

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

НАЗАРКО ТАРАС ІГОРОВИЧ

УДК 612.843.3:519.21

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ ПРИ
НИЗЬКІЙ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛОВОГО ПОДРАЗНЕННЯ**

163 «Біомедична інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор, професор кафедри біотехнічних систем

Ткачук Роман Андрійович

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Рецензент: Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем

Зелінський Ігор Микитович

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 22 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 507

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. У світі швидкими темпами наростає вплив на екосистему техногенних чинників. Цей вплив викликає спочатку нейротоксикацію організму людини, спричиняючи зміну показників його функціонального стану. Тому виникає потреба створення нових та удосконалення наявних систем для об'єктивного та оперативного встановлення ризиків нейротоксикації – виявлення наявності контакту з токсикантом, ідентифікації його типу, визначення дози та ступеня впливу нейротоксиканта на показники функціонального стану людини. В зв'язку із швидким поширенням нанотехнологій зростає значення розвитку неінвазивних методів побудови високоінформативних систем для встановлення ризиків нейротоксикації наночастинками та наноструктурами. В Україні цій проблемі приділена належна увага (“Регламент створення та функціонування автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної небезпеки та стану людини”, МОНПСУ, наказ №148 від 27.03.2009 р.). Міжнародна група експертів (Environmental Health Criteria, 2001 р., документ №223) для встановлення змін фізіологічного стану людини, спричинених нейротоксикацією, рекомендує використання неінвазивних електрофізіологічних методів медичних досліджень, зокрема, методу електроретинографії (ЕРГ) – реєстрації електроретиносигналу (ЕРС), викликаного стандартним подразненням сітківки ока від джерела світла (ДС) з інтенсивністю (0.01–30) Кд·сек/м².

ЕРГ набула широкого застосування для діагностики патології ока і оцінювання стану зорового аналізатора. Вагомий внесок у розвиток електроретинографії внесли вчені: Kawasaki K., Yonemura D. (удосконалення методів та засобів подразнення сітківки ока), Arden G., Lamb T.D. (розроблення методів та засобів відбору ЕРС), Богословський А. І., Волков В.В., Шамшинова А. М., Сенякіна А. С. (модифікація методик ЕРГ досліджень) та інші.

Науково дослідні організації та промислові фірми розробляють методи і засоби та виробляють медичні системи, що застосовуються в електроретинографії: НВЕСМП “Медап” (Україна), НТЦ ”ХАИ Медика”

(Україна), МНТК” Микрохирургия глаза” й МБН (РФ), Medelek (Великобританія), Fluorochrome Inc. й Denver (США), Roland Instruments (ФРН) та інші.

Застосуванням цих систем було отримано результати (Ставицкая Т.В., Трутнева К.В., Levy G., Walsh T.J.) досліджень значних доз нейротоксикації, що викликають важкі функціональні розлади організму.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розвиток теорії побудови електроретинографічних систем з підвищенням рівня інформативності для оцінювання змін показників функціонального стану людини спричинених нейротоксикацією.

Для досягнення цієї мети необхідно розв’язати такі завдання: – проаналізувати концептуальні засади та теоретичні основи розвитку методів і побудови засобів електроретинографії та її застосувань при оцінюванні ризиків нейротоксикації та їх впливу на показники функціонального стану людини для визначення напрямку подальшого дослідження; – обґрунтувати концепцію і теоретичні та науково прикладні аспекти моделювання відбору, обробки і реєстрації електроретиносигналу для розроблення методів побудови автоматизованої ЕРГС з підвищеною інформативністю; – удосконалити структуру математичної моделі ЕРС для розвитку науково прикладних основ формування світлового подразнення сітківки ока з низькою інтенсивністю для підвищення інформативності ЕРС; – розробити метод оцінювання ЕРС, отриманих при низькій інтенсивності світлового подразнення сітківки ока з урахуванням їх динаміки та стохастичності для побудови електроретинограми з підвищеною достовірністю, віднесення її до відповідного класу за інформативними ознаками; – розробити методи оцінювання характеристик нових електроретинографічних систем, необхідних для означення та оцінювання їх інформативності, узгодити отримані оцінки зі стандартними метрологічними нормами; – побудувати прототип експертної електроретинографічної системи оцінювання ризиків нейротоксикації людини з підвищеним рівнем інформативності для верифікації результатів теоретичних досліджень, апаратного, алгоритмічного і програмного забезпечення.

Методи дослідження. Методи дослідження ґрунтуються на положеннях функціонального аналізу, теорії випадкових процесів, теорії систем, математичного та імітаційного моделювання, теорії вимірювання електричних величин, статистичної теорії ухвалення рішень та методів побудови експертних систем для розвинення теоретичних засад моделювання електроретиносигналу, побудови методів відбору, оброблення та реєстрації, ідентифікації структури та параметрів моделі ЕРС при наднизькому світловому подразненні сітківки ока.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному: розроблений метод електроретиносигналу можливо використовувати для при низькій інтенсивності світлового подразнення.

