

Анатичук Л.І., *акад. НАН України*^{1,2}

Пасєчнікова Н.В., *докт. мед. наук,
член-кореспондент НАМН України*³

Науменко В.О., *докт. мед. наук*³

Задорожний О.С., *докт. мед наук*³

Назаретян Р.Е.³, Гаврилюк М.В.^{1,2}

Тюменцев В.А.¹, Кобылянский Р.Р., *канд. фіз.-мат. наук*^{1,2}

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;
e-mail: anatysh@gmail.com

²Чернівецький національний університет
ім. Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського 2,
Чернівці, 58012, Україна;

³ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії
імені В.П. Філатова НАМН України», Одеса, Україна

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ОЧЕЙ ЛЮДИНИ

У роботі наведено результати розробки термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини. Прилад призначений для лікування гострих і хронічних захворювань ока, зниження внутрішньоочного тиску, зменшення больового синдрому та запальних процесів ока. Розроблений термоелектричний медичний прилад дає можливість безконтактно охолоджувати структури ока, що дозволить розробити та впровадити технологію контрольованої локальної терапевтичної гіпотермії в офтальмології. Наведено особливості конструкції приладу, принцип роботи та його технічні характеристики. Бібл. 22, рис. 2, табл. 1.

Ключові слова: термоелектричний прилад, безконтактне охолодження, гіпотермія ока людини.

Вступ

Терапевтична гіпотермія полягає в штучному зниженні температури тіла хворого шляхом примусового відведення тепла від поверхні тіла (загальна гіпотермія) або внутрішніх органів (локальна гіпотермія) з лікувальною метою.

Локальна терапевтична гіпотермія успішно застосовується в різних галузях медицини. Наприклад, холодова кардіоплегія застосовується для захисту тканин серця під час

кардіохірургічних операцій, які виконуються в умовах штучного кровообігу, що дозволяє рівномірно знизити температуру міокарда до $(+8 \div +10)^\circ\text{C}$ [1]. Краніоцеребральну гіпотермію застосовують з метою попередження гіпоксії структур головного мозку під час нейрохірургічних операцій, а також у новонароджених, які народилися у важкій асфіксії [2]. При реконструктивних хірургічних втручаннях на судинах нирок або трансплантації нирки локальна гіпотермія дозволяє захистити її тканини від гіпоксії та запобігти розвитку ниркової недостатності в післяопераційному періоді [3].

В офтальмології локальна гіпотермія структур ока також може бути застосована для вирішення деяких терапевтичних завдань. Так, J.M. Katsimpris пропонує використовувати локальне охолодження ока для боротьби з внутрішньоочним запаленням [4]. Локальна терапевтична гіпотермія може використовуватись з метою зменшення внутрішньоочного тиску [5]. Після локального охолодження в оці відбувається збільшення кровонаповнення судинного тракту, підвищення пульсового обсягу і швидкості кровотоку, що може бути використано з протиішемічною метою при офтальмологічних захворюваннях [6]. Локальна гіпотермія у процесі вітреоретинальної хірургії ока може приводити до зменшення продукції фібрину та зниження обсягу кровотечі [7].

Штучна локальна контактна гіпотермія є досить простим способом досягнення зниження внутрішньоочної температури та на відміну від загальної гіпотермії позбавлена ризику розвитку важких ускладнень з боку внутрішніх органів, і тому її використання виглядає перспективно. Існують різні способи локального охолодження ока. Під час внутрішньоочних хірургічних втручань локальну гіпотермію ока можна створювати шляхом зниження температури іригаційних розчинів [8]. Зниження температури внутрішньоочних середовищ ока можливе, як при охолодженні безпосередньо зовнішньої поверхні рогівки, так і при впливі холоду через закриті повіки. Для контактного охолодження структур ока можна використовувати, наприклад, міхур з льодом, накладаючи його на повіки [9]. Розробка для локального контактного охолодження ока спеціальних термоелектричних пристроїв дозволяє більш ефективно та контрольовано використовувати корисні ефекти терапевтичної гіпотермії для лікування офтальмологічних захворювань [10, 11].

