

## **Розробка широкосмугового акустичного вушного ехо-спектрометра та нової ефективної програми універсального аудіологічного скринінгу новонароджених**

## **Разработка широкополосного акустического ушного эхо-спектрометра и новой эффективной программы универсального аудиологического скрининга новорожденных**

## **Development broadband acoustic ear echo spectrometer and new effective program of universal audiological screening of newborns**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0116U003795,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Найда С.А., Найда С.А., Naida Sergey A.**
- 3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Розроблено експериментальний зразок нового приладу для об'єктивної діагностики слуху людини - широкосмуговий акустичний вушний ехо-спектрометр. Розроблено нову програму універсального аудіологічного скринінгу новонароджених, яка включає в себе визначення за допомогою широкосмугового акустичного вушного ехо-спектрометра: фактору норми середнього вуха; відношення імітансу на частотах зондового сигналу до імітансу на резонансній частоті середнього вуха в децибелах, що дає криву аудіометричного нуля для окремого новонародженого, аналогічну статистичній кривій для аудіометра, але зі значно вищою точністю; значення імітансу на резонансній частоті середнього вуха, що дає коефіцієнт відбиття від барабанної перетинки, коефіцієнт підсилення тиску в ланцюзі слухових кісточок, та їх важільне відношення, значення площі барабанної перетинки. Вперше встановлено, що найбільш виступаюча форманта звуку "а", у матері і у дитини, співпадає з резонансною частотою середнього вуха в нормі, що є основою для нового експрес-методу контролю слуху новонародженого. Проведено експериментальні дослідження спектрів сигналів затриманої викликаної отоакустичної емісії вуха людини, та отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення біологічних об'єктів.

**(рос.)**

Разработан экспериментальный образец нового прибора для объективной диагностики слуха человека - широкополосный акустический ушной эхо-спектрометр. Разработана новая программа универсального аудиологического скрининга новорожденных, которая включает в себя определение с помощью широкополосного акустического ушного эхо-спектрометра: фактора нормы среднего уха; отношение иммитанса на частотах зондового сигнала к иммитансу на резонансной частоте среднего уха в децибелах, что дает кривую аудиометрического нуля для отдельного новорожденного, аналогичную статистической кривой для аудиометра, но со значительно большей точностью; значение иммитанса на резонансной частоте среднего уха, которое дает коэффициент отражения от барабанной перепонки, коэффициент усиления давления в цепи слуховых косточек, и их рычажное отношение, значение площади барабанной перепонки. Впервые установлено, что наиболее выступающая форманта звука "а", у матери и у ребенка, совпадает с резонансной частотой среднего уха в норме, которая является основой для нового экспрес-метода контроля слуха новорожденного. Проведены экспериментальные исследования спектров сигналов задержанной вызванной отоакустической эмиссии уха человека, и отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения биологических объектов.

**(англ.)**

The experimental sample of a new device for objective diagnosis of human hearing is developed - a broadband acoustic ear echo-spectrometer. A new program for universal audiological screening of newborns has been developed, which includes the definition with the help of a broadband acoustic ear echo-spectrometer: the middle ear rate factor; the ratio of the immittance at the frequencies of the probe signal to the immittance at the resonant frequency of the middle ear in

decibels, which gives an audiometric zero curve for a single newborn, similar to the statistical curve for the audiometer, but with much greater accuracy; the value of immittance at the resonant frequency of the middle ear, which gives the reflection coefficient from the tympanic membrane, the pressure gain in the chain of the auditory ossicles, and their leverage ratio, the value of the eardrum area. It was first established that the most prominent formant of sound "a", in the mother and in the child, coincides with the resonant frequency of the middle ear in the norm, which is the basis for the new express method of hearing control of the newborn. Experimental studies of the spectra of signals of delayed induced otoacoustic emission of the human ear, and otoacoustic emission at the frequency of the product of distortion of biological objects are carried out.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент України на корисну модель № 107139. Спосіб визначення тонових, шумових та паузних ділянок мовного сигналу / Ладошко О. М., Дідковський В. С., Продеус А. М.; № u201511068, 25.05.2016. <http://uapatents.com/4-107139-sposib-viznachennya-tonovikh-shumovikh-ta-pauznikh-dilyanok-movnogo-signalu.html>

