

Для цитирования М.А. Хазамова. Разработка термоэлектрических полупроводниковых устройств для применения в медицинской практике. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020;47 (2):18-29. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-18-29

For citation: M.A. Hazamova. Development of thermoelectric semiconductor devices for medical applications. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020;47(2):18-29.(In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-18-29

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING

УДК 621.362: 537.322

DOI: 10.21822/2073-6185-2020-47-2-18-29

РАЗРАБОТКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

М.А. Хазамова

Дагестанский государственный технический университет,
367026 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является анализ перспектив развития и рассмотрение областей применения термоэлектрических полупроводниковых преобразователей энергии в медицинской практике. **Метод.** В основу исследования положены теоретические и экспериментальные разработки по созданию конструкций приборов для теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма. **Результат.** Разработаны и созданы на основе термоэлектрических полупроводниковых преобразователей принципиально новые устройства для различных областей медицины с различными тепловыми схемами, а также проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание теоретических основ данных устройств. Рассмотрены перспективы развития и внедрения термоэлектрических полупроводниковых устройств тепла в медицине. Описаны конструкции приборов для теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма. **Вывод.** Разработанные конструкции термоэлектрических полупроводниковых приборов и устройств для локального теплового воздействия на отдельные органы человеческого организма в силу простоты и надежности обеспечивают их применение в медицинских учреждениях различного профиля.

Ключевые слова: термоэлектричество, термоэлектрическое полупроводниковое устройство, термоэлектрическая полупроводниковая батарея, медицина, рефлексогенные зоны, тепловое воздействие, косметология.

DEVELOPMENT OF THERMOELECTRIC SEMICONDUCTOR DEVICES FOR MEDICAL APPLICATIONS

M.A. Hazamova

Daghestan State Technical University,
70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia

Abstract. Aim. To analyse the prospects of developing and applying thermoelectric semiconductor energy converters in medicine. **Methods.** The research was based on theoretical and experimental achievements in the field of creating devices producing thermal effects on individual areas of the human body. **Results.** Fundamentally new devices with different thermal schemes based on thermoelectric semiconductor converters were created for diverse medical applications. A number of theoretical and experimental works were conducted to create a theoretical basis for the proposed devices. The prospects of developing and applying thermoelectric semiconductor heat devices in medicine were considered. The design of devices for providing thermal influence on individual areas of the hu-

man body was described. **Conclusion.** The developed thermoelectric semiconductor devices and devices for producing local thermal effects on individual organs of the human body ensure their use in medical practice due to simplicity and reliability.

Keywords: thermoelectricity, thermoelectric semiconductor device, thermoelectric semiconductor battery, medicine, reflexogenic zones, thermal effects, aesthetic medicine

Введение. Термоэлектрическое преобразование энергии, основанное на термоэлектрических явлениях и созданное в результате известных работ академика А.Ф. Иоффе и его сотрудников, оказавшись на переднем плане науки и техники, открыло широкие возможности для использования термоэлектрических полупроводниковых преобразователей в различных областях.

В современном мире термоэлектрическое приборостроение является одной из наиболее быстро развивающихся отраслей народного хозяйства, как у нас в стране, так и за рубежом, причем значительное развитие данной области определяется реальной возможностью создавать малогабаритные устройства для регулирования температурных режимов функционирования различной аппаратуры, обеспечивать получение локальных очагов холода, интенсифицировать процессы теплопередачи в сложных конструкциях, получать электрическую энергию различными альтернативными методами [2,3].

Для создания термоэлектрических полупроводниковых генераторов и охладителей с высокими энергетическими показателями необходимо учитывать тот факт, что на эффективность этих устройств существенное влияние оказывают не только параметры полупроводникового вещества, но и особенности их конструктивного исполнения, тепловые схемы термоэлектрических преобразователей, режимы их работы, условия теплообмена и т.д. Особенно сказанное актуально для новых приложений термоэлектрической техники, а именно, медицины, биологии (термостаты для хранения биологических объектов, датчики температуры и теплового потока, приборы для локального температурного воздействия).

Постановка задачи. Отыскание новых эффективных конструктивных решений в термоэлектрической полупроводниковой технике, проведение теоретических и фундаментальных исследований, создание математических моделей, разработка методик расчета являются на сегодняшний день перспективным научным направлением. Перспективы развития и внедрения термоэлектрических преобразователей тепла для медицины определяются целым рядом преимуществ, особенно эксплуатационных, которыми они обладают по сравнению с существующими аналогами. Это возможность получения искусственного холода на основе использования эффекта Пельтье при отсутствии движущихся частей и холодильного агента; сочетание в едином устройстве таких традиционно раздельных элементов, как источник холода и тепла; простота реализации, компактность, взаимозаменяемость; высокая надежность; экологическая безопасность [7].

Говоря об основных прикладных направлениях медицины, техническая база которых имеет в своем арсенале термоэлектрические модули, можно выделить физиотерапию, хирургию, трансфузиологию, рефлексотерапию, рефлексодиагностику, термостабилизацию биологических субстанций. При этом, лидирующие места занимают физиотерапия и рефлексотерапия, как имеющие наиболее широкий прикладной спектр термоэлектрических эффектов.

Наиболее результативным терапевтическим фактором, применяемым в рефлексотерапии, является воздействие теплом и холодом на кожные рецепторы. Использование контрастного теплового воздействия, направляя кровотоки то к коже, то вглубь организма, улучшает микроциркуляторные процессы, тем самым способствуя усилению лечебных эффектов, [8-11, 17]. Это можно реализовать в термоэлектрических устройствах для локального теплового воздействия на отдельные органы человека, в которых термоэлектрическая батарея, выступая в качестве основного исполнительного элемента, работает в режиме нагрева или охлаждения [2,7, 10].