Відомо, що віддача тепла поверхневими тканинами тіла людини, в тому числі структурами ока, в навколишнє середовище здійснюється переважно за допомогою радіаційного випромінювання у вигляді електромагнітних хвиль інфрачервоного діапазону спектра (довжина хвилі 3-50 мкм з піком в 9.6 мкм), тобто в області довгохвильового інфрачервоного випромінювання [12]. Так, в умовах кімнатної температури $(+21 \div +23)^\circ\text{C}$ і відносній вологості (в межах 40-60 %) близько 60 % тепла відводиться з організму людини шляхом випромінювання. Близько 20 % тепла відводиться шляхом випаровування і 15-20 % – шляхом конвекції. Кондукція є ситуативною і залежить від дотику тіла з предметами навколишнього середовища [13]. Таким чином, вищезазначені особливості тепловіддачі організму людини створюють певні можливості охолодження поверхневих структур тіла безконтактним шляхом. Необхідні подальші

дослідження в цьому напрямку для розробки технології штучної безконтактної контрольованої локальної гіпотермії ока та оцінки доцільності її використання в лікуванні і профілактиці офтальмологічних захворювань.

Тому метою даної роботи є розробка конструкції та виготовлення експериментального зразка термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини.

Конструкція і технічні характеристики приладу

В Інституті термоелектрики НАН та МОН України в рамках договору про співробітництво з ДУ "Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України" було розроблено термоелектричний прилад для безконтактного охолодження очей людини (рис. 1). Технічні характеристики приладу наведено у таблиці 1.

Прилад призначений для лікування гострих і хронічних захворювань ока, зниження внутрішньоочного тиску, зменшення больового синдрому та запальних процесів ока людини. Розроблений термоелектричний медичний прилад дає можливість локально безконтактно охолоджувати структури ока, що дозволить розробити та впровадити технологію безконтактної контрольованої локальної терапевтичної гіпотермії в офтальмології [8, 14 – 20]. Такий прилад є оригінальним та не має світових аналогів.



Рис. 1. Експериментальний зразок термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини: 1 – термоелектричні модулі охолодження (ТЕМО), 2 – електронний блок керування та живлення

Таблиця

Технічні характеристики приладу

№	Технічні характеристики приладу	Значення параметрів
1.	Діапазон задання і підтримки робочих температур	(-25 ÷ +10) °С
2.	Похибка стабілізації температур, не більше	1 °С
3.	Похибка вимірювання температур, не більше	1 °С
4.	Охолодження гарячої сторони ТЕМО	рідинне, від водопровідної мережі
5.	Напруга живлення (мережа змінного струму 50 Гц)	220 ± 10 В
6.	Електрична потужність приладу, не більше	150 Вт
7.	Задання часу експозиції	(1 ÷ 10) хв
8.	Габаритні розміри охолоджуючого пристрою	(160 × 235 × 50) мм
9.	Габаритні розміри електронного блоку керування та живлення	(100 × 240 × 250) мм
10.	Можливість охолодження кожного ока окремо при загальній заданій температурі	+
11.	Наявність захисту від ураження мережевою напругою	+
12.	Довжина шлангів рідинного охолодження ТЕМО	3 м
13.	Вага приладу	1.5 кг
14.	Час виходу приладу на температурний режим	10 хв
15.	Час неперервної роботи приладу	48 год

Прилад складається з двох основних функціональних вузлів: охолоджуючого пристрою на основі термоелектричних модулів охолодження (ТЕМО) 1 та електронного блоку керування і живлення 2 (рис.1). Охолоджуючий пристрій виготовлений на основі термоелектричних модулів Пельтьє 1 [21, 22] і призначений для охолодження двох металевих поверхонь, що розташовуються у безпосередній близькості від поверхні очей людини. За рахунок обміну променистою енергією між цими поверхнями, поверхня очей людини охолоджується на кілька градусів Цельсія. Ступінь охолодження поверхні очей залежить від температури металевих теплообмінних поверхонь та часу дії процедури. Контроль температури поверхні ока при охолодженні здійснюється безконтактним термометром. Для покращення ефективності радіаційного теплообміну металеві охолоджувальні поверхні почорнені. Охолодження гарячих сторін ТЕМО здійснюється зовнішнім рідинним контуром, що підключається до водопровідної мережі. На задній панелі охолоджуючого пристрою розташовані рідинні теплообмінники (виготовлені з високотеплопровідного матеріалу – міді) зі штуцерами для підключення водопровідної мережі. Розхід води в контурі охолодження гарячих сторін ТЕМО невеликий – достатньо 2-3 л/хв при температурі води до 20°C. Крім того, охолоджуючий пристрій розміщено на штативі, що дає можливість регулювати його висоту і, відповідно, підбирати індивідуальне розміщення охолоджуючих поверхонь ТЕМО в безпосередній близькості до поверхонь очей людини.

