів пружності третього порядку гетерогенних геоматеріалів за допомогою імпульсних ультразвукових вимірювань / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – Вип. 2. – С. 12–18. *(Запропонований алгоритм розрахунку модулів пружності третього порядку).*
22. Визначення динамічних модулів пружності полімерних ауксетиків за допомогою імпульсних іммерсійних вимірювань швидкостей поширення ультразвукових хвиль / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков, М. А. Бордюк, Т. М. Шевчук // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2019. – № 1(14). – С. 13–18. *(Запропонована методика вимірювань швидкостей поширення поздовжніх і поперечних ультразвукових хвиль та коефіцієнтів їх поглинання в ауксетиках).*
23. Мащенко В. А. Аналіз резонансних методів визначення динамічного модуля пружності конструкційних полімерних матеріалів / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков, В. В. Кривцов // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – Вип. 3. – С. 106–113. *(Проведено аналіз стандартних резонансних методів вимірювань модуля пружності).*
24. Мащенко В. А. Інформаційно-вимірювальна система для визначення амплітуди коливань закріпленого полімерного стрижня на основі цифрової обробки сигналів / В. А. Мащенко, П. В. Кіндрат // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2019. – № 2(15). – С. 49–57. *(Запропоновано автоматизовану приладову систему для вимірювання амплітуди резонансних коливань).*
25. Мащенко В. А. Аналогово-цифровий інтерфейс для вимірювання амплітуди та часу проходження ультразвукового сигналу / В. А. Мащенко // Міжнародний науково-технічний журнал „Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. – 2019. – № 2 (64). – С. 34–39. *(Запропоновано принцип автоматизації вимірювань).*
26. Мащенко В. А. Частотно-температурні вимірювання динамічного модуля пружності конструкційного полівінілхлориду / В. А. Мащенко, В. В. Кривцов, В. П. Квасніков // Міжвузівський збірник наукових праць „Наукові нотатки”. – 2019. – Вип. 68. – С. 68–73. *(Проведені частотно-температурні вимірювання модуля пружності).*
27. Мащенко В. А. Аналіз методів вимірювання комплексних динамічних модулів пружності в'язкопружних полімерних матеріалів / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – Вип. 4. – С. 144–153. *(Запропоновано методику та проведені вимірювання динамічного модуля пружності методом резонансних коливань консольно-закріпленого стрижня на звукових частотах у широкому діапазоні температур).*

28. Мащенко В. А. Резонансні методи вимірювання та приладові системи для визначення динамічних модулів пружності полімерних матеріалів / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Вісник Інженерної академії України. – 2020. – Вип. 1. – С. 144–153. *(Проведено огляд та аналіз методів для визначення дійсної і уявної частин комплексних динамічних модулів Юнга, зсуву та модуля об'ємної деформації в'язкопружних полімерних матеріалів).*
29. Мащенко В. А. Фізичні принципи та методи вимірювання коефіцієнта Пуассона в'язкопружних полімерних матеріалів / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Збірник наукових праць „Перспективні технології та прилади”. – 2020. – Вип. 16. – С. 73–81. *(Проведено огляд та аналіз основних методів вимірювання комплексного коефіцієнта Пуассона в'язкопружних полімерних матеріалів).*
30. Мащенко В. А. Метод визначення динамічного коефіцієнта Пуассона полімерного ауксетика за допомогою трьох типів акустичних хвиль / В. А. Мащенко // Міжнародний науково-технічний журнал „Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. – 2020. – № 1 (65). – С. 16–22. *(Запропонована методика визначення динамічного коефіцієнта Пуассона полімерного ауксетика за допомогою трьох типів акустичних хвиль).*

Статті за темою дисертаційної роботи:

