

Розробка неінвазивної пасивної акустичної системи нового покоління для вимірювання критичних фізіологічних параметрів головного мозку та внутрішнього вуха людини

Разработка неинвазивной пассивной акустической системы нового поколения для измерения критических физиологических параметров головного мозга и внутреннего уха человека

Development of a new generation of non-invasive passive acoustic system for measuring critical physiological parameters of the human brain and inner ear

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0118U003533,**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Найда С.А., Найда С.А., Naida Serhii.**
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Розроблено неінвазивну акустичну систему нового покоління для вимірювання критичних фізіологічних параметрів головного мозку та завитки внутрішнього вуха людини, яка включає в себе: динамічний, що працює в реальному масштабі часу, одноканальний пасивний акустотермометр з фокусуванням, який реєструє власне теплове акустичне випромінювання тіла людини в мегагерцевому діапазоні, і є безпечним для неї, і призначений для неінвазивного визначення глибинної температури головного мозку людини та завитки внутрішнього вуха людини; комп'ютерний комплекс, з електроенцефалографом та головними телефонами, для визначення частоти та потужності ритмів головного мозку, та реалізації неінвазивного акустичного методу терапії за допомогою складних аудіо-сигналів. Для експериментального дослідження акустичної системи авторами розроблено оригінальні вимірювальні засоби, а саме, високочастотний ватметр та акустичний радіометр. Проведено дослідження за допомогою методу визначення біоелектричної активності мозку, яке дозволило вперше встановити підвищення альфа- та тета- хвильової активності мозку у пацієнтів з легеневою патологією. Виявлено, що правильно підібрані аудіо-сигнали покращують головний показник бронхіального дерева. На основі розробленої моделі слухової системи, з урахуванням спектрального складу аудіо-сигналів, проведено дослідження їх впливу на когнітивну функцію неокортексу головного мозку людини. Проведено кількісну оцінку взаємозв'язку між частотними характеристиками електричної активності головного мозку та динамікою коефіцієнту концентрації уваги під впливом аудіо-сигналів різного компонентного складу. Вперше встановлено найбільш виражені частоти аудіо-сигналів, які викликають характерні зміни потужності та частоти ритмів головного мозку людини.

(рос.)

Разработана неинвазивная акустическая система нового поколения для измерения критических физиологических параметров головного мозга и улитки внутреннего уха человека, которая включает в себя: динамический, работающий в реальном масштабе времени, одноканальный пассивный акустотермометр с фокусировкой, который регистрирует собственное тепловое акустическое излучение тела человека в мегагерцевом диапазоне, и является безопасным для него, и предназначен для неинвазивного определения глубинной температуры головного мозга человека и улитки внутреннего уха человека; компьютерный комплекс, с электроэнцефалографом и головными телефонами, для определения частоты и мощности ритмов головного мозга, и реализации неинвазивного акустического метода терапии с помощью сложных аудио-сигналов. Для экспериментального исследования акустической системы авторами разработаны оригинальные измерительные средства, а именно, высокочастотный ватметр и акустический радиометр. Проведено исследование с помощью метода определения биоэлектрической активности мозга, которое позволило впервые установить повышения альфа - и тета - волновой активности мозга у пациентов с легочной патологией. Выведено, что правильно подобранные аудио-сигналы улучшают главный показатель бронхиального дерева. На

основе розробленої моделі слухової системи, з урахуванням спектрального складу аудіосигналів, проведено дослідження їх впливу на когнітивну функцію неокортекса головного мозку людини. Проведено кількісну оцінку взаємозв'язку між частотними характеристиками електричної активності головного мозку та динамікою коефіцієнта концентрації уваги під впливом аудіосигналів різного компонентного складу. Вперше встановлено найбільш виражені частоти аудіосигналів, які викликають характерні зміни потужності та частоти ритмів головного мозку людини.

(англ.)