Електронний блок 2 здійснює живлення і керування термоелектричними модулями з метою підтримки встановлених оператором значень температур, формує необхідні часові інтервали температурного впливу, здійснює вибір температурного впливу на очі пацієнта (праве око, ліве око, обидва ока), а також виконує захист пацієнта від ураження мережевою напругою в аварійній ситуації.

На передній панелі електронного блоку 2 розташовані тумблери «ВКЛ», «ПРАВЕ ОКО», «ЛІВЕ ОКО», програмований мікропроцесорний терморегулятор з електронним дисплеєм для задання та візуалізації значень температури, перемикач «ЧАС ВИТРИМКИ», кнопка «ПУСК».

На задній панелі електронного блоку 2 розташовані пристрій захисного відключення, роз'єм для підключення охолоджуючого пристрою, шнур для підключення до мережі 220 В, запобіжник 5 А.

Крім того, в конструкції приладу передбачено кріплення охолоджуючого пристрою на офтальмологічному столику. Після підключення води від водопровідної мережі до охолоджуючого пристрою і включення електронного блоку 2 в мережу 220 В прилад готовий до роботи.

В аварійній ситуації, якщо з'явиться мережева напруга на металевих деталях приладу, спрацює пристрій захисного відключення і прилад повністю відключиться від напруги. Після усунення аварійної ситуації, треба знову включити пристрій захисного відключення на задній панелі електронного блоку 2.

Блок-схема приладу

Блок-схему термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини

наведено на рис.2, де 1 – охолоджуючий пристрій, 2 – електронний блок керування і живлення, 3 – охолоджуюча поверхня, 4 – датчик температури, 5 – термоелектричний модуль охолодження (ТЕМО), 6 – рідинний теплообмінник, 7 – програмований мікропроцесорний терморегулятор, 8 – тумблер «ЛІВЕ ОКО», 9 – тумблер «ПРАВЕ ОКО», 10 – силовий блок керування ТЕМО, 11 – блок живлення, 12 – тумблер «МЕРЕЖА» – включення приладу в мережу 220 В, 13 – пристрій захисного відключення, 14 – перемикач «ЧАС ВИТРИМКИ», 15 – кнопка «ПУСК», 16 – таймер, 17 – звуковий сигналізатор.

