

**РОЗРОБКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ФАНТОМУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ПАТОЛОГІЙ ДЛЯ ТРЕНІНГУ БІОМЕДИЧНИХ ІНЖЕНЕРІВ**

**Костін Д.О., Больбух І.Р.**

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна. E-mail: [ihor.bolbukh@nure.ua](mailto:ihor.bolbukh@nure.ua); [denys.kostin@nure.ua](mailto:denys.kostin@nure.ua)

У тезах доповіді був виготовлений ультразвуковий фантом молочної залози з різними типами патологій з метою впровадження у навчальний процес для тренінгу біомедичних інженерів під час лабораторного практикуму на системах медичної візуалізації.

**Ключові слова:** молочна залоза, ультразвуковий фантом, візуалізація патологій, ультразвуковий сканер, ехогенність тканин.

**DEVELOPMENT OF THE ULTRASOUND BREAST PHANTOM WITH DIFFERENT TYPES OF PATHOLOGIES FOR THE TRAINING OF BIOMEDICAL ENGINEERS**

**Kostin D.O., Bolbukh I.R.**

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, E-mail: [ihor.bolbukh@nure.ua](mailto:ihor.bolbukh@nure.ua); [denys.kostin@nure.ua](mailto:denys.kostin@nure.ua)

This scientific work represents a developed ultrasound phantom of the breast with different types of pathologies was made in order to introduce into the educational process for the training of biomedical engineers during a laboratory works on medical imaging systems.

**Key words:** breast, ultrasound phantom, visualization of pathologies, ultrasound scanner, tissue echogenicity.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.** Навчальний процес у сучасних умовах дистанційної освіти потребує впровадження нових підходів до отримання практичних навичок під час організації лабораторного практикуму з фахової підготовки за технічними спеціальностями [1]. Одними із основних напрямів фахової підготовки саме біомедичних інженерів є вивчення штучних органів і систем, систем медичної візуалізації, проектування апаратів та систем заміщення втрачених органів і функцій людини, обробка та аналіз біомедичної інформації [2-3]. Тому модернізація лабораторних та практичних занять, впровадження реальних фантомів і симуляційних макетів, використання тренінгових систем, імітаційних віртуальних тренажерів, графічних та сенсорних пристроїв, Multitouch та multimedia технологій [3-7] є актуальним напрямом сучасної освіти, дозволяє біомедичному інженеру засвоїти основні принципи роботи систем медичної візуалізації із застосуванням розроблених об'єктів [6-10].

**МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** З метою проведення лабораторних занять із використанням ультразвукового обладнання був розроблений план тренінгових досліджень спеціалізованих моделей – фантоми молочних залоз, грудні імпланти, екзопротези. Оскільки ультразвукове дослідження (УЗД) дозволяє оцінити стан тканин МЗ за ступенем їх ехогенності (величиною акустичного імпедансу), то головною перевагою його є відсутність впливу іонізуючого випромінювання; доступність і висока пропускна здатність; радіаційна безпека; доступність у придбанні обладнання та витратних матеріалів; у 25% випадків допомагає у вирішенні питань диференціальної діагностики пальпованих вузлових утворень; несе значну додаткову інформацію під час візуалізації елементів структури МЗ на щільному фоні.

На кафедрі біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки був розроблений унікальний фантом на базі використаного екзопротезу молочної залози (МЗ) від ортопедичного науково-виробничого реабілітаційного центру «Ормес» для проведення тренінгових ультразвукових досліджень грудей з різними типами патологій. У фантом молочної залози були поміщені моделі різних патологічних джерел з різними фізичними властивостями матеріалів до відбиття звукового сигналу та імітації ехогенності тканин органу. З метою позначення локалізації патологічного процесу у фантомі МЗ необхідно їх умовно розділити на чотири квадрати: верхній-зовнішній, верхній-внутрішній, нижній зовнішній і нижній-внутрішній (рис. 1). До патологій тканин молочної залози можна віднести: фіброаденоми, атероми, ліпоми, атероми, галактоцеле, судинні пухлини, а також злоякісні ураження: найчастіше – пухлини епітеліальної (різні форми раку) і сполучнотканинної природи (різновид сарком).