Целью данной статьи является обзор достижений в области термоэлектрического полупроводникового приборостроения для медицины и на основе проведенного комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработка и создание конструкций приборов для теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма.

Методы исследования. Разработаны и созданы на основе термоэлектрических полупроводниковых преобразователей принципиально новые устройства с различными тепловыми схемами, а также проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание теоретических основ данных устройств, математических моделей и методик расчета [12-19].

Следует отметить, что основной целью применения термоэлектричества в устройствах медицинского назначения является создание универсального температурного источника с возможностью быстрой смены режимов охлаждения и нагрева. В соответствии с этим, большинство предлагаемых конструкций, как правило, имеет термоэлектрическую полупроводниковую систему, представляющую собой термоэлектрический полупроводниковый модуль или термоэлектрическую полупроводниковую батарею как источник теплового потока, работающий в двух направлениях. В дополнение к ней, каждая из конструкций содержит систему термостабилизации опорных спаев термоэлектрического полупроводникового модуля для обеспечения стабильной и корректной работы устройств. В зависимости от назначения и технической необходимости некоторые из конструкций могут иметь схему автоматического регулирования температуры.

В условиях современности, когда реальностью нашей жизни является возрастающее количество больных, необходимость воздействовать на организм человека средствами, обеспечивающими эффективность лечения, становится наиболее актуальной задачей. Сегодня все большее распространение для лечебно-профилактических целей приобретают немедикаментозные методы, среди которых ведущее место занимают естественные физические факторы, которые обладают адаптогенным, успокаивающим, болеутоляющим, противовоспалительным и анτισпазмическим действием, способствуют повышению естественного и специфического иммунитета, образованию в организме биологически активных веществ. [8,9, 20].

Локальное тепловое воздействие - один из наиболее широко применяемых и эффективных методов медицинской реабилитации при экстремальных состояниях. Среди огромного арсенала физических факторов, используемых в медицинской практике, важную роль занимают факторы теплового воздействия [11].

Средства теплолечения, как активное восстановительное лечение, применяются в период реконвалесценции для стимуляции жизнедеятельности организма, при развитии осложнений (например, длительном болевом синдроме), травматических поражениях опорно-двигательного аппарата, в период заживления ран, при состояниях переохлаждения, при воздействии на биологически активные точки и т.п. Причем воздействие различными температурными раздражителями необходимо повторять таким образом, чтобы каждое последующее воздействие оказало влияние на организм тогда, когда еще не исчезло последствие предшествовавшего.

Механизм термотерапии достаточно сложен и складывается из местных и общих реакций. Очаговые реакции проявляются в улучшении крово- и лимфообращения и нервнотрофических процессов, что обуславливает противовоспалительный, обезболивающий и рассасывающий эффект.

В свою очередь, общие реакции связаны с рефлекторно-гуморальными влияниями на нервную, сердечно-сосудистую, эндокринную и другие системы организма, которые бы обеспечивали бы его саморегуляцию. Следует отметить, что оптимальная реакция возникает только в тех случаях, когда нет чрезмерной тепловой нагрузки на организм, и изменения на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях не перекрываются последствиями процесса нагрева биологических тканей.

Холод и тепло, прежде всего, действуют на кожу, играющую важную роль в жизнедеятельности организма и теснейшим образом связанную с центральной нервной системой. Вместе

с тем, раздражая периферические рецепторы, тепло и холод влияют на весь организм. Действие их реализуется через кровь, которая нагревается (охлаждается) и обогащается различными биологически активными веществами, а, разносясь по организму, влияет на различные органы и ткани [9,20].

Таким образом, на сегодняшний день рефлексотерапия остаётся одной из самых применяемых медицинских методик лечения, воздействующей на человеческий организм через систему расположенных на теле специальных точек, объединенных в меридиальные линии, которые связаны с различными внутренними органами. Воздействие производится при помощи надавливания на точку (акупрессура), укалывания точки металлической иглой (акупунктура), прогревания точки полынной сигаретой и т.д. Воздействуя на энергетическую точку в различных режимах, можно восстанавливать работу поврежденных органов и систем.

Из многих факторов рефлексотерапевтического воздействия наиболее эффективным является термическое (прогревание и охлаждение), что обусловлено иррадиацией и глубиной проникновения тепла.

Под влиянием тепла расширяются артериолы, давление и скорость кровотока в капиллярах увеличивается. Расширение кровеносных сосудов и усиление кровообращения приводят к гиперемии и повышению температуры кожи. Гиперемия сопровождается усилением процессов обмена, образованием биологически активных веществ, что способствует усилению процесса регенерации, рассасыванию продуктов тканевого распада.

Тепловое воздействие способствует расширению кровеносных и лимфатических сосудов, снимая сосудистые спазмы и облегчая очищение крови и лимфы, ускоряет метаболические процессы в организме, уничтожает либо подавляет активность многих возбудителей болезни. Все это обуславливает противовоспалительный, обезболивающий, антисептический и рассасывающий эффект. Местное же холодное воздействие приводит к локальному замедлению уровня обменных процессов в охлажденных тканях, снижению потребления ими кислорода (и потребности в нем) и питательных веществ, клетками [8,11].