31. Мащенко В. А. Енергетичні закономірності геомеханічних процесів в масиві гірських порід при динамічних явищах техногенного характеру / В. А. Мащенко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Технічні науки. – Рівне: НУВГП, 2013. – Вип. 1 (61). – С. 12–19. *(Досліджено енергетичні закономірності стану геоматеріалів за модулями пружності)*
32. Мащенко В. А. Дослідження властивостей хвиль Релея на вільній поверхні ізотропного твердого тіла з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко, Б. Б. Колупаєв // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Вип. 8. – Рівне: РДГУ, 2000. – С. 62–64. *(Отримано розв'язок рівняння Релея для ауксетиків та проаналізована поведінка поверхневої хвилі на їх поверхні).*
33. Плоскі хвилі на вільній поверхні полімерного пружного тіла з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко, О. М. Волошин, Б. Б. Колупаєв, С. М. Іваніщук // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Вип. 9. – Рівне: РДГУ, 2002. – С. 36–38. *(Досліджено параметри моделі відбивання плоских хвиль від вільної*

поверхні полімерного пружного тіла з від'ємним коефіцієнтом Пуассона).

34. Фрактально-перколяційне моделювання структурної організації наповненого полівінілхлориду / Т. М. Шевчук, М. А. Бордюк, В. В. Кривцов, В. А. Мащенко // Полімерний журнал. – 2019. – № 2. – С. 109–115. *(Проведені вимірювання коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних матеріалів).*
35. Вплив критичного вмісту наповнювача на структурні та фрактально-перколяційні характеристики наповнених полімерів вінілового ряду / Т. М. Шевчук, М. А. Бордюк, В. В. Кривцов, В. А. Мащенко // Полімерний журнал. – 2019. – № 4. – С. 264–270. *(Проведені вимірювання коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних матеріалів).*

Патенти України на корисну модель:

36. Патент № 136643 (Україна) МПК (2006) G01H 5/00. Спосіб визначення швидкостей поширення поздовжньої та поперечної ультразвукових хвиль у зразках твердих тіл [Текст] / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков, В. П. Древецький, В. В. Кривцов, Т. М. Шевчук. – Реєстрац. номер заявки u 2019 02701. Оpubліковано в бюлетені № 16 від 27.08.2019 *(Патентний пошук, розроблення способу).*
37. Патент № 144077 (Україна) МПК G01B 3/1061 5/04 G06T 5/00 7/13 7/136. Спосіб визначення резонансної частоти коливань вільного кінця закріпленого зразка у вигляді стрижня [Текст] / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков, В. В. Кривцов, В. П. Древецький, М. А. Бордюк, В. В. Кривцов. – Реєстрац. номер заявки u 2020 02719. Оpubліковано в бюлетені № 16 від 26.08.2020. *(Патентний пошук, розроблення способу).*

Публікації, що засвідчують апробацію результатів дисертації:

38. Мащенко В. А. Акустичні хвилі на вільній поверхні ізотропного твердого тіла з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко, Б. Б. Колупаєв // Тези доповідей V Української конференції молодих вчених з високомолекулярних сполук. – Київ, 2003. – С. 133.
39. Нікітчук В. І. Моделі композиційного матеріалу з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. І. Нікітчук, В. А. Мащенко, В. О. Сідлецький // Композиційні матеріали: Тези доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції. – Київ: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. – С. 113.
40. Мащенко В. А. Дослідження внеску хвиль Релея в теплоємність аморфних полімерів / В. А. Мащенко, Б. С. Колупаєв, Б. Б. Колупаєв // Тези доповідей XI Української конференції з високомолекулярних

сполук.

– Дніпропетровськ: ДХТУ, 2007. – С. 50.