- Патент України на корисну модель № 110918. Мікрофонний зонд для вимірювання інтенсивності звуку / Дідковський В. С., та інш.; заявник НТУУ "КПІ", № u201604017, 25.10.2016. <http://uapatents.com/4-110918-mikrofonnijj-zond-dlya-vimiryuvannya-intensivnosti-zvuku.html>

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Робота відповідає світовому рівню. Українська програма універсального аудіологічного скринінгу новонароджених, та ширококутовий акустичний ехо-спектрометр для її реалізації, які запропоновані в роботі, оснований виключно на відкритті авторами роботи: формули середнього вуха і принципу відбивання звуку від барабанної перетинки; генетичного зв'язку між формантами звуку "а" та обома резонансними частотами; вродженого дефекту слуху (викликаного мутантним геном WFS1), вимірюваного з точністю, яка набагато більше, ніж точність вимірювання "аудіологічного нуля" в суб'єктивній аудіометрії; розділу спектра звуку на інтегруючі частотні групи (критичні смуги) виключно в завитку; того, що формула середнього вуха є константою, яка об'єднує між собою як фізичні, так і геометричні параметри вуха; існування рецепторів звукового тиску на барабанній перетинці; механізму виникнення отоакустичної емісії.

В ширококутовому акустичному ехо-спектрометрі вимірюється коефіцієнт відбивання звукового імпульсу від барабанної перетинки як функція частоти, що забезпечує підвищення достовірності діагностики патологій середнього вуха новонароджених, і робить можливим проведення діагностики в реальному часі.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Ефективність використання отриманих результатів визначається тим, що ширококутовий акустичний ехо-спектрометр містить звукопровід, що виключає необхідність застосування додаткової пневмосистеми, як у аналога - скринінгового імпедансметра.

Для визначення економічної ефективності розробки проведені розрахунки на прикладі порівняння вартості виготовлення імпедансметра та розробленого ширококутового акустичного ехо-спектрометра при тиражності 1000 штук:

- вартість скринінгового імпедансметра (МАІСО МІ 24, МАІСО МІ24С ) складає 127тис.грн.

- вартість ширококутового акустичного ехо-спектрометра складає 11 000 грн.

Отже, вартість нового приладу нижча за базовий варіант більше ніж в 10 разів.

Крім того, найбільш важливі технічні характеристики (ширина смуги частот, точність діагностики) широкосмугового акустичного ехо-спектрометра, створеного за методологією роботи, будуть перевищувати аналогічні характеристики існуючих аналогів.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Міністерство охорони здоров'я України, Державне підприємство «Київський науково-дослідний інститут Гідроприладів» (Державний концерн «Укроборонпром»), ДУ «Інститут педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України», ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України», а саме:

1. Комплект технічної документації на широкосмуговий акустичний вушний ехо-спектрометр: схема електрична структурна, схема електрична принципіальна; схема електрична з'єднання (монтажна), складальне креслення та деталювання акустичної частини ехо-спектрометра (Державне підприємство «Київський науково-дослідний Інститут Гідроприладів» (Державний концерн «Укроборонпром»)).

2. Експериментальний зразок широкосмугового акустичного вушного ехо-спектрометра (ДУ «Інститут педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України»).

3. Методика програми універсального аудіологічного скринінгу новонароджених (ДУ «Інститут педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України»).

4. Методика розшифровки спектрів сигналів затриманої викликаної отоакустичної емісії та отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення (ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України»).

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено, створено і досліджено експериментальний зразок широкосмугового акустичного ехо-спектрометра. Можлива розробка дослідно-промислових зразків діагностичного аудіологічного обладнання нового покоління, які можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Розроблений широкосмуговий електроакустичний тракт впроваджено на ДП «Київський НДІ гідроприладів» (Державний концерн «Укроборонпром»). Розроблені широкосмуговий акустичний вушний ехо-спектрометр та програма універсального аудіологічного скринінгу новонароджених впроваджені в ДУ «Інститут педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України». Розроблений метод обробки спектрів ехо-сигналів отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення біологічних об'єктів впроваджено в ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України».