Устройство для температурного воздействия на рефлекторные зоны человека [15] сочетает в себе механическое и температурное воздействие, а также позволяет создать воздействующее тепловое поле произвольной формы. Устройство содержит термоэлектрический модуль (ТЭМ) 1, первыми спаями, находящийся в тепловом контакте с аппликатором 2, выполненным в виде металлической пластины, одна из плоских поверхностей которой имеет пилообразные выступы.

Вторые спаи ТЭМ 1 находятся в плотном температурном контакте с жидкостным теплообменником 3. Промежуток между металлической пластиной и жидкостным теплообменником 3, свободный от ТЭМ 1, заливается диэлектрическим компаундом 4.

Образованные таким образом элементы впрессовываются в резиновое полотно 5, в котором проложены цепи питания 6 ТЭМ 1 и каналы 7 подвода и отвода жидкости для жидкостных теплообменников 3. Для обеспечения терапевтического эффекта выбирается рефлекторная зона для воздействия с учетом симптоматики и локализации заболевания.

При этом аппликатор располагается под рефлекторной зоной, и рефлекторное раздражение происходит за счет механического давления на него. Врач начинает проведение процедуры с включения блока питания, который осуществляет питание электрическим током необходимой величины и полярности ТЭМ 1. При этом одни спаи ТЭМ 1 нагреваются, другие охлаждаются, изменяя температуру воздействующего аппликатора 2. Полярность и уровень питания варьируется в соответствии с характером процедур. Одновременно происходит теплосъем со второго спаи ТЭМ 1 посредством жидкостного теплообменника 3.

Термоэлектрические модули подключены к цепям питания таким образом, чтобы соседние термоэлектрические модули, находящиеся в одном ряду (по вертикали либо горизонтали), питались разнополярным электрическим током. Подключение ТЭМ таким образом обеспечивает "шахматное" температурное поле.

Меняя полярность тока питания, происходит смена режима воздействия, т.е. аппликаторы, осуществлявшие тепловое воздействие, переводятся на холодное и наоборот.

Данное устройство просто в изготовлении, легко обслуживается и обладает высокой надежностью. Предлагаемое устройство может работать в различных температурных режимах, обеспечивая возможность попеременного воздействия отрицательных и положительных температур. Кроме того, помимо теплового воздействия наблюдается рефлекторный и механический эффект.

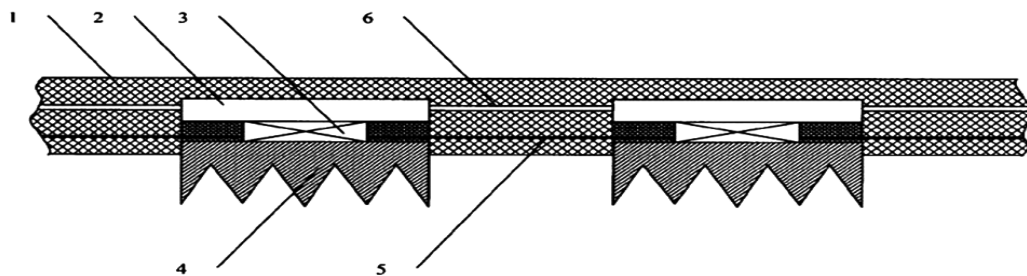


Рис. 1. Термoeлектрическое полупроводниковое устройство для воздействия на рефлекторные зоны человека

Fig. 1. Thermoelectric semiconductor device for influencing the reflex zones of a person

Современные методики терапии неврологических заболеваний включают в себя комбинирование множества лекарственных препаратов, чьи биохимические взаимодействия и эффекты позволяют добиться высоких результатов в лечении. Известны методики блокирования нервно-мышечной передачи (ботулинотерапия), препараты, влияющие на экстрапирамидную систему и многое другое. Однако, использование различных физиотерапевтических процедур на сегодняшний день приоритетнее и эффективнее ввиду безопасности и неинвазивности.

Наиболее результативными терапевтическими факторами, применяемыми в неврологии, являются: массаж спины и шейно-воротниковой зоны, воздействие теплом и холодом, а также воздействие магнитного поля. В неврологии массаж используется при болевых синдромах различного генеза, в том числе при остеохондрозе различных отделов позвоночника (шейном, грудном, поясничном), при мышечной слабости хронических заболеваниях нервной системы, спастическом гипертонусе мышц и др. [1,5,6].

Техническим результатом предлагаемого устройства [18] является сочетание функции попеременного нагрева и охлаждения массажных аппликаторов в едином устройстве, с возможностью температурного режима, режима магнитовоздействия и механического массажа с виброфункцией.

Для достижения этой цели предлагается устройство (рис.1-3), содержащее гибкое упруго-деформируемое основание с возможностью облегания шейно-воротниковой зоны, выполненное в виде эластичной прослойки 1, на которой закреплены термoeлектрические модули (ТЭМ) 2, рабочие спаи 3 которых находятся в тепловом контакте с высокотеплопроводной гелевой прослойкой 4, содержащей термодатчик 5, а опорные спаи 6 находятся в тепловом контакте с алюминиевыми пластинами 7, которые контактируют с теплопроводящими опорными блоками 8, включающими короб 9, выполненный из материала с низкой теплопроводностью, в полости которого находится рабочее вещество 10 с большой теплотой плавления и температурой плавления в пределах 40-50°C (например, парафин), ограниченное с внутренней стороны алюминиевыми пластинами 7.