41. Мащенко В. Відбивання акустичних хвиль від межі пружних півпросторів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. Мащенко, М. Петрина, І. Панченко // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій” присвяченій 50-річчю заснування ТНТУ та 165-річчю з дня народження Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2010. – С. 73.
42. Мащенко В. А. Поверхневі акустичні хвилі в насичених рідиною пористо-пружних середовищах з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко // Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали: матеріали VII Міжнародної наукової конференції. – Луцьк: Вежа-Друк, 2014. – С. 194–196.
43. Мащенко В. А. Модуляція показника заломлення поверхневою акустичною хвилею в матеріалах з від'ємним коефіцієнтом Пуассона / В. А. Мащенко, В. О. Сідлецький, О. М. Волошин // Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – С. 36–38.
44. Кривцов В. В. Матеріали на основі полімерних матриць з масивом прецизійних включень / В. В. Кривцов, В. А. Мащенко // IX Міжнародна наукова конференція „Фундаментальна база наноелектроніки”. Збірник наукових праць. – Харків: ХНУРЕ, 2017. – С. 71–74.
45. Мащенко В. А. Дослідження звукопоглинаючих властивостей металонаповнених композитів на основі полімерного ауксетик-середовища / В. А. Мащенко, В. В. Кривцов // Структурна релаксація у твердих тілах: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. – С. 255–258.
46. Мащенко В. А. Методика вимірювання швидкостей поширення поздовжньої та поперечної УЗ-хвиль іммерсійним методом у твердих тілах / В. А. Мащенко, В. С. Купко // Тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції „МЕТРОЛОГІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА” (МЕТРОЛОГІЯ – 2018). – Харків: ННЦ „Інститут метрології”, 2018. – С. 40.
47. Mashchenko V. A. Information-measuring system for determination of elastic parameters of composite polymeric and heterogeneous materials / V. A. Mashchenko, V. P. Kvasnikov // The Eighth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” [Електронний ресурс]. – National Aviation University, Kyiv, Ukraine, 2018. – Режим доступу: <http://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2018/paper/view/File/5180/4067>.

48. Мащенко В. А. Проектування інформаційно-вимірювальної системи для визначення пружних параметрів гетерогенних матеріалів / Тези VII Міжнародної науково-технічної конференції „ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ”. – Черкаси: видавець ФОП Гордієнко Є. І., 2018. – С. 16–18.
49. Використання ультразвукових хвиль для визначення динамічних модулів пружності полімерних ауксетиків / В.А. Мащенко, М. А. Бордюк, Т. М. Шевчук, В. В. Кривцов / Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції „Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології: європейський вибір”. – Одеса: Бондаренко М. О., 2018. – С. 69–72.
50. Мащенко В. А. Поширення поздовжніх ультразвукових хвиль у шарі дисипативного ауксетик-середовища / В. А. Мащенко // Збірник тез XVIII Міжнародної науково-технічної конференції „ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”. – Київ: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 159.
51. Mashchenko V. A. Positioning device in the immersion measurement of the propagation velocities of longitudinal and transverse waves in a solid state sample / V. A. Mashchenko, V. P. Kvasnikov // XIV Міжнародна науково-технічна конференція „AVIA-2019” [Електронний ресурс]. – Національний авіаційний університет, Київ, Україна, 2019. – Режим доступу: <http://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2019/paper/view/5989/4473>.
52. Мащенко В. А. Інформаційна система для визначення амплітуди резонансних коливань консольно-закріпленого полімерного стрижня / В. А. Мащенко, В. В. Кривцов // Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології: матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції. – Одеса, Бондаренко М. О., 2019. – С. 97–99.
53. Mashchenko V. Simulation of resonance oscillations of a cantilever-fixed polymer rod / V. Mashchenko, V. Krivtsov V. Kvasnikov // Proceedings of III International scientific and practical conference “2019: Modeling, control and information technologies” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itconfdoc.nuwm.edu.ua/index.php/ITConf/article/view/60/29>.
54. Мащенко В. А. Метод та приладова система для визначення модулів пружності третього порядку твердих тіл / В. А. Мащенко // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2020). XIII Міжнародна науково-практична конференція. – Київ: НАУ, 2020. – С. 116–118.
55. Мащенко В. А. Вимірювальний канал приладової системи для вимірювання часу проходження УЗ-імпульсу та його амплітуди / В. А. Мащенко, В. П. Квасніков // Інтегровані інтелектуальні

робототехнічні комплекси (ІРТК-2022). XV міжнародна науково-практична конференція. – Київ: НАУ, 2022. – С. 105–107.

