

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕСТНОГО ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РУКУ ЧЕЛОВЕКА

Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Магомадов Р.А.-М.

ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»,
Махачкала
E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru

В настоящее время при лечении болезней опорно-двигательного аппарата (воспалительные заболевания суставов, последствия травматических поражений, ревматоидный артрит и т.п.) все большее распространение получают методы, основанные на использовании специальных средств, оказывающих тепловое воздействие на пораженные участки. Среди существующих методов проведения подобного рода лечебных процедур выделяются ванны постепенно повышаемой температуры (ванны по Гауффе), контрастные ванны, частичные ванны (ручные) и т.д., а также использование различных сред, таких как парафин, озокерит и др. [1]. Недостатками указанных методов физиотерапевтических процедур являются их низкая эффективность и дискомфортность, сложность и неудобство в реализации, недостаточная точность дозировки теплового воздействия.

Для устранения данных недостатков в лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВПО «Дагестанского государственного технического университета» разработана термоэлектрическая система (ТЭС) для осуществления лечебного теплового воздействия на отдельные зоны руки человека. В настоящей работе представлены результаты ее экспериментальных исследований.

Для проведения натуральных испытаний ТЭС для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека собран экспериментальный стенд, принципиальная схема которого приведена на рис.1. Объектом экспериментальных исследований явился опытный образец ТЭС, реализованный в виде конструкции, содержащей гибкое эластичное основание 1 со встроенными в него четырьмя термоэлектрическими модулями (ТЭМ) 2, на спаях которых размещены гибкие металлические тепловыравнивающие пластины 3 (со стороны рабочих спаев) и 4 (со стороны опорных спаев, реализованные отдельно для каждого из модулей, выполняющих роль теплоотводов). В качестве биологического объекта использована модель руки человека 5, изготовленная фирмой Nasco, модель LF01121U (США). При натуральных испытаниях опытного образца системы использованы стандарт-

ные ТЭМ типа ТВ-63-1.4-2.5 (изготовитель – ИПФ «Криотерм»), основные характеристики которых приведены в [2].

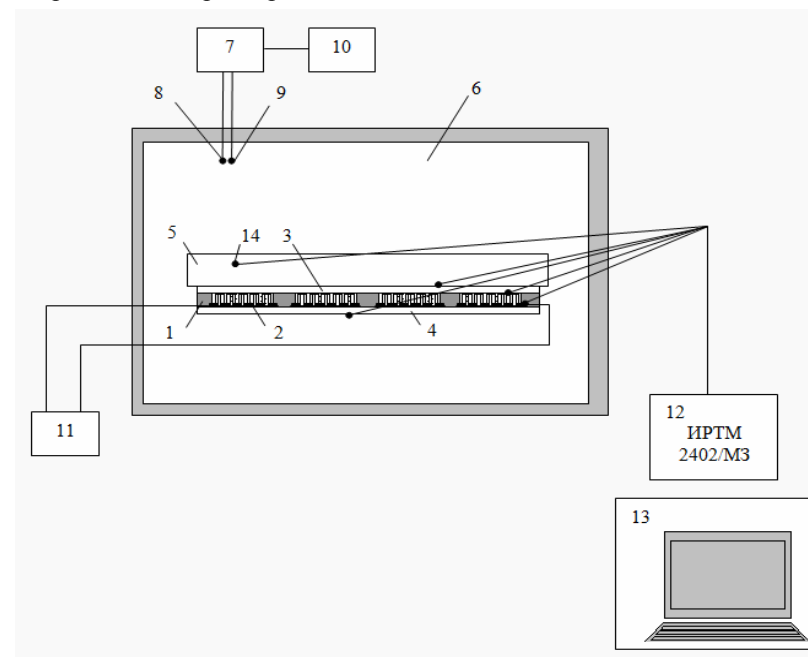


Рис.1. Принципиальная схема экспериментального стенда для исследования характеристик опытного образца ТЭС для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

При проведении эксперимента образец ТЭС помещалась в климатическую камеру 6, рабочий объем которой составляет 120 л. Значение температуры и относительной влажности регулируется блоком управления 7, связанным с датчиками температуры и влажности 8 и 9, показания которых выводятся на цифровое табло 10. Питание ТЭМ осуществлялось источником электрической энергии 11 марки GPR-1850HD. Для проведения измерений использовались встроенные в источник электрической энергии амперметр и вольтметр, а также многоканальный измеритель температуры ИРТМ 2402/М3 12, подключенный к ПЭВМ 13.