A new generation of non-invasive acoustic system has been developed for measuring critical physiological parameters of the brain and human inner ear snail, which includes: Dynamic, real-time, single-channel passive acoustic thermometer with focus, which records its own thermal acoustic radiation of the human body in the megahertz range, and is safe for it, and is intended for non-invasive determination of deep temperature of the human brain and snail of the inner ear of the human; Computer complex, with electroencephalograph and headsets, for determination of frequency and power of brain rhythms, and implementation of non-invasive acoustic method of therapy with the help of complex audio-signals. For the experimental study of the acoustic system, the authors have developed original measuring means, namely, a high-frequency wattmeter and an acoustic radiometer. A study was carried out using a method of determining bioelectric brain activity, which allowed for the first time to establish increases in alpha and tat wave brain activity in patients with pulmonary pathology. It has been found that correctly selected audio signals improve the main indicator of bronchial tree. Based on the developed model of auditory system, taking into account spectral composition of audio signals, their influence on cognitive function of human brain neocortex was investigated. The relationship between frequency characteristics of brain electric activity and dynamics of attention concentration coefficient under the influence of audio signals of different component composition was quantified. For the first time, the most pronounced frequencies of audio signals are established, which cause characteristic changes in the power and frequency of human brain rhythms.

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

- Найда С.А., Дідковський В.С., Паренюк Д.В., Найда М.С. Слуховий апарат. Пат. України на корисну модель № 135195, МПК (2018.01)A61F 11/04.- № u201812714, 21.12.2018, власник КПІ ім.Ігоря Сікорського. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1365747/>
- Найда С.А., Дідковський В.С., Паренюк Д.В., Найда М.С. Спосіб діагностики слуху людини. Пат. України на корисну модель № 137653, МПК (2006.01)A61B 5/12.- № u201905651, 24.05.2019, власник КПІ ім.Ігоря Сікорського. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1387919/>

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Робота відповідає світовому рівню. В акустотермометрі використано п'єзоприймач з фокусуванням, що дозволило проводити вимірювання температури внутрішнього вуха людини одночастотним одноканальним методом без апріорного знання частотно-залежних коефіцієнтів поглинання, як у аналогів. Доведено, що при використанні акустичної лінзи, основний вклад в сумарний сигнал на виході п'єзоприймача дає корельована компонента теплового випромінювання з області фокуса (може значно перевищувати власні шуми п'єзоперетворювача). Тим самим забезпечено збільшення відношення напруг, обумовлених акустичною складовою та власними шумами п'єзопластини, і, відповідно, точності вимірювання внутрішньої температури.

Запропоновано новий спосіб модуляції шумового сигналу з біологічного об'єкта в приймачі акустичної системи. В класичних модуляційних акустотермометрах з цією метою використовується диск з отворами, що обертається з частотою 10 Гц. У випадку фокусування на глибину внутрішнього вуха людини п'єзоприймача механічну модуляцію здійснити

неможливо, тому в роботі запропоновано оригінальне схемотехнічне рішення, згідно якого в схему введений електронний комутатор, який періодично, перемикає вхід підсилювача високих частот з п'єзоприймача на імітатор шуму, що має таку ж, як і п'єзоприймач амплітудно-частотну характеристику, а також близьке значення середньоквадратичної напруги на виході.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Ефективність використання отриманих результатів визначається тим, що застосування електронної комутації п'єзоприймача і шумового еталона дозволило виключити зі схеми акустичної системи блок механічного модулятора, що використовується у аналогів. Це значно знизило вартість системи та підвищило її надійність.

Для визначення економічної ефективності розробки проведені розрахунки на прикладі порівняння вартості виготовлення багаточастотної акустичної системи з механічним модулятором та запропонованої одночастотної системи з фокусуючою акустичною лінзою та електронною комутацією при тиражності 1000 штук:

- вартість аналога складає 15 000 грн.

- вартість розробленої акустичної системи складає 5000 грн.

Отже, вартість нового приладу нижча за базовий варіант в 3 рази.

Таким чином, в результаті виконання роботи розроблена та впроваджена в медичну практику вітчизняна медична акустична система нового покоління з фокусуванням ультразвукового пучка в режимах випромінювання і прийому, яка за своїми характеристиками, роздільною здатністю та точністю, знаходиться на рівні кращих світових зразків.

Розроблений метод музичної терапії за допомогою складних аудіо-сигналів також може бути широко застосований при стрес-асоційованих розладах здоров'я, насамперед у учасників збройного конфлікту. Поскілки, він реалізується без значних капіталовкладень зі сторони лікувального закладу, бо використовує наявне обладнання – вітчизняний комп'ютерний електроенцефалограф “BrainTest-16” (ТОВ НВП “ДХ-системи”, Україна, м. Харків), і може бути рекомендований, після клінічних випробувань, для широкого використання в клінічній практиці.