56. Мащенко В.А. Вимірювання швидкості поширення поверхневої хвилі Релея в полімерному ауксетику / В. А. Мащенко, В.П. Квасніков // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2023). XVI Міжнародна науково-практична конференція. – Київ: НАУ, 2023. – С. 147–149.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо:

Викладені у дисертаційній роботі результати досліджень доповідалися, обговорювалися та одержали схвалення на таких міжнародних наукових конференціях і семінарах: V Українська конференція молодих вчених з високомолекулярних сполук (Київ, 2003 р.), III Міжнародна науково-технічна конференція „Композиційні матеріали” (Київ, 2004 р.), XI Українська конференція з високомолекулярних сполук (Дніпропетровськ, 2007 р.), Міжнародна науково-технічна конференція „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій” присвячена 50-річчю заснування ТНТУ та 165-річчю з дня народження Івана Пулюя (Тернопіль, 2010 р.), VII Міжнародна наукова конференція „Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали” VII Міжнародної наукової конференції (Луцьк, 2014 р.); VIII Міжнародна наукова конференція „Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали” VII Міжнародної наукової конференції (Луцьк, 2016 р.); IX Міжнародна наукова конференція „Фундаментальна база наноелектроніки” (Харків – Одеса, 2017 р.); VI Міжнародна науково-практична конференція „Структурна релаксація у твердих тілах” (Вінниця, 2018 р.); XI Міжнародна науково-технічна конференції „Метрологія та вимірювальна техніка” (МЕТРОЛОГІЯ – 2018) (Харків, 2018 р.); The Eighth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” (Kyiv, Ukraine, 2018); VII Міжнародна науково-технічна конференція „Датчики, прилади та системи”. (Черкаси, 2018 р.); VIII Міжнародна науково-практична конференція „Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології: європейський вибір” (Одеса, 2018 р.); XVIII Міжнародна науково-технічна конференція „ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи” (Київ, 2019 р.); XIV Міжнародна науково-технічна конференція „ABIA-2019” (Київ, 2019 р.); VII Міжнародна науково-практична конференція „Теоретичні і експериментальні дослідження в техноогія сучасного матеріалознавства та машинобудування” (Луцьк, 2019 р.); IX Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 2019 р.); III International scientific and practical conference “2019: Modeling, control and information technologies” (Rivne, Ukraine, 2019); XIII Міжнародна науково-практична конференція „Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (Київ, 2020 р.); XV міжнародна науково-практична конференція „Інтегровані інтелектуальні робототехнічні

комплекси” (Київ, 2022 р.); XVI Міжнародна науково-практична конференція „Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” Київ, 2023 р.).

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

У дисертаційній роботі дістали подальший розвиток методи вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів, зокрема метод резонансних коливань консольно-закріпленого полімерного стрижня, імерсійний метод, методики вимірювань швидкості поширення УЗ-хвиль при одновісному напруженні, розроблено нові математичні моделі процесів відбивання заломлення та трансформації акустичних хвиль на межі рідини та твердого тіла з від’ємним значеннями коефіцієнтом Пуассона і на межі твердих тіл з додатніми та від’ємними значеннями коефіцієнта Пуассона, що в комплексі формує наукові засади для розроблення нових та удосконалення існуючих систем вимірювання.

Дістала подальший розвиток теорія визначення дійсної та уявної частин комплексного динамічного коефіцієнта Пуассона за допомогою поздовжньої, поперечної хвиль та поверхневої хвилі Релея для полімерного ауксетика.

Отримані наукові результати є важливими для галузі приладобудування, машинобудування, матеріалознавства та геомеханіки.