Результати роботи впроваджено у навчальний процес у вигляді нової спеціалізації кафедри акустики та акустoeлектроніки «Акустичний моніторинг, біо- та психоакустика», 4 нових лекційних курсів: «Медичні та біоакустичні прилади і системи», «Психоакустика», «Комп'ютерна обробка акустичних сигналів», «Основи аналітичної механіки та теорії коливань». В рамках навчальної дисципліни «Медичні та біоакустичні прилади і системи» розроблено новий цикл з 14 лабораторних робіт. Захищено 5 кандидатських та 9 магістерських дисертацій.

**10. Форма участі інвестора:** частка від прибутку 20%.

**11. Обсяг інвестицій** 30,000 тис. доларів США.

**12. Мета інвестицій** розширення виробничої бази та налагодження дослідного виробництва широкосмугових акустичних ехо-спектрометрів.

**13. Назва організації, телефон, E-mail**

#### 14. Фото розробки



Вушний ехо-спектрометр: електрична частина



Вушний ехо-спектрометр: акустична частина з окремими мікрофоном та телефоном, які розміщені в шумозахичених акустичних камерах



Робоче місце для вимірювання параметрів слухової системи людини в заглушеній акустичній камері кафедри акустики та акустоелектроніки КПІ ім.Ігоря Сікорського

#### **15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки**

1. V.S. Didkovskiy, S.A. Naida. Building-up principles of auditory echoscope for diagnostics of human middle ear. Radioelectronics and Communications Systems, 2016, V. 59, No. 1, p. 39-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.3103/S0735272716010039>
2. Sergey Naida, Olha Pavlenko. The Ratio of Standard Ear Tympanogram and the Area of the Eardrum // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer

Engineering (UKRCON), Conference Proceedings, May 29 – June 2, 2017, Kyiv, Ukraine. P.284-287. DOI: <https://doi.org/10.1109/UKRCON.2017.8100493>

3. Найда С.А., Найда М.С. Метод універсального аудіологічного скринінгу новонароджених // Electronics and Communications, V.22, №2, 2017. –С.56-65. DOI: <https://doi.org/10.20535/2312-1807.2017.22.2.96834>

4. Найда С.А., Лозенко Е. Р. Электроакустический зонд широкополосного ушного эхо-спектрометра для скрининга слуха новорожденных // Electronics and Communications, V. 22, №1, 2017. –С.38-44. DOI: <https://doi.org/10.20535/2312-1807.2017.22.1.94979>

5. Широкопasmовий аудіологічний скринінг слуху людини: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.08 - Прикладна акустика та звукотехніка / Зубченко Ольга Олексіївна (науковий керівник д.т.н., проф. Найда С.А.); Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". - Київ, 2016. - 21 с.

6. Медичні та біоакустичні прилади і системи: Підручник з грифом "Затверджено Вченою радою Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (Протокол № 7 від 26.06.2017 р.). / С.А. Найда, Т.М. Желяскова. - К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. -269с.

7. Найда С.А. Психоакустика: Навчальний посібник. -К.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2017.- 239 с. (Гриф Методичної Ради КПІ ім.Ігоря Сікорського від 23.11.2017)

8. Продеус А.М., Дідковський В.С., Дидковская М. Акустическая экспертиза и коррекция коммуникационных каналов: Монографія (Затверджено до друку Вченою радою факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол № 11/2016 від 28.11.2016 р.). - LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Deutschland, 2017, ISBN: 978-3-330-04591-0, 364 с.

9. V.S. Didkovskiy, O.V. Korzhyk, O.H. Leiko, S.A. Naida, O.V. Pavlenko. Interferencial and Focused Acoustic Antennas Directivity: Handbook, recommended by the Scientific Council of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Minutes of meeting No. 6, June 12, 2017). Edited by Professor V.S. Didkovskiy. - LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Deutschland, 2017, ISBN: 978-3-659-41076-5, 149 p.

**16. Ключові слова:** Середнє вухо, модель зв'язаних контурів, вушний ехо-спектрометр, акустична імпедансометрія, отоакустична емісія, параметр норми середнього вуха, аудіологічний скринінг новонароджених