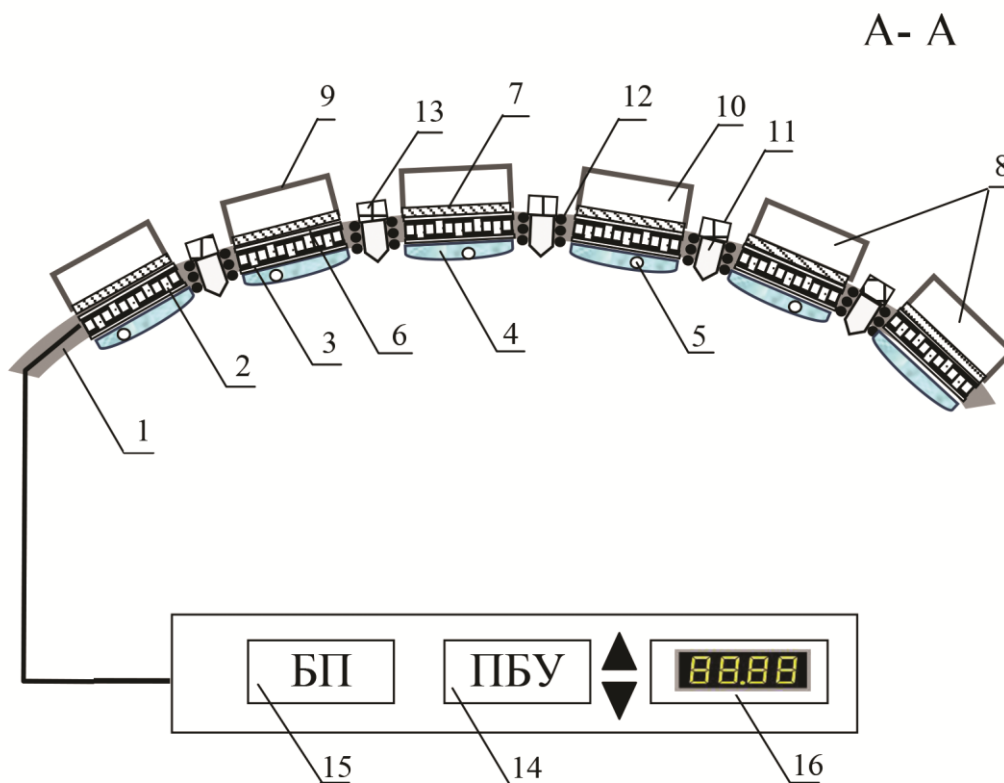


Рис.2. Конструкция термоэлектрического полупроводникового устройства для массажа шейно-воротниковой зоны в разрезе

Fig. 2. Sectional design of a thermoelectric semiconductor device for massage of the neck-collar zone

Вместе с тем, эластичная прослойка 1 содержит ферромагнитные игольчатые элементы 11, расположенные между каждой соседней парой ТЭМ 2. При этом, магнитное воздействие в устройстве создается при помощи опоясывающих каждый из ферромагнитных игольчатых элементов 11 проводов 12 с противоположным направлением намотки у соседних ферромагнитных игольчатых элементов 11, питающих соответствующий ему ТЭМ 2. Противоположная намотка проводов необходима для изменения направления магнитного поля соседних игольчатых элементов 11.

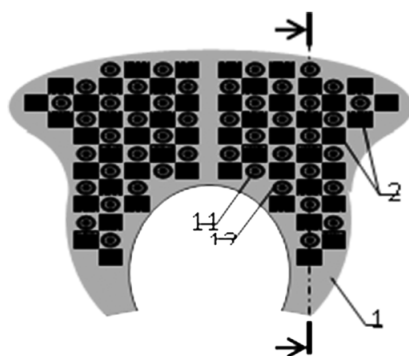


Рис.3. Общий вид устройства (вид сверху)
Fig. 3. General view of the device (top view)

Для усиления механического массажа основания игольчатых элементов 8 сопряжены с пьезоэлементами 13, создающими вибрационное воздействие.

Крепление ТЭМ 2 и ферромагнитных игольчатых элементов 11 на эластичной прослойке 1 выполнено с учетом исключения воздействия на область позвоночного столба.

Принцип работы предлагаемого устройства следующий. Перед началом работы задается определенная температура на программируемом блоке управления 14, соответствующие сигналы с которого подаются на вход блока питания 15, который в свою очередь осуществляет подачу электрического тока заданной величины и полярности полупроводниковых ТЭМ 2.

В результате этого рабочие спаи 3 ТЭМ 2, находящиеся в контакте с гелевой прослойкой 4, начинают нагреваться либо охлаждаться до заданной температуры и, таким образом, создавать температурное воздействие на шейно-воротниковую зону.

Температура гелевой прослойки 4 контролируется посредством термодатчика 5, и отображается на цифровом табло 16.

Температурная стабилизация опорных спаев 6 ТЭМ 2, контактирующих с теплопроводящими опорными блоками 8, осуществляется посредством рабочего вещества 10 с большой теплотой плавления и температурой плавления в пределах 40-50°C (например, парафин), которое находится в полости короба 9, выполненного из материала с низкой теплопроводностью, ограниченного с внутренней стороны алюминиевыми пластинами 7. Электрический ток, протекая по виткам проводов 12 опоясывающих каждый из ферромагнитных игольчатых элементов 11, создает магнитное поле, действующее на биообъект и осуществляет питание пьезоэлементов 13, создающих вибрацию за счет изменения формы.

Данное устройство может работать в различных температурных режимах, обеспечивая возможность попеременного воздействия отрицательных и положительных температур, а также в режиме попеременного магнитного воздействия, что обеспечивает применение его в реабилитационных отделениях и лечебно-профилактических учреждениях широкого профиля.

В косметологии издавна применяются различные способы воздействия на кожу с помощью тепла или, наоборот, с помощью холода [21].