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

Міністерство охорони здоров'я України, Міністерство оборони України, ДУ “Інститут педіатрії, акушерства і гінекології НАМН України”, ДП “Київський НДІ Гідроприладів” (Державний концерн “Укроборонпром”), а саме:

1. Комплект технічної документації на розроблений широкосмуговий електроакустичний тракт (ДП “Київський НДІ Гідроприладів” (Державний концерн “Укроборонпром”));

2. Методика терапії за допомогою складних аудіосигналів для пацієнтів з легеневою патологією впроваджено (Державна установа “Інститут педіатрії, акушерства і гінекології” (м.Київ));

3. Методика психо-фізіологічної реабілітації учасників збройного конфлікту (ДУ “ННЦ “Інститут кардіології імені академіка М.Д.Стражеска” НАМН України)

4. Методика вимірювання вібро-акустичних параметрів протезів слухових кісточок вуха людини (ДУ “Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України”)

8. Стан готовності розробки.

Розроблено, створено і досліджено експериментальний зразок акустичної системи. Можлива розробка дослідно-промислових зразків діагностичного акустичного 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”). Розроблений метод

терапії за допомогою складних аудіосигналів для пацієнтів з легеневою патологією впроваджено в Державній установі “Інститут педіатрії, акушерства і гінекології” (м.Київ). Розроблений акустичний метод психо-фізіологічної реабілітації учасників збройного конфлікту впроваджено в ДУ "ННЦ "Інститут кардіології імені академіка М.Д.Стражеска" НАМН України. Розроблений метод вимірювання вібро-акустичних параметрів протезів слухових кісточок вуха людини впроваджено в ДУ “Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України” (**підтверджено 3 актами впровадження та 3 договорами:** договір № 155/16 від 22.11.2016 р. (додаткова угода №4 від 11.06.2019 р.) між КПІ ім.Ігоря Сікорського та ДП “Київський НДІ Гідроприладів” (Державний концерн “Укроборонпром”) “Ширококутні випромінюючі та приймаючі тракти акустичних приладів”, обсяг 50,00 тис. грн.; договір (жовтень 2019 р.) між КПІ ім.Ігоря Сікорського та ДП ДГЗП "Спецтехноекспорт" "Основи гідроакустичних вимірювань", обсяг 250,00 тис.грн.; договір № Н/2200/04 від 27.02.2019 р. між КПІ ім.Ігоря Сікорського та ДУ “Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломийченко НАМН України”, **загальний обсяг отриманих коштів 300,00 тис.грн.**).

Результати роботи впроваджено у навчальний процес кафедри акустики та акустoeлектроніки у вигляді нової спеціалізації “Акустичний моніторинг, біо- та психоакустика”, та нової освітньої програми “Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації”, 2 нових лекційних курсів: “Фізична акустика: Медичні пасивні акустичні системи нового покоління”, “Акустика слуху”. В рамках навчальної дисципліни “Медичні та біоакустичні прилади та системи” розроблено новий цикл з 9 лабораторних робіт.

Отримано грант Erasmus + (credit mobility) для подвійного диплому Магістра у галузі Акустoeлектроніки студентом 6 курсу групи ДГ - 61м кафедри акустики та акустoeлектроніки Волковим Д.Д., Університет Ле Ман (Universite du Maine) м. Ле Ман, Французька Республіка з 01.01.2018р. по 31.05.2018р. (5 місяців, 123,20 тис.грн.) (науковий керівник проф. Найда С.А.), була захищена магістерська дисертація “Performance estimation of an audio system with nonlinear cancelation”, науковий керівник проф. Найда С.А.

Отримано грант EMV Foundation (академічна мобільність за кордоном) для подвійного диплому Магістра за спеціальністю 171 Електроніка, спеціалізацією Акустичні мультимедійні технології та системи студентом 6 курсу групи ДГ-71мн кафедри акустики та акустoeлектроніки Іотовим Ю.В., Університет Ле Ман (Universite du Maine) м. Ле Ман, Французька Республіка з 08.09.2018р. по 30.06.2019 р. (10 місяців, 246,40 тис.грн.) (науковий керівник проф. Найда С.А.) , наказ №3419-с від 07.09.2018 р. по КПІ ім.Ігоря Сікорського, була захищена магістерська дисертація “Active Noise Control at low frequencies for Open Air events”, науковий керівник проф. Найда С.А.