Результати роботи впроваджено у навчальний процес Національного університету водного господарства та природокористування при викладанні навчальних дисциплін:

– „Моделювання кіберфізичних систем” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня, які навчаються за ОПП „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка” за спеціальністю 174 „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”;

– „Технологічні вимірювання” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за ОПП „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка” за спеціальністю 174 „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”;

– „Чисельні методи та моделювання” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за ОПП „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка” за спеціальністю 174 „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”;

– „Електротехнічні матеріали та комплектуючі” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за ОПП „Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка” за спеціальністю 151 „Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка”.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Використання розробленого алгоритму обробки цифрових зображень дає можливість зменшити похибку визначення амплітуди коливань стрижня до 0,9 % при основній резонансній частоті коливань.

На основі запропонованої методології вимірювання амплітуди коливань розроблено приладову систему для визначення динамічного модуля пружності конструкційних полімерних матеріалів з похибкою, що не перевищує 1,9 %.

Розроблена приладова система для вимірювання модуля пружності при резонансних коливаннях консольно-закріпленого полімерного стрижня дає можливість доповнити частотний діапазон динамічних методів вимірювань в межах від 10 Гц до 150 Гц.

На основі теоретичних моделей процесів відбивання заломлення та трансформації акустичних хвиль на межі рідини та твердого тіла з від'ємним значеннями коефіцієнтом Пуассона розроблена приладова система для імерсійних вимірювань дала можливість вимірювати значення динамічного коефіцієнта Пуассона та модулів пружності полімерних ауксетиків.

Застосування розробленої концепції приладової системи для імерсійних вимірювань дало можливість повністю виключити суб'єктивний фактор при визначенні критичного кута, при вимірюваннях швидкості поширення поперечної хвилі, за рахунок реалізації автоматизації процесу вимірювань, які покладені на апаратну і програмну складові.

Застосування розробленої приладової системи для імерсійних вимірювань дало можливість виміряти модулі пружності гетерогенних геоматеріалів та оцінити на основі моделі поверхневих дефектів, поверхневу енергію руйнування.

На основі удосконаленого методу збудження та прийому хвиль Релея гребінчастою структурою розроблена та реалізована приладова система для вимірювання швидкості поширення поверхневої хвилі в полімерному ауксетику з коефіцієнтом Пуассона рівним -1 .

Розроблено приладову систему для вимірювання швидкостей поздовжніх та поперечних хвиль у гетерогенних геоматеріалах при одновісному напруженні, прикладеному у різних напрямках поширення ультразвукових хвиль. Результати визначення модулів пружності третього порядку дають можливість враховувати нелінійні ефекти при динамічних деформаціях гетерогенних геоматеріалів в напрямку поширення хвилі.

У результаті виконання дисертаційної роботи розроблено приладові системи для вимірювання модулів пружності конструкційних полімерних матеріалів, а результати впроваджено для вимірювання фізико-механічних характеристик конструкційних полімерних матеріалів при проектуванні та виробництві вузлів і елементів конструкцій промислових апаратів на науково-виробничій фірмі „Продекологія” м. Рівне.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається із шести розділів. У першому розділі дисертаційної роботи розглянуто теоретичні підходи до визначення модулів пружності другого і третього порядків та коефіцієнта Пуассона твердого тіла як механічних величин, вимірювання яких пов'язані із зміною рівноважного стану та дисипаціями енергії у матеріалі. У другому розділі дисертаційної роботи представлено результати теоретичних досліджень спрямованих на розширення можливостей резонансних методів вимірювання, зокрема удосконаленню методу консольно-закріпленого полімерного стрижня та розробки інформаційно-вимірювальної приладової системи для реалізації автоматизованого процесу вимірювань. У третьому розділі дисертаційної роботи розглянуті математичні моделі процесів відбивання, заломлення та трансформації акустичних хвиль на межі рідини та твердого тіла з від'ємним значеннями коефіцієнтом Пуассона і на межі твердих тіл з додатніми та від'ємними значеннями коефіцієнта Пуассона. У четвертому розділі дисертаційної роботи проведено обґрунтування конструкційних параметрів та метрологічних характеристик приладової системи для імерсійного методу вимірювань швидкостей поширення УЗ-хвиль та представлено інформаційно-вимірювальну приладову систему для визначення динамічних модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів. У п'ятому розділі дисертаційної роботи запропоновано три методи визначення комплексного динамічного коефіцієнта Пуассона полімерного ауксетика при поширенні у ньому поздовжньої та поперечної акустичних хвиль та поверхневої акустичної хвилі Релея. У шостому розділі дисертаційної роботи запропоновано методику визначення модулів пружності третього порядку гетерогенних геоматеріалів. При цьому встановлено, що для визначення модулів пружності третього порядку ізотропного твердого тіла необхідно провести принаймні три незалежних експерименти.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України. Автор застосовує усталену наукову термінологію галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, матеріалознавства та суміжних галузей, що сприяє чіткості викладення матеріалу дисертаційної роботи.