Горячий влажный компресс (от +38 до +42 °C) расширяет кровеносные сосуды лица, улучшает кровообращение и питание тканей, очищает кожу, снимает усталость.

Такой компресс накладывают на очищенную кожу лица и шеи. Держать горячий компресс на лице рекомендуют до тех пор, пока он вам будет приятен, — обычно это 1 – 5 минут. Горячий влажный компресс рекомендуется использовать при профилактическом уходе за сухой обезвоженной кожей, а также для лечения стареющей кожи. После снятия компресса можно сделать массаж, нанести на лицо очищающую или питательную маску.

Холодный компресс (от +15 до +18 °C) тонизирует кожу, способствует сужению пор и уменьшению салоотделения. Холодный компресс может стать завершением таких косметических процедур, как чистка лица, массаж, маска. Накладывают холодный компресс на 5 – 10 минут. Холодный компресс особенно полезно применять при вялой, потерявшей упругость коже.

Ухаживая за кожей, в течение одной процедуры можно совместить применение теплых и холодных компрессов — это действует как контрастное умывание: укрепляются мышцы и кровеносные сосуды, тонизируется кожа.

В целях повышения эффективности проведения тепловых косметологических процедур за счет учета индивидуальной геометрии лица человека, разработано термоэлектрическое полупроводниковое устройство [19] для проведения тепловых косметологических процедур (рис.4), содержащее основание 1, выполненное в виде маски, повторяющей контуры лица человека с отверстиями 2 в области глаз, носа и рта.

Основание представляет собой герметичный контейнер, образованный со стороны контакта с поверхностью лица человека прочной пленкой (пластиковой или матерчатой) 3 и с противоположной стороны плоской жесткой пластиной 4, заполненный гранулятом 5. Пластина 4 и гранулят 5 выполнены из материала с высоким коэффициентом теплопроводности (например, медь или алюминий).

На внешнюю поверхность пластины 4 с хорошим тепловым контактом установлены воздействующими спаями термоэлектрические элементы 6, опорные спаи которых сопряжены с воздушным радиатором 7.

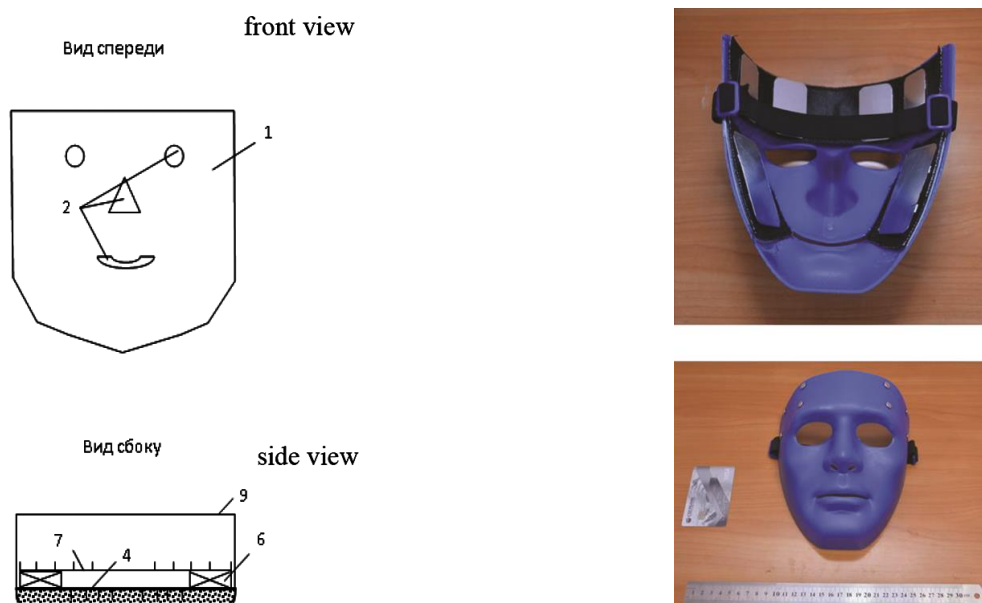


Рис. 4. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для теплового воздействия в косметологии

Fig. 4. Thermoelectric semiconductor device for thermal effects in cosmetology

На внешней поверхности пленки 3, контактирующей с лицом человека, имеется тонкая силиконовая прослойка 8, предотвращающая механические повреждения кожи лица при контакте с устройством.

Термоэлектрические элементы 6 подключаются электрическими проводами к программируемому источнику постоянного тока, реализующему различные режимы их работы (охлаждение, нагрев, их чередование).

Основание 1 снабжено крепежным приспособлением 9 для плотной фиксации устройства на лице человека.

Перед началом процедуры устройство закрепляется на лице человека, подлежащем тепловому воздействию, с обеспечением плотного контакта силиконовой прослойки 8, находящейся на поверхности пленки 3 основания 1 с учетом его морфологических особенностей за счет эластичных свойств системы пленка 3 – гранулят 5 и наличия крепежного приспособления 9.

Процедура начинается с включения программируемого блока питания, по заданной программе осуществляющего питание электрическим током необходимой величины и полярности термоэлектрических элементов 6, размещенных на пластине 4.

Доза и длительность теплового воздействия определяется врачом-косметологом, им же производится текущий контроль за состоянием пациента.

Как было отмечено выше, локальное тепловое воздействие широко используется в медицинской практике при лечении и профилактике ряда заболеваний. На этом принципе основан ряд методов, применяемых в физиотерапевтической практике, например, ванны постепенно повышаемой температуры, частичные ванны, контрастные ванны и т.д., а также применение различных сред, таких как озокерит, парафин и др.