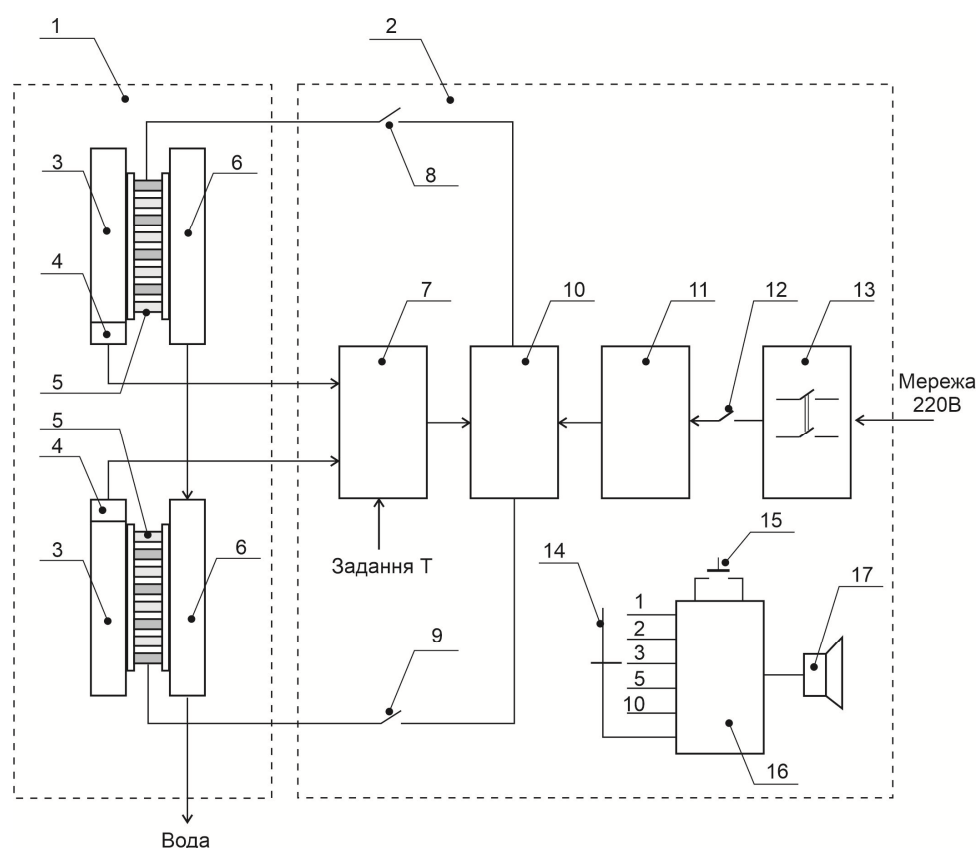


Рис. 2. Блок-схема термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини. 1 – охолоджуючий пристрій, 2 – електронний блок керування і живлення, 3 – охолоджуюча поверхня, 4 – датчик температури, 5 – термоелектричний модуль охолодження (ТЕМО), 6 – рідинний теплообмінник, 7 – програмований мікропроцесорний терморегулятор, 8 – тумблер «ЛІВЕ ОКО», 9 – тумблер «ПРАВЕ ОКО», 10 – силовий блок керування ТЕМО, 11 – блок живлення, 12 – тумблер «МЕРЕЖА» – включення приладу в мережу 220 В, 13 – пристрій захисного відключення, 14 – перемикач «ЧАС ВИТРИМКИ», 15 – кнопка «ПУСК», 16 – таймер, 17 – звуковий сигналізатор.

Принцип роботи приладу

Принцип роботи приладу полягає в безконтактному охолодженні очей людини з метою лікування гострих і хронічних захворювань ока, зниження внутрішньоочного тиску, зменшення больового синдрому та запальних процесів.

Запропонований прилад працює наступним чином (рис. 2). Оператор підключає за допомогою шлангів рідинні теплообмінники 6 до водопровідної мережі, відкриває водопровідний кран і контролює протікання води через відповідні теплообмінники. Підключає електронний блок 2 до розетки з заземленням та включає його. Потім включає тумблер 12 «МЕРЕЖА». На цифровому індикаторі програмованого мікропроцесорного терморегулятора 7 червоним кольором буде відображатися поточна температура охолоджуючих поверхонь 3, а синім кольором – значення заданої температури. Кнопками на терморегуляторі оператор задає необхідну температуру охолодження (значення підбирається експериментально). Потім оператор тумблером 8 «ПРАВЕ ОКО» включає охолодження правого ока, або тумблером 9 «ЛІВЕ ОКО» – охолодження лівого ока, або вибирає охолодження обох очей разом. Тільки після вибору відповідних тумблерів 8, 9 охолоджуючі поверхні 3 почнуть охолоджуватися. Через 5-10 хвилин температура поверхонь 3 стабілізується і зрівняється із заданою температурою. Після цього, пацієнта розміщують перед охолоджуючим пристроєм 1 таким чином, щоб його очі були на відстані 1-5 см від охолоджуючих поверхонь 3. Потім оператор перемикачем 14 «ЧАС ВИТРИМКИ» вибирає необхідну витримку (час температурного впливу) і натискає кнопку 15 «ПУСК». Після закінчення часу витримки звучить звуковий сигнал від звукового сигналізатора 17. Процедура на цьому може бути закінчена або продовжена повторним натисканням кнопки «ПУСК». На корпусі охолоджуючого пристрою 1, зверху для наглядності, є світлодіодні індикатори роботи охолоджуючих поверхонь 3.

Вказаний прилад простий, компактний та надійний в експлуатації, що дає можливість лікарю або медичному працівнику користуватися ним без спеціальної підготовки, попередньо ознайомившись з інструкцією. Таким чином, до технічних переваг такого приладу слід віднести: безконтактне охолодження поверхні очей людини у режимі реального часу, можливість задання і підтримання необхідної температури з дискретністю ± 1 °C та безпечність використання приладу.

Впровадження такого приладу в медичну практику матиме надзвичайно важливу соціальну та економічну значимість, оскільки дозволить зменшити ризик виникнення офтальмологічних ускладнень, зберегти життєздатність структур очей пацієнтів та забезпечити надання висококваліфікованої допомоги як в спеціалізованих медичних закладах, так і в екстремальних умовах. Це, в свою чергу, забезпечить належні умови для збереження здоров'я людей, підвищить ефективність та якість надання медичної допомоги в системі охорони здоров'я і стане вагомим внеском у розвиток новітньої вітчизняної медичної термоелектричної апаратури.