Апробація. Окремі результати роботи доповідалися на конференції «Світлотехніка і електроенергетика», (Яремче, 30 січня – 2 лютого. 2018)

Структура роботи. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених 92 сторінках, списку використаних джерел з 50 назв на 5 сторінках, додатків на 2 сторінках, загальний обсяг роботи становить 99 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів дипломної роботи на науково-технічній конференції.

У першому розділі «Аналіз існуючих методів і засобів оброблення електроретиносигналу» проаналізовано концептуальні засади теоретичних основ і методів побудови засобів електроретинографії та досягнутого рівня інформативності необхідного для оцінювання змін показників функціонального стану спричинених нейротоксикацією.

На підставі аналізу відомих досліджень встановлено, що можливість спостереження та реєстрації потенціалу, викликаного ДС подразнення сітківки

ока, отримано завдяки застосуванню електронних підсилювачів (Karpe G.). Ширина смуги частот модуля характеристики передачі підсилювача та його форма, відношення потужностей ЕРС/шум на виході підсилювача, що необхідно для інформативного спостереження ЕРС, визначалися потребою ідентифікації патологічного стану ока та зорового аналізатора і реальним станом розвитку техніки.

У другому розділі «Математична модель електроретиносигналу» розвинуто теорію та науково-прикладні основи математичного моделювання відбору, фільтрування та реєстрації електроретиносигналу і застосування автоматизованих методів його оброблення і оцінювання для побудови ЕРГ з вищою інформативністю при наднизькій інтенсивності подразнення сітківки ока.

Для забезпечення низької інтенсивності I подразнення світлом сформульовано відповідну задачу визначення величини енергії $|U^2|$ світлової хвилі функції U на сітківці ока при поширенні її від ДС із заданою інтенсивністю електромагнітного випромінювання (ЕМВ) через середовища рогівки, передню камеру, кришталик, скловидне тіло для врахування дифракції на структурах із різкими краями. Використано результати інтерференції ЕМВ при поширенні первинного потоку ДС через зіницю ока, де застосовано принцип Гюйгенса-Френеля для врахування інтерференції полів вторинних джерел, що описується розв'язком хвильового рівняння (інтегралом Кіргофа). Визначено результат дифракції монохроматичної хвилі частотою на зіниці ока з радіусом a на відстані $L \gg a$, враховуючи напрям зовнішньої нормалі $[n,]$ від ДС до елемента поверхні dS .

У третьому розділі «Обґрунтування вибору методів та розроблення методики дослідження електроретиносигналу» На основі розвитку теорії та науково-прикладних аспектів математичного моделювання відбору і оброблення ЕРС в електроретинографії наведено розроблений метод оцінювання параметрів ЕРС з урахуванням його циклічності та стохастичності. Отримано результати ідентифікації структури та параметрів моделі для оцінювання інформативності ЕРГС. Визначено дисперсію

середньої спектральної густини потужності (яка є інваріантом однотипних ЕРГ) та похибок вимірювання після адаптивного оптимального фільтрування суміші стандартного ЕРС з білим гаусівським центрованим шумом та оцінювання ЕРГ “у нормі”. В результаті встановлено, що дисперсія середньої спектральної густини потужності ЕРС після проведення оптимального оброблення завжди була меншою за відповідну дисперсію до його оброблення. Визначено похибки відбору (дисперсія 0,25) й оцінювання ЕРГ (дисперсія 0,04) при адаптації фільтра до а-хвилі після оптимального оброблення, які підтверджують значне зменшення дисперсії середньої густини потужності ЕРС і похибок оцінювання ЕРГ по відношенню до відомих систем, в яких раніше застосовувалося лінійне фільтрування.

У четвертому розділі «Комп’ютерно-імітаційне моделювання електроретиносигналу» на базі обґрунтованої математичної моделі електроретиносигналу опрацьовано сигнал синфазним та компонентним методами. Використовуючи статистичний критерій Неймана-Пірсона обчислено достовірність отриманих результатів опрацювання ЕРС синфазним та компонентним методами. Розроблено комп’ютерну імітаційну модель ЕРС на базі моделі у вигляді періодично корельовано випадкової послідовності. Результати аналізу ймовірнісних характеристик імітаційної моделі підтвердили коректність імітаційного моделювання. Здійснено перевірку розробленої у розділі 2 математичної моделі ЕРС на відповідність досліджуваному сигналові.