Недостатками перечисленных методов являются низкая эффективность, дискомфортность процедур, сложность и неудобство в реализации, недостаточно высокая точность дозировки воздействия.

В этих условиях перспективным является метод теплового воздействия посредством приборов, в которых исполняющим элементом является ТЭБ, обладающих необходимой эффективностью, надежностью функционирования, большим ресурсом работы, простотой, точностью, а также абсолютной экологической безопасностью.

Для воздействия на руку человека разработано термоэлектрическое полупроводниковое устройство [14], структурная схема которого представлена на рис. 5, а внешний вид на рис.6.

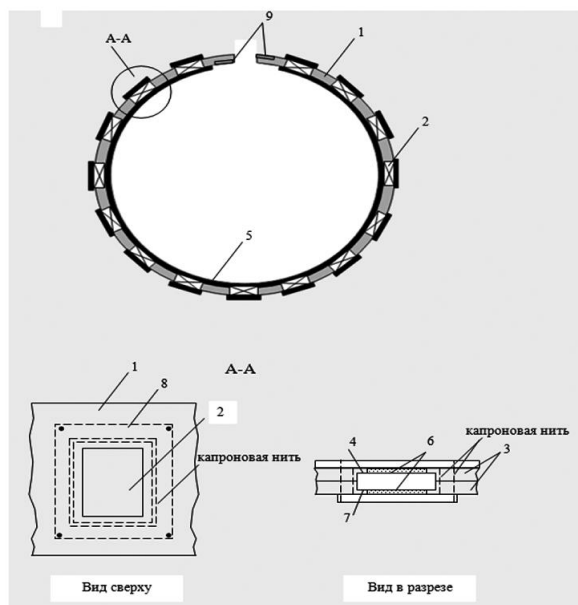


Рис.5. Структурная схема термоэлектрического полупроводникового устройства для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

Fig. 5. Block diagram of a thermoelectric semiconductor device for thermal impact on separate zones of a human hand



Рис.6. Внешний вид термоэлектрического полупроводникового устройства для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

Fig. 6. External view of a thermoelectric semiconductor device for thermal effects on individual zones of a human hand

Устройство работает следующим образом. Перед началом процедуры устройство закрепляется на участке руки человека, подлежащем тепловому воздействию, с обеспечением плотного контакта за счет эластичных свойств основания 1 и наличия застежки-липучки 9.

Процедура начинается с включения программируемого блока питания по заданной программе осуществляющего питание электрическим током необходимой величины и полярности ТЭМ 2. Доза и длительность теплового воздействия определяется лечащим врачом, им же производится текущий контроль за состоянием пациента.

Металлические пластины 8 предназначены для съема излишка тепла с внешних спаев 7 ТЭМ 2 при охлаждении участка руки, а тепловыравнивающая пластина 5 обеспечивает равномерное распределение температуры.

Конструктивная простота устройства и возможность смены режимов в широком интервале температур обеспечивают применение его в различных областях медицины.

Вывод. В статье рассмотрены перспективы развития и внедрения в медицинскую практику устройств на основе термоэлектрических полупроводниковых преобразователей.

Описаны конструкции приборов для теплового воздействия на отдельные органы человеческого организма, в частности устройства для воздействия на рефлекторные области человека, шейно-воротниковую зону, руку, лицо.

Предложенные конструкции в силу простоты, эффективности и надежности работы могут использоваться в медицинских учреждениях различного профиля.

Библиографический список:

1. Krukowska J., Lukasiak A., Czernicki J. Impact of magneto stimulation on nerve and muscle electrical excitability in patients with increased muscle tone. Polish annals of medicine. 2012;19:15-20
2. Rowe D.M. Thermoelectrics and its energy harvesting, materials, preparation and characterization. BocaRaton: CRC Press. – 2012.
3. Sennoga Twaha, Jie Zhu, Yuying an, Bo Li A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement / Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 65, November 2016. pp. 698-726.
4. Tiffany Field Massage therapy research review / Complementary Therapies in Clinical Practice, Volume 24, August 2016. - P. 19-31.
5. Tiffany Field, Miguel Diego, Gladys Gonzalez, C.G. Funk Neck arthritis pain is reduced and range of motion is increased by massage therapy / Complementary Therapies in Clinical Practice, Volume 20, Issue 4, November 2014. pp. 219-223.
6. Verhagen John. Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: a systematic review // Journal of Physiotherapy. - 2015. №61. pp. 106-116.
7. Анатычук Л.И. Термоэлектричество. Термоэлектрические преобразователи энергии. – Киев, Черновцы: Институт термоэлектричества, 2003.
8. Боголюбов В.М., Улащик В.С. Комбинирование и сочетание лечебных физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2004. - № 5 –С.39-45.
9. Елифанов В. А. Восстановительная медицина [Текст]: учебник / В. А. Елифанов. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 304 с.
10. Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Рагимова Т.А. Исследование термоэлектрического устройства для термомпунктуры // Термоэлектричество. 2017. № 1. с. 33-40.
11. Олефиренко В.Т. Водотеплолечение. М.: Медицина, 1986. 288с.
12. Патент № 2245693 РФ. Полупроводниковое термоэлектрическое устройство для локального температурного воздействия на стопу человека / Исмаилов Т. А., Аминов Г. И., Евдулов О.В., Хазамова М. А. - № 2002125785; Оpubл. 10.02.2005, Бюл. № 4 – 3 с.
13. Патент № 2299711 РФ. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального температурного воздействия на рефлексогенные зоны ноги человека / Исмаилов Т. А., Аминов Г. И., Юсуфов Ш.А., Хазамова М. А. - № 2003113991; Оpubл. 27.05.2007, Бюл. № 15. 4 с.
14. Патент № 2556847 РФ. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального температурного воздействия на руку человека / Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Евдулов О.В., Магомадов Р.А.-М. – № 2014100315; Оpubл.20.07.2015, Бюл. № 20. 4с.
15. Патент № 2299722 РФ. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального механического и температурного воздействия на рефлекторные зоны человеческого организма / Исмаилов Т.А., Аминов Г.И., Юсуфов Ш.А., Хазамова М.А. - №2004121284; Оpubл. 27.05.2007, Бюл.№15. 4с.
16. Патент № 2459610 РФ. Термоэлектрическое устройство для термомангнитомассажа рефлексогенных зон ноги человека / Исмаилов Т. А., Хазамова М.А., Гидуримова Д.А. - № 2010102442; Оpubл. 27.08.2012., Бюл. № 24. 5с.
17. Патент № 2506935 РФ. Термоэлектрическое устройство для лечения кисти / Исмаилов Т. А., Хазамова М.А., Гидуримова Д.А., Гаджиев А.М. - № 2010102442; Оpubл. 20.02.2014., Бюл. № 5. 4с.
18. Патент № 2634687 РФ. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для массажа шейно-воротниковой зоны /Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Рагимова Т.А. и др. - №2016123388; Оpubл. 02.11.2017, Бюл. №31. 5с.
19. Патент № 2627798 РФ. Термоэлектрическое устройство для проведения тепловых косметологических процедур / Исмаилов Т. А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., Гусейнов Г.М. - № 2016119657; Оpubл. 11.08.2017, Бюл. № 23.