Слід зазначити, що для підтвердження ефективності приладу, розробки методики лікування та проведення клінічних випробувань розроблений експериментальний зразок приладу для безконтактного охолодження очей людини було передано в ДУ "Інститут очних хвороб та

тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України" у рамках договору про співробітництво. Результати клінічних випробувань приладу будуть предметом наступних публікацій по даній тематиці.

Прилад призначений для лікування гострих і хронічних захворювань ока, зниження внутрішньоочного тиску, зменшення больового синдрому та запальних процесів ока. Розроблений термоелектричний медичний прилад дає можливість локально безконтактно охолоджувати структури ока, що дозволить розробити та впровадити технологію контрольованої локальної терапевтичної гіпотермії в офтальмології.

Висновки

1. Вперше розроблено конструкцію та виготовлено експериментальний зразок термоелектричного приладу для безконтактного охолодження очей людини. Прилад призначений для лікування гострих і хронічних захворювань ока, зниження внутрішньоочного тиску, зменшення больового синдрому та запальних процесів ока людини. Запропонований прилад не має світових аналогів.
2. Розроблений термоелектричний медичний прилад дає можливість здійснювати безконтактне контрольоване охолодження поверхні очей людини в діапазоні температур (-25 ÷ +10) °C та в подальшому дозволить розробити і впровадити технологію штучної безконтактної контрольованої локальної терапевтичної гіпотермії в офтальмології.

Література

1. Fisk R.L., Gelfand E.T., Callaghan J.C. Hypothermic coronary perfusion for intraoperative cardioplegia. *Ann Thorac Surg* 1977; 23: 58-61.
2. McDowall D.G. The current usage of hypothermia in British neurosurgery. *Br J Anaesth* 1971; 43: 1084 – 1087.
3. Wickham J.E., Hanley H.G., Joekes A.M. Regional renal hypothermia. *Br J Urol* 1967; 39: 727 – 743.
4. Katsimpris J. M. Effect of local hypothermia on the anterior chamber and vitreous cavity temperature: in vivo study in rabbits / J. M. Katsimpris, T. Xirou, K. Paraskevopoulos [et al.] // *Klin. Monbl. Augenheilkd.* – 2003. – Vol.220 (3). – P. 148-151.
5. Чанчиков Г.Ф. Влияние умеренной локальной гипотермии на офтальмотонус, зрительные функции и гидродинамику глаз больных глаукомой / Г.Ф. Чанчиков, З.П. Завольская, В.И. Березникова // *Офтальмол. журнал.* – 1978. – № 8. – С. 594-597.
6. Лазаренко В.И. Влияние умеренной локальной гипотермии на гемо- и гидродинамические показатели здоровых глаз/ В.И. Лазаренко, Г.Ф. Чанчиков, И.М. Корниловский, В.Г. Гайдабуря - *Офтальмологический журнал*, 1976. - №6. - С. 419-422.
7. Jabbour N.M. Local ocular hypothermia in experimental intraocular surgery / N.M. Jabbour, C.L. Schepens, S.M. Buzney // *Ophthalmology* – 1988. – Vol.95. – P. 1685-1690.