11. У докторській дисертації «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів» матеріали кандидатської дисертації «Вплив електричного поля на процеси структуроутворення при формуванні металонаповнених полімерних систем на основі полівінілхлориду» Машенка Володимира Андрійовича не використовувалися.

12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту

Дисертаційна робота Мащенко Володимира Андрійовича на тему: «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів» виконана на високому науковому рівні, є актуальною, має значне теоретичне та практичне значення та відповідає паспорту спеціальності 05.11.01 «Прилади та методи вимірювання механічних величин» за напрямками:

- дослідження і вдосконалення наявних методів вимірювання механічних величин;
- розроблення, дослідження й оптимізація нових приладів вимірювання і перетворювачів механічних величин;
- розроблення і дослідження математичних моделей та систем імітаційного моделювання методів і приладів вимірювання механічних величин.

У ході обговорення дисертаційної роботи до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

13. З урахуванням зазначеного, ухвалили:

13.1. Дисертаційна робота Мащенко Володимира Андрійовича «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано важливу науково-прикладну проблему підвищення точності вимірювання параметрів конструкційних полімерних матеріалів для забезпечення функціональності та надійності вузлів і елементів конструкцій промислових апаратів та гетерогенних матеріалів для моніторингу стану технічних об'єктів, і має важливе значення для багатьох галузей промисловості, матеріалознавства та геомеханіки.

13.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертації, є новими, науково обґрунтованими, логічними, послідовними, аргументованими, достовірними, практично цінними. Дисертація є оригінальною, самостійною, завершеною науковою працею, яка характеризується єдністю змісту. Її зміст не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень. Фактів порушення академічної доброчесності не встановлено, текстових запозичень, ідей, наукових матеріалів і результатів досліджень інших авторів без посилання на джерела не виявлено, що засвідчує відсутність порушення академічної доброчесності.

13.3. У 30 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 2 монографії, 9 статей у фахових виданнях індексованих в наукометричній базі Scopus (із них 3 статті у виданнях іноземних держав), 19 статей у фахових виданнях України.

13.4. Дисертація «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів», підготовлена за спеціальністю 05.11.01 *Прилади та методи вимірювання механічних величин*, відповідає паспорту наукової спеціальності 05.11.01 *Прилади та методи вимірювання механічних величин* (Перелік наукових спеціальностей, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року № 1057 зі змінами) та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

13.5. З урахуванням актуальності теми дослідження, наукової новизни, теоретичного та практичного значення одержаних результатів, особистого внеску здобувача у розв'язання важливої науково-технічної проблеми, а також беручи до уваги наукову зрілість та професійні якості Мащенко Володимира Андрійовича, дисертаційна робота «Приладові системи для вимірювання модулів пружності та коефіцієнта Пуассона конструкційних полімерних та гетерогенних матеріалів» рекомендується для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.01 *Прилади та методи вимірювання механічних величин*.

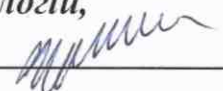
Рецензенти:

**Завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій,
д.т.н., професор**



Федір МАТІКО

**Професор кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій,
д.т.н., професор**



Євген ПІСТУН

**Професор кафедри інтелектуальної
мехатроніки і роботики
д.т.н., професор**



Мирослав ТИХАН

« 2 » 04 2025 р.