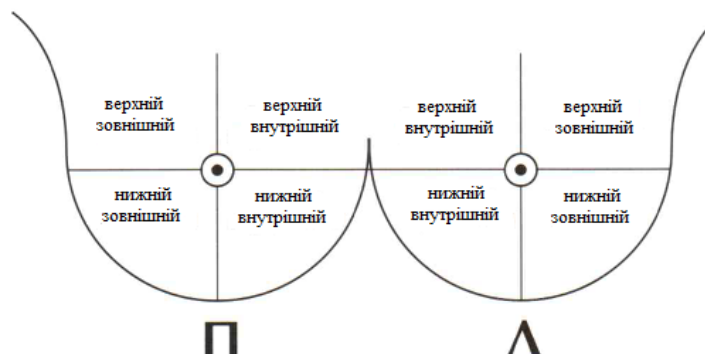


Рисунок 1 – Позначення квадрантів молочних залоз для поміщення у фантом різної природи патологій.

Ультразвуковий фантом молочної залози був виготовлений з силіконового гелю тілесного кольору в оболонці з поліуретанової плівки, а для, поміщених всередину, чужорідних об'єктів були використані такі матеріали: плексиглас, парафін, кераміка, гума, латекс (рис. 2) із використанням навчального ультразвукового діагностичного сканеру європейського рівня MEDELKOM SLE-101PC. Були розроблені 4 грудні фантоми з імітацією мастопатії, кісти, фіброаденоми, раку МЗ для визначення чужорідних складових під час ультразвукової візуалізації, розрахунок їх параметрів та дослідження фізичних властивостей проходження ультразвуку через синтетичні матеріали, котрі за своїми акустичними характеристиками нагадують сполучну, жирову, епітеліальну тканини.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд використаного екзопротезу молочної залози симетричної краплеподібної форми від ОНВРЦ «Ортек» для розробки ультразвукового тренінгового фантому з різними типами патологій.

**ВИСНОВКИ.** Таким чином, використання розроблених акустичних фантомів штучних органів при проведенні тренінгових ультразвукових досліджень студентами надає змогу підвищити якість фахової підготовки біомедичних інженерів, а наочність навчального матеріалу дисциплін сприяє покращенню їх рівня викладання та набуття практичних навичок.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Семенець В. Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес / В.Семенець, В.Каук, О.Аврунін // Вища школа. – № 5. – 2009. – С.40 – 57.
2. Костін Д.О. Разработка динамического фантома для обучения работе студентов и медицинского персонала с диагностическими ультразвуковыми аппаратами / Д.О. Костін, С.А. Худасва, М.Ю. Тимкович // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів", 2018.– С. 96-97.
3. Костін Д. О. Навчальний фантом опору шкіри людини для дослідження пристроїв низькочастотної терапії / Д. О. Костін // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: тези доп. II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Київ, 10 березня 2020 р.). – Київ, 2020. – 118 с. – С. 34-36.
4. Семеренко Ю. О. Можливості використання сучасних графічних бібліотек у спеціалізованих онлайн-віртуальних імітаційних тренажерах / Ю. О. Семеренко, К. Г. Селіванова // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2020. – 216 с. – С. 179–180.
5. Селіванова К. Г. Використання графічних планшетів та мультимедійних технологій у викладанні електросхемотехнічних дисциплін в умовах дистанційної освіти : дис. – ТОВ «Друкарня Мадрид», 2021.
6. Селіванова К. Г. Проектування тренінгової системи для дистанційного навчання студентів цивільної авіації з використанням технологій віртуальної реальності / К. Г. Селіванова, О. І. Соловійова, Ю. О. Семеренко // Авіація, промисловість, суспільство : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Кременчук, 12 трав. 2021 р.): у 2 ч. / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2021. – Ч. 1. – 576с. – С. 236-237.
7. Селиванова К.Г. Виртуальный тренажер для развития мелкой моторики рук / К.Г. Селиванова, В. Худайбердиев // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения: материалы Всеукр. наук.-техн. конф.– Х.: ФОП Панов А.М., 2016. – С.68-69.
8. Трубочанінов Р. М. Сучасний стан розробки віртуальних лабораторій для дистанційної освіти / Р. М. Трубочанінов, М. Ю. Тимкович // 25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2021. – 192 с.– С. 171-172.

9. Аврунин, О.Г. Возможности разработки виртуальных лабораторных работ для изучения микропроцессорных систем / Аврунин О.Г., Бых А.И., Семенец В.В. // "Технічна електродинаміка", 2009 – Тем. Випуск «Силовa електроніка та енергоефективність» – Том 1 – С. 109-112.

10. Селиванова К. Г. Внедрение multi-touch технологии для реализации интерактивного тестирования в психоневрологии / К. Г. Селиванова, М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин // Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів : матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції. – Кременчук : КРНУ, 2018. – 236 с. – С. 121– 122.