8. Anatyshuk L. Prospects of Temperature Management in Vitreoretinal Surgery / L. Anatyshuk, N. Pasyechnikova, V. Naumenko, R. Kobylanskyi, R. Nazaretyan, O. Zadorozhnyy // *Ther. Hypothermia Temp. Manag.* – 2020. <https://doi.org/10.1089/ther.2020.0019>
9. Шиф Л.В. Применение локальной гипотермии при остром приступе глаукомы и глаукоме в терминальной стадии, осложнившейся болевым синдромом / Л.В. Шиф, А.В. Таратынова, В.А. Нейман, Н.В. Ангелова // *Офтальмол. журнал.* – 1981. – № 3. – С. 187-188.
10. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Назаретян Р.Е., Гаврилюк М.В., Тюменцев В.А., Кобилянський Р.Р. Термоелектричний прилад для гіпотермії ока людини // *Термоелектрика.* – №3. – 2019. – С. 64-73.
11. Anatyshuk L. I., Pasechnikova N. V., Naumenko V. O., Zadorozhnyi O. S., Danyliuk S. L., Navryliuk M. V., Tiumentsev V. A., & Kobylanskyi R. R. (2020). Thermoelectric device for contact cooling of the human eye. *Physics and Chemistry of Solid State*, 21(1), 140-145.
12. Вайль Ю. С. Инфракрасные лучи в клинической диагностике и медико-биологических исследованиях / Ю. С. Вайль, Я. М. Варановский. – Л.: Медицина, 1969. – 239 с.
13. Аветисов С. Э. Применение термографии в офтальмологии / С. Э. Аветисов, И. А. Новиков, Е. Э. Луцевич, Е. С. Рейн // *Вестник офтальмологии* – 2017. – № 6. – с. 99-104.
14. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Задорожний О.С., Кобилянський Р.Р., Гаврилюк М.В., Назаретян Р.Е., Мирненко В.В. Термоелектричний прилад для вимірювання внутрішньоочної температури // *Термоелектрика.* – № 3. – 2015. – С. 31-40.
15. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Задорожний О.С., Назаретян Р.Э., Мирненко В.В., Кобилянський Р.Р., Гаврилюк Н.В. Оригинальное устройство и подходы к изучению распределения температуры в различных отделах глаза // *Офтальмологический журнал.* – № 6. – 2015. – С. 50-53.
16. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Кобилянський Р.Р., Гаврилюк Н.В., Науменко В.А., Мирненко В.В., Назаретян Р.Э., Задорожний О.С. Термоелектрические датчики для регистрации внутриглазной температуры // *Сенсорна електроніка і мікросистемні технології (Sensor Electronics and Microsystem Technologies).* – Т. 13. – № 3. – 2016. – С. 30-38.
17. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Задорожний О.С., Кобилянський Р.Р., Назаретян Р.Э., Мирненко В.В., Гаврилюк Н.В. Устройство для интраокулярной термометрии и особенности распределения температуры в различных отделах глаза кролика // *Журнал НАМН Украины.* – 2016. – Т. 22. – № 1. – С. 103-108.
18. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Кобилянський Р.Р., Прибила А.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Назаретян Р.Е., Мирненко В.В. Комп'ютерне моделювання теплових процесів ока людини // *Термоелектрика.* – № 5. – 2017. – С. 41-58.
19. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Гаврилюк М.В., Кобилянський Р.Р. Термоелектричний прилад для визначення теплового потоку з поверхні очей // *Термоелектрика.* – № 5. – 2018. – С.52-67.
20. Анатичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Науменко В.А., Задорожний О.С., Кобилянський Р.Р.,

Гаврилюк Н.В. Термоэлектрическое устройство для офтальмотеплометрии и особенности регистрация плотности теплового потока глаза человека // Офтальмологический журнал. – №3. – 2019. – С. 45-51. <http://doi.org/10.31288/oftalmolz201934551>

21. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: / Л.И. Анатычук // Справочник. -К.: Наук. думка. - 1979. - 768 с.
22. Анатычук Л.И. Термоэлектричество. Т.2. Термоэлектрические преобразователи энергии. Киев, Черновцы: Институт термоэлектричества, 2003. – 376 с.

Надійшла до редакції 30.07.2020

Анатычук Л.И., *акад. НАН України*^{1,2}

Пасечникова Н.В., *докт. мед. наук,
член-корреспондент НАМН України*³

Науменко В.А., *докт. мед. наук*³

Задорожний А.С., *докт. мед наук*³

Назаретян Р.Э., *Гаврилюк Н.В.*^{1,2}

Тюменцев В.А.¹, Кобылянский Р.Р., *канд. физ.-мат. наук*^{1,2}

¹Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины,
ул. Науки, 1, Черновцы, 58029, Украина,
e-mail: anatyuch@gmail.com;

²Черновицкий национальный университет
им. Юрия Федьковича, ул. Коцюбинского, 2,
Черновцы, 58012, Украина;

³ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии
имени В.П. Филатова АМН Украины », Одесса, Украина

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГЛАЗ ЧЕЛОВЕКА

В работе приведены результаты разработки термоэлектрического прибора для бесконтактного охлаждения глаз человека. Прибор предназначен для лечения острых и хронических заболеваний глаза, снижение внутриглазного давления, уменьшение болевого синдрома и воспалительных процессов глаза. Разработанный термоэлектрический медицинский прибор дает возможность бесконтактно охлаждать структуры глаза, что позволит разработать и внедрить технологию контролируемой локальной терапевтической

гіпотермії в офтальмології. Приведені особливості конструкції приладу, принцип роботи і його технічні характеристики. Бібл. 22, рис. 2, табл. 1.