В ходе эксперимента измерялся протекающий через ТЭМ ток, а также соответствующее падение напряжения, температура окружающей среды, температуры в контрольных точках опытного образца ТЭС. Изме-

рения температуры проводились с использованием медь-константановых термопар 14, опорные спаи которых размещались в сосуде Дьюара, а сигнал поступал на измеритель температуры ИРТМ 2402/М3 и выводился на ПЭВМ. Термопары размещались на рабочих и опорных спаях ТЭМ, тепловыравнивающих пластинах, а также в контрольных точках модели руки человека и в окружающей среде.

На основе разработанного измерительного стенда была проведена серия натуральных испытаний опытного образца ТЭС, позволяющая судить об ее основных параметрах и характеристиках.

Основной задачей при проведении натуральных испытаний опытного образца ТЭС являлось определение зависимостей изменения температуры в различных точках исследуемого объекта во времени при определенных величинах тока питания ТЭБ. Полученные значения сравнивались с теоретическими с соответствующим определением расхождений между экспериментом и расчетными данными.

Основываясь на технических требованиях, предъявляемых к прибору при его работе, в процессе эксперимента задавались следующими исходными данными: допустимый диапазон температур биологического объекта – 283÷318 К; температура окружающей среды – 293 К; точность поддержания температуры – 0,5 К.

Получены кривые изменения температуры модели руки человека на уровне средней трети плеча во времени при охлаждающем и нагревающим воздействиях для значений токов питания ТЭМ, равным 2,6 А, 2,9 А, 3,2 А, 3,5 А и 0,5 А, 0,7 А, 0,9 А, 1,1 А. Как следует из зависимостей продолжительность выхода в стационарный режим системы ТЭС – биологический объект составляет при работе системы в режиме охлаждения и нагрева около 15 мин. При этом увеличение значения тока питания ТЭМ приводит к уменьшению температуры биологического объекта при работе ТЭС в режиме охлаждения и увеличению его температуры при работе ТЭС в режиме нагрева, что соответствует повышению холодо- и теплопроизводительности ТЭМ. Здесь необходимо отметить, что ток питания ТЭС при работе последней в режиме нагрева существенно меньше (1,1 А), чем в случае ее эксплуатации в режиме охлаждения (3,5 А), что определяется ограничением температуры кожного покрова значением 318 К, соответствующим появлению болевых ощущений от процедуры.

Оценены потери, связанные с конечным значением коэффициента теплопередачи от устройства к биологическому объекту, а также величины температуры опорных спаев ТЭМ. Для этого получены зависимости изменения во времени температуры в различных точках исследуемой системы,

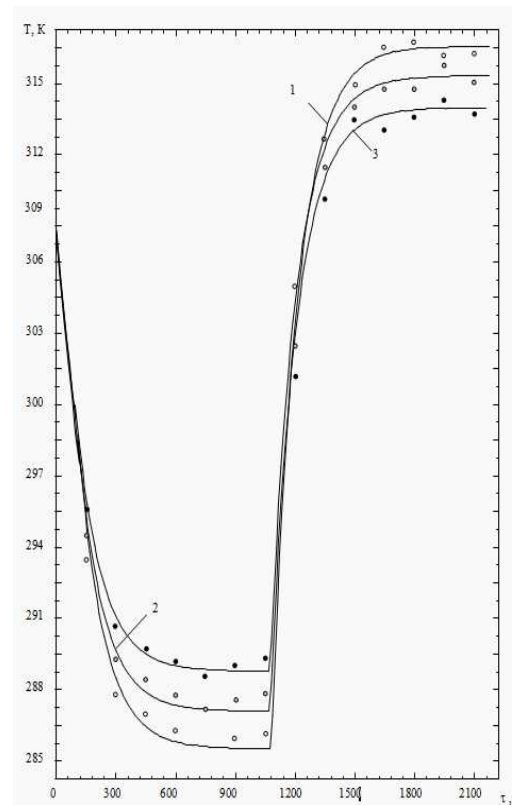


Рис.2. Изменение температуры модели руки человека (средней трети плеча) во времени при контрастном динамическом тепловом воздействии с переходом ТЭС из режима охлаждения в режим нагрева для различных значений тока питания ТЭМ 1 – $I_{охл} = 3,1$ А, $I_{нагр} = 0,9$ А; 2 – $I_{охл} = 2,8$ А, $I_{нагр} = 0,6$ А; 3 – $I_{охл} = 2,5$ А, $I_{нагр} = 0,3$ А