20. Физическая реабилитация / под общ. ред. проф. Попова С. М. 2 изд. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 608 с.
21. Физиотерапия в косметологии : учеб. пособие по элективному курсу / Беловол А. Н., Ткаченко С. Г., Татузян Е. Г. Харьков : ХНМУ, 2015. 132 с

References:

1. Krukowska J., Lukasiak A., Czernicki J. Impact of magneto stimulation on nerve and muscle electrical excitability in patients with increased muscle tone. Polish annals of medicine. 2012;19:15-20
2. Rowe D.M. Thermoelectrics and its energy harvesting, materials, preparation and characterization. BocaRaton: CRC Press. 2012.
3. Sennoga Twaha, Jie Zhu, Yuying an, Bo Li A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement / Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 65, November 2016. pp. 698-726.
4. Tiffany Field Massage therapy research review / Complementary Therapies in Clinical Practice, Volume 24, August 2016. pp. 19-31.
5. Tiffany Field, Miguel Diego, Gladys Gonzalez, C.G. Funk Neck arthritis pain is reduced and range of motion is increased by massage therapy / Complementary Therapies in Clinical Practice, Volume 20, Issue 4, November 2014. pp. 219-223.
6. Verhagen John. Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: a systematic review // Journal of Physiotherapy. 2015. №61. pp. 106-116.
7. Anatychuk L. I. Thermoelectricity. Thermoelectric energy converters. Kiev, Chernivtsi: Institute of thermoelectricity, 2003.
8. Bogolyubov V.M., Ulashchik V.S. Kombinirovaniye i sochetaniye lechebnykh fizicheskikh faktorov // Fizio-terapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. – 2004. - № 5 –S.39-45. [Bogolyubov V. M., ulashchik V. S. Combination and combination of therapeutic physical factors // Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2004. № 5. pp. 39-45. (In Russ)]
9. Yepifanov V. A. Vosstanovitel'naya meditsina [Tekst]: uchebnik / V. A. Yepifanov. - M. : GEOTAR-Media, 2012. - 304 s. [Epifanov V. A. Restorative medicine [Text]: textbook / V. A. Epifanov. M.: GEOTAR-Media, 2012. 304 p. (In Russ)]
10. Ismailov T.A., Khazamova M.A., Ragimova T.A. Issledovaniye termoelektricheskogo ustroystva dlya ter-mopunktury // Termoelektrichestvo. 2017. № 1. s. 33-40. 11. [Ismailov T. A., Khazamova M. A., Ragimova T. A. Research of a Thermoelectric device for Thermopuncture // Thermoelectricity. 2017. No. 1. pp. 33-40. (In Russ)]
11. Olefirenko V.T. Vodoteplolecheniye. M.: Meditsina, 1986. 288s. [Olefirenko V.T. Vodoteplolecheniye. M.: Meditsina, 1986. – 288s. [Olefirenko V. T. Vodoteplolechenie. M.: Meditsina, 1986. 288p. (In Russ)]
12. Patent № 2245693 RF. Poluprovodnikovoye termoelektricheskoye ustroystvo dlya lokal'nogo tempera-turnogo vozdeystviya na stopu cheloveka / Ismailov T. A., Aminov G. I., Yevdulov O.V., Khazamova M. A. - № 2002125785; Opubl. 10.02.2005, Byul. № 4 – 3 s. [Patent no. 2245693 of the Russian Federation. Semi-conductor thermoelectric device for local temperature action on the human foot / Ismailov T. A., Aminov G. I., Evdulov O. V., Khazamova M. A. No. 2002125785; Publ. 10.02.2005, Byul. No. 4 – 3. (In Russ)]
13. Patent № 2299711 RF. Termoelektricheskoye poluprovodnikovoye ustroystvo dlya lokal'nogo tempera-turnogo vozdeystviya na refleksogennyye zony nogi cheloveka / Ismailov T. A., Aminov G. I., Yusufov SH.A., Khazamova M. A. - № 2003113991; Opubl. 27.05.2007, Byul. № 15 – 4 s. [Patent No. 2299711 of the Russian Federation. Thermoelectric semiconductor device for local temperature influence on the reflexogenic zones of the human leg / Ismailov T. A., Aminov G. I., Yusufov sh. a., Khazamova M. A. no. 2003113991; Publ. 27.05.2007, bul. No. 15 p. (In Russ)]
14. Patent № 2556847 RF. Termoelektricheskoye poluprovodnikovoye ustroystvo dlya lokal'nogo tempera-turnogo vozdeystviya na ruku cheloveka / Ismailov T.A., Khazamova M.A., Yevdulov O.V., Magomadov R.A-M. – № 2014100315; Opubl.20.07.2015, Byul. № 20 - 4s. [Patent no. 2556847 of the Russian Federation. Thermoelectric semiconductor device for local temperature impact on the human hand / Ismailov T. A., Khazamova M. A., Evdulov O. V., Magomadov R. A-M.-No. 2014100315; Publ. 20. 07. 2015, bul. No. 2-4p. (In Russ)]
15. Patent № 2299722 RF. Termoelektricheskoye poluprovodnikovoye ustroystvo dlya lokal'nogo mekhaniche-skogo i temperaturnogo vozdeystviya na reflektornyye zony chelovecheskogo organizma / Ismailov T.A., Ami-nov G.I., Yusufov SH.A., Khazamova M.A. - №2004121284; Opubl. 27.05.2007, Byul.№15. – 4s. [Patent no. 2299722 of the Russian Federation. Thermoelectric semiconductor device for local mechanical and temperature effects on the reflex zones of the human body / Ismailov T. A., Aminov G. I., Yusufov sh. a., Khazamova M. A. No. 2004121284; Publ. 27.05.2007, Bul.No. 15 p. (In Russ)]
16. Patent № 2459610 RF. Termoelektricheskoye ustroystvo dlya termomagnitomassazha refleksogennykh zon nogi cheloveka / Ismailov T. A., Khazamova M.A., Gidurimova D.A. - № 2010102442; Opubl. 27.08.2012., Byul. № 24.- 5s. [Pa-tent no. 2459610 of the Russian Federation. Thermoelectric device for thermomanometer reflex zones of the feet / Ismailov T. A., Hasanova M. A., Sidorkova D. A. - No. 2010102442; Publ. 27.08.2012., Bull. No. 24-25p. (In Russ)]
17. Patent № 2506935 RF. Termoelektricheskoye ustroystvo dlya lecheniya kisti / Ismailov T. A., Khazamova M.A., Gidu-rimova D.A., Gadzhiev A.M. № 2010102442; Opubl. 20.02.2014., Byul. № 5. -4s. [Patent No. 2506935 of the Russian Federation. Thermoelectric device for brush cutting / Ismailov T. A., Khazamova M. A., Gidurimova D. A., Gadzhiev a.m.-No. 2010102442; Publ. 20.02.2014., bul. No. 5. p. (In Russ)]