В п’ятому розділі «Спеціальна частина» на основі застосування розвинутих теоретичних засад, які ґрунтуються на запропонованій концепції із наднизькою інтенсивністю подразнення сітківки ока ДС, проявлення стохастичності і збереження інформативних ознак електроретиносигналу наведено розроблений метод оцінювання інформативності ЕРГС, результати узгодження характеристик систем зі стандартними метрологічними нормами. Тим самим, на відміну від відомих систем, враховано дисперсії оцінювання спектральної густини потужності, які є інваріантом для однотипних ЕРГ-досліджень й забезпечують

підвищення достовірності вибору рішення про тип ЕРГ, побудовано прототип та розроблено технічні вимоги для відповідного метрологічного забезпечення дослідних зразків високоінформативної електроретинографії і поширення його на прототип експертної системи.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 32464,39грн., а кількісна оцінка науково-технічної ефективності науково-дослідної роботи, яка здійснювалася експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначалася як середньоарифметичне, складає 0,63 від максимального числа 1. Рекомендації по результатах виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено питання правильної організації робочого місця інженера дослідника, зокрема встановлює основні вимоги гігієнічного нормування на робочому місці. Розглянуто охорону праці при використанні електрообладнання, що сприяє уникненню небезпечних та надзвичайних ситуацій. У підрозділі безпека життєдіяльності розглянуто причини електротравм та дії при ураженні електричним струмом та надання першої допомоги, а також дії для запобігання електротравм.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано охорону навколишнього середовища при шумових забрудненнях, зокрема розглянуто інженерно-технічний підхід до організації охорони довкілля. Розглянуто технічні аспекти захисту навколишнього середовища від шумового забруднення, відповідно до екологічних тенденцій розвитку суспільства. Також у розділі описано методи заходи для боротьби із шумовим забруднення довкілля.

У додатках до дипломної роботи наведено текст програми у пакеті прикладних програм MATLAB 2009b для комп'ютерного імітаційного моделювання та опрацювання електроретиносигналу.

ВИСНОВКИ

В роботі розвинуто теорію і методи побудови високоінформативних електроретинографічних систем. При цьому вирішено важливу науково-прикладну проблему оцінювання ризиків нейротоксикації людини, яка спричиняє зміну показників функціонального стану, шляхом підвищення рівня його автоматизації на основі концептуального обґрунтування та розвитку нових теоретичних основ побудови методів і засобів відбору, оброблення та реєстрації ЕРС, що реалізовано отриманням таких наукових результатів:

1) Досягнуто підвищення роздільної здатності та виділено домінуючі інформативні ознаки ЕРС для побудови електроретинограми з вищим рівнем достовірності внаслідок запропонованої та обґрунтованої концепції низької інтенсивності світлового подразнення сітківки ока;

2) Розвинуто теорію і науково-прикладні основи математичного моделювання методів відбору, оброблення та реєстрації електроретиносигналу в частині представлення електроретиносигналу в конфігураційному, фазовому і енергетичному просторі, що підвищило рівень достовірності ЕРГ;

3) Запропоновано модель електроретиносигналу при низькому світловому подразненні сітківки ока та ідентифіковано її структуру й параметри, які урахують стохастичність та циклічність його динамічних характеристик, що забезпечило оптимальність оцінювання домінуючих ознак ЕРС та досягнення вищої інформативності;

4) Розроблено метод оцінювання інформативності ЕРГС та ризиків нейротоксикації людини, яка спричиняє зміну показників функціонального стану, що дало можливість забезпечити верифікацію результатів теоретичних досліджень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Назарко Т. І. Використання електроретинографічних систем для оцінки нейротоксикації людини/ Т. І. Назарко, Р. А. Ткачук// Матеріали VI міжнародної науково-технічної конференції. «Світлотехніка й

електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 30 січня - 2 лютого 2018 року – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – С. 94.

АНОТАЦІЯ

Назарко Тарас Ігорович. Методи та засоби оброблення електроретиносигналу при низькій інтенсивності світлового подразнення.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, група РБм-61, Тернопіль, 2018.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методів та засобів оброблення електроретиносигналу при низькій інтенсивності світлового подразнення, для побудови системи корекції вимови.

Розвинуто методи та засоби необхідні для побудови прототипу експертних електроретинографічних систем у напрямку оцінювання ризиків нейротоксикації організму людини, яка спричиняє зміну показників функціонального стану.

Ключові слова: електроретинографія, електроретиносигнал, електроретинограма, електроретинографічні системи, математична модель.

ANNOTATION

Nazarko Taras. Methods and tools for electroretinographic signal processing at low intensity of light irritation.

Master's work, specializing 163 - Biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj, group RBm-61, Ternopil, 2018.

The thesis of the master's work is devoted to the development of methods and tools for electroretinographic signal processing at low intensity of light irritation, for constructing a system of pronunciation correction.

The methods and means necessary for constructing a prototype of expert electroretinographic systems in the direction of estimating the risk of neurotoxication of the human body, which causes a change in the functional status indicators, are developed.

Key words: electroretinography, electretinosignal, electroretinogram, electroretinographic systems, mathematical model