Для изучения динамических режимов работы ТЭС получены кривые изменения температуры средней трети плеча человека (на соответствующей модели) во времени при изменении функционирования прибора с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот, приведенные на рис.2, 3. Результаты рассмотрены для режимов: 1 – $I_{охл} = 3,1$ А, $I_{нагр} = 0,9$ А; 2 –

а именно, непосредственно модели руки человека, холодного и горячего спая ТЭМ при тепловом воздействии на среднюю треть плеча.

Согласно полученным данным разность температур между рабочими спаями ТЭМ и биологическим объектом составляет около 3 К. Данные потери складываются из неплотности контакта между моделью руки и спаями ТЭМ, конечной величины коэффициентов теплопроводности элементов системы, а также теплопритоков из окружающей среды. Уменьшить перепад температур между биологическим объектом и спаями ТЭМ можно за счет использования специальной теплопроводной пасты, наносимой на поверхность объекта воздействия, а также уменьшением теплопритоков из окружающей среды за счет хорошей теплоизоляции участка руки, подвергающегося воздействию ТЭС.

$I_{\text{охл}} = 2,8 \text{ А}$, $I_{\text{нагр}} = 0,6 \text{ А}$; 3

– $I_{\text{охл}} = 2,5 \text{ А}$, $I_{\text{нагр}} = 0,3 \text{ А}$.

В обоих случаях продолжительность переходного процесса с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот незначительна и составляет порядка 17 мин. При этом следует отметить, что для ускорения смены режимов воздействия может быть использован кратковременный форсированный режим работы ТЭМ, состоящий в повышении их тока питания и, соответственно, значения холодопроизводительности (теплопроизводительности) в переходном режиме работы прибора.

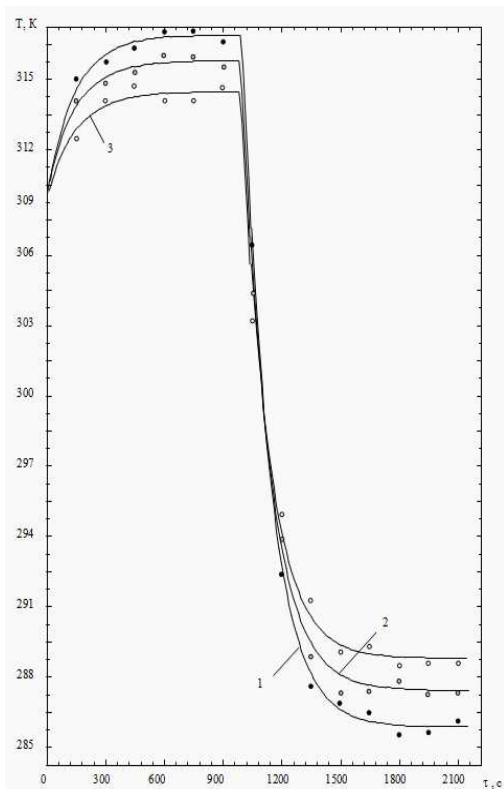


Рис.3. Изменение температуры модели руки человека (средней трети плеча) во времени при контрастном динамическом тепловом воздействии с переходом ТЭС из режима нагрева в режим охлаждения для различных значений тока питания ТЭМ

1 – $I_{\text{охл}} = 3,1 \text{ А}$, $I_{\text{нагр}} = 0,9 \text{ А}$; 2 – $I_{\text{охл}} = 2,8 \text{ А}$,

$I_{\text{нагр}} = 0,6 \text{ А}$; 3 – $I_{\text{охл}} = 2,5 \text{ А}$, $I_{\text{нагр}} = 0,3 \text{ А}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов В.М., Улащик В.С. Комбинирование и сочетание лечебных физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация, 2004, № 5.
2. <http://www.kryotherm.ru>.