18. Patent № 2634687 RF. Termoelektricheskoye poluprovodnikovoye ustroystvo dlya massazha sheyno-vorotnikovoy zony /Ismailov T.A., Khazamova M.A., Ragimova T.A. i dr. - №2016123388; Opubl. 02.11.2017, Byul. №31. – 5s. [Patent no. 2634687 of the Russian Federation. Thermoelectric semiconductor device for massage of the neck-collar zone /Ismailov T. A., Khazamova M. A. Ragimova T. A. et al. - no. 2016123388; Publ. 02.11.2017, bul. No. 31. 5p. (In Russ)]
19. Patent № 2627798 RF. Termoelektricheskoye ustroystvo dlya provedeniya teplovykh kosmetologicheskikh protsedur / Ismailov T. A., Yevdulov O.V., Yevdulov D.V., Guseynov G.M.. - № 2016119657; Opubl. 11.08.2017, Byul. № 23. [Patent no. 2627798 of the Russian Federation. Thermoelectric device for conducting thermal cosmetological procedures / Ismailov T. A., Evdulov O. V., Evdulov D. V., Huseynov G. M. No. 2016119657; Publ. 11.08.2017, bul. No. 23. (In Russ)]
20. Fizicheskaya reabilitatsiya / pod obshch. red. prof. Popova S. M. 2 izd. – Rostov n/D: Feniks, 2004. – 608 s. [Physical rehabilitation / ed. prof. Popova S. M. 2 ed. - Rostov n / A: Fenix, 2004. 608 p. (In Russ)]
21. Fizioterapiya v kosmetologii : ucheb. posobiye po elektivnomu kursu / Belovol A. N., Tkachenko S. G. , Tatuzyan Ye. G. – Khar'kov : KHNMU, 2015. – 132 s [Physiotherapy in cosmetology: textbook. manual on elective course / Belovol A. N., Tkachenko S. G., Tatuzyan E. G.-Kharkiv: KHNMU, 2015. 132 p. (In Russ)]

Сведения об авторе:

Хазамова Мадина Абдулаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра теоретической и общей электротехники; e-mail: kaftoe2016@yandex.ru

Information about the author:

Madina A. Khazamova, Cand. Sci (Technical), Assoc. Prof, Department of Theoretical and General electrical engineering; e-mail: kaftoe2016@yandex.ru

Конфликт интересов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.05.2020.

Принята в печать 19.05.2020.

Conflict of interest.

The author declare no conflict of interest.

Received 03.05.2020.

Accepted for publication 19.05.2020.