Ключевые слова: термоелектричний прилад, безконтактне охолодження, гіпотермія глаза человека.

L.I. Anatyshuk *acad. National Academy of Sciences of Ukraine*^{1,2},
N.V. Pasechnikova *doc. med. sciences, Corresponding Member of the
National Academy of medical sciences of Ukraine*³,
V.O. Naumenko *doc. med. sciences*³,
O.S. Zadorozhnyi *cand. med. sciences*³,
Nazaretian P.E.³, **Havryliuk M.V.**^{1,2},
Tiumentsev V.A.¹, **R.R. Kobylanskyi** *cand. phys.-math. sciences*^{1,2}

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1, Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine,
e-mail: anatysh@gmail.com;

²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58012, Ukraine;

³State Institution “The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue
Therapy of the NAMS of Ukraine”, Odesa, Ukraine

THERMOELECTRIC DEVICE FOR NON-CONTACT COOLING OF THE HUMAN EYES

The paper presents the results of the development of a thermoelectric device for non-contact cooling of the human eyes. The device is designed for the treatment of acute and chronic eye diseases, reducing intraocular pressure, reducing pain and inflammation of the eye. The developed thermoelectric medical device makes it possible to cool the eye structures without contact, which will allow developing and implementing the technology of controlled local therapeutic hypothermia in ophthalmology. The design features of the device, the principle of its operation and technical characteristics are described. Bibl. 22, Fig. 2, table. 1.

Key words: thermoelectric device, non-contact cooling, hypothermia of the human eye.

References

1. Fisk R.L., Gelfand E.T., Callaghan J.C. (1977). Hypothermic coronary perfusion for intraoperative cardioplegia. *Ann Thorac Surg*, 23, 58-61.
2. McDowall D.G. (1971). The current usage of hypothermia in British neurosurgery. *Br J Anaesth*, 43,

1084 – 1087.

3. Wickham J.E., Hanley H.G., Joeques A.M. (1967). Regional renal hypothermia. *Br J Urol*, 39, 727 – 743.
4. Katsimpris J. M., Xirou T., Paraskevopoulos K., et al. (2003). Effect of local hypothermia on the anterior chamber and vitreous cavity temperature: in vivo study in rabbits. *Klin. Monbl. Augenheilkd*, 220 (3), 148-151.
5. Chanchikov G.F., Zavolskaya Z.P., Bereznikova V.I. (1978). Vliianiie umerennoi lokalnoi hipotermii na ophtalmotonus, zritelnyie funktsii i gidrodinamiku glaz bolnykh glaukomoj [Influence of moderate local hypothermia on intralocular tension, visual functions and hydrodynamics of patients ill with glaucoma]. *Oftalmologicheskii Zhurnal - J. Ophthalmology*, 8, 594-597 [in Russian].
6. Lazarenko V.I., Chanchikov G.F., Kornilovskii I.M., Gaidabura V.G. (1976). Vliianiie umerennoi lokalnoi hipotermii na hemo- i hidrodinamicheskie pokazateli zdorovykh glaz [Influence of moderate local hypothermia on the hemo-and hydrodynamic parameters of healthy eyes]. *Oftalmologicheskii Zhurnal - J. Ophthalmology*, 6, 419-422 [in Russian].
7. Jabbour N.M., Schepens C.L., Buzney S.M. (1988). Local ocular hypothermia in experimental intraocular surgery. *Ophthalmology*, 95, 1685-1690.
8. Anatyshuk L., Pasechnikova N., Naumenko V., Kobyljanskyi R., Nazaretyan R., Zadorozhnyy O. (2020). Prospects of temperature management in vitreoretinal surgery. *Ther. Hypothermia Temp. Manag.* <https://doi.org/10.1089/ther.2020.0019>
9. Shif L.V., Taratynova A.V., Neiman V.A., Angelova N.V. (1981). Primeneniie lokalnoi gipotermii pri ostrom pristupe glaukomy i glaukome v terminalnoi stadii, oslozhnivsheisia bolevym sindromom [The use of local hypothermia in an acute attack of glaucoma and glaucoma in the terminal stage, complicated by pain]. *Oftalmologicheskii Zhurnal - J. Ophthalmology*, 3, 187-188 [in Russian].
10. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Naumenko V.O., Zadorozhnyi O.S., Nazaretian R.E., Havryliuk M.V., Tiumentsev V.A., Kobyljanskyi R.R. (2019). Thermoelectric device for hyperthermia of the human eye. *J. Thermoelectricity*, 3, 64-73.
11. Anatyshuk L. I., Pasechnikova N. V., Naumenko V. O., Zadorozhnyi O. S., Danyliuk S. L., Havryliuk M. V., Tiumentsev V. A., & Kobyljanskyi R. R. (2020). Thermoelectric device for contact cooling of the human eye. *Physics and Chemistry of Solid State*, 21(1), 140-145.
12. Vail Yu.S., Varanovskii Ya.M. (1969). *Infrakrasnyie luchy v klinicheskoi diagnostike i mediko-biologicheskikh issledovaniiah* [Infrared rays in clinical diagnostics and biomedical research]. Leningrad: Meditsina [in Russian].
13. Avetisov S.E., Novikov I.A., Lutsevich Ye.E., Reyn E.S. (2017). Primeneniie termografii v oftalmologii [The use of thermography in ophthalmology]. *Vestnik oftalmologii – Bulletin of Ophthalmology*, 6, 99-104 [in Russian].
14. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Zadorozhnyi O.S., Kobyljanskyi R.R., Havryliuk M.V., Nazaretian R.E., Mirnenko V.V. (2015). Thermoelectric device for measurement of intraocular temperature. *J. Thermoelectricity*, 3, 31-40.

15. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Zadorozhnyi O.S., Nazaretian R.E., Mirnenko V.V., Kobylanskyi R.R., Havryliuk N.V. (2015). Originalnoie ustroistvo i podkhody k izucheniiu raspredeleniia temperatury v razlichnykh otdelakh glaza [Original device and approaches to studying the temperature distribution in different parts of the eye]. *Oftalmologicheskii Zhurnal - J. Ophthalmology*, 6, 50-53 [in Russian].
16. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Kobylanskyi R.R., Havryliuk N.V., Naumenko V.A., Mirnenko V.V. Nazaretian R.E., Zadorozhnyi O.S. (2016). Termoelektricheskiie datchiki dlia registratsii vnutriglaznoi temperatury [Thermoelectric sensors for registration of intraocular temperature]. *Sensorna elektronika i mikrosistemni tekhnologii - Sensor Electronics and Microsystem Technologies*, 13(3), 30-38 [in Russian].
17. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Zadorozhnyi O.S., Kobylanskyi R.R., Nazaretian R.E., Mirnenko V.V., Havryliuk N.V. (2016). Ustroistvo dlia intraokuliarnoi termometrii i osobennosti raspredeleniia temperatury v razlichnykh otdelakh glaza krolika [A device for intraocular thermometry and features of temperature distribution in various chambers of the rabbit's eye]. *Zhurnal Natsionalnoi Akademii Medychnykh Nauk Ukrainy - J. of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine*, 22(1), 103-108 (in Russian).
18. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Kobylanskyi R.R., Prybyla A.V., Naumenko V.O., Zadorozhnyi O.S., Nazaretian R.E., Mirnenko V.V. (2017). Computer simulation of thermal processes in human eye. *J. Thermoelectricity*, 5, 41-58.
19. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Naumenko V.O., Zadorozhnyi O.S., Havryliuk M.V., Kobylanskyi R.R. (2018). Thermoelectric device for determination of heat flux from the surface of eyes. *J. Thermoelectricity*, 5, 52-67.
20. Anatyshuk L.I., Pasechnikova N.V., Naumenko V.A., Zadorozhnyi O.S., Kobylanskyi R.R., Havryliuk N.V. (2019). Termoelektricheskoe ustroistvo dlia oftalmoteploimetrii i osobennosti registratsii plotnosti teplovogo potoka glaza cheloveka [Thermoelectric device for ophthalmothermometry and features of registration of heat flux density of the human eye]. *Oftalmologicheskii Zhurnal - J. Ophthalmology*, 3, 45-51 [in Russian]. <http://doi.org/10.31288/oftalmolzh201934551>
21. Anatyshuk L.I. (1979). *Termoelementy i termoelektricheskiie ustroistva. Spravochnik (Thermoelements and thermoelectric devices. Handbook)*. Kyiv: Naukova Dumka [in Russian].
22. Anatyshuk L.I. (2003). *Termoelektrichestvo. T.2. Termoelektricheskiie prepobrazovateli energii [Thermoelectricity. Vol.2. Thermoelectric power converters]*. Kyiv-Chernivtsi: Institute of Thermoelectricity [in Russian].

Submitted 30.07.2020