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

11. Обсяг інвестицій 80,00 тис. доларів США.

12. Мета інвестицій розширення виробничої бази та налагодження дослідного виробництва акустичних діагностичних систем нового покоління.

13. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, НДІ електроніки та мікросистемної техніки,
(044) 236-96-76, d.tatarchuk@kpi.ua

14. Фото розробки



Експериментальний зразок неінвазивної акустичної системи з фокусуванням



П'єзоелектричний перетворювач з фокусувальною акустичною лінзою



Розроблена акустична система вимірювання критичних фізіологічних параметрів головного мозку та завитки внутрішнього вуха людини, яка включає в себе: динамічний одноканальний пасивний акустотермометр з фокусуванням та комп'ютерний електроенцефалограф, в заглушеній акустичній камері кафедри акустики та акустоелектроніки КПІ ім.Ігоря Сікорського

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Sergey Naida, Nikita Naida, Vitalii Didkovsky, Olha Pavlenko. Spectral Analysis of Sounds by Acoustic Hearing Analyzer // Proc. of IEEE 39th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 421-424, 16-18 April 2019, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2019.8783915>
2. Sergey Naida, Olha Pavlenko. Coupled Circuits Model in Objective Audiometry. Proc. of IEEE 38th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 281-286, 24-26 April 2018, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477557>
3. Sergey Naida, Nikita Naida, Vitalii Didkovsky, Olha Pavlenko. Objective Audiometry Based On The Formula Of The Middle Ear Parameter: A New Technique For Researches And Differential Diagnosis Of Hearing// Proc. of IEEE 39th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 425-428, 16-18 April 2019, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2019.8783502>
4. S. Naida, V. Didkovsky, V. Zaets. Experimental Study into the Helmholtz Resonators' Resonance Properties over a Broad Frequency Band // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, pp. 34-39, 1/5 (97), 2019. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155417>
5. Sergey Naida, Olha Pavlenko. Newborn Hearing Screening Based on the Formula for the Middle Ear Norm Parameter. Proc. of IEEE 38th Int. Sc. Conf. Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 287-291, 24-26 April 2018, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477495>
6. Дамарад А.В., Найда С.А. Визначення резонансних частот слухової системи людини за допомогою об'єктивних методів дослідження слуху // Мікросистеми, Електроніка та Акустика. Т.24, №1, 2019. – С. 72-78. DOI: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.1.165813>
7. С. А. Найда, Т.М. Желяскова. Фізична акустика: Медичні пасивні акустичні системи нового покоління [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації» / С. А. Найда, Т.М. Желяскова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 118 с. (Гриф надано методичною радою КПІ ім.Ігоря Сікорського)
8. С. А. Найда, Т. М. Желяскова. Медичні та біоакустичні прилади та системи: Лабораторний практикум. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 Електроніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; – Електронні текстові дані (1 файл: 5,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 108 с. (Гриф надано методичною радою КПІ ім.Ігоря Сікорського (протокол № 2 від 31.10.2019р.))
9. Ляшко Д.О., Найда С.А. Дослідження спектрів складних аудіо-сигналів та методика музичної терапії // Електронна та акустична інженерія. – 2019. – № 2, Т.2. – С. 58-62. <http://feltran.kpi.ua/article/download/163388/166011>
10. В.С. Гічун, А.Г. Кириченко, В.М. Корнацький, Г.В. Мясников, С.А. Найда, І.О. Осьодло, В.В. Стеблюк, А.В. Швець. Стресс-асоційовані розлади в умовах збройного конфлікту: Монографія (Міністерство оборони України, Міністерство охорони здоров'я України). Дніпро: Акцент ПП, 2019. -324 с. ISBN: 978-966-921-219-1.

16. Акустична лінза, фокусування ультразвукового пучка, акустичний термометр, ватметр, радіометр, завитка внутрішнього вуха людини, електроенцефалограф, ритми головного мозку, терапія, складні аудіо-сигнали