

УДК 681.382

Экспериментальные исследования термоэлектрической системы для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

*Д-р техн. наук Т. А. ИСМАИЛОВ¹, канд. техн. наук О. В. ЕВДУЛОВ²,
канд. техн. наук М. А. ХАЗАМОВА, Р. А.-М. МАГОМАДОВ*

¹dstu@dstu.ru, ²ole-ole-ole@rambler.ru

*Дагестанский государственный технический университет
367015, г. Махачкала, проспект Имама Шамиля, 70*

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований термоэлектрической системы для теплового воздействия на руку человека, дающей возможность лечения и профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата без медикаментозного вмешательства. Приведены конструкция опытного образца прибора, экспериментального стенда, а также методика проведения натурных испытаний системы. Представлены характеристики опытного образца термоэлектрической системы, снятые с использованием измерительного стенда. В частности, получены зависимости изменения температуры в различных точках исследуемого объекта во времени при определенных величинах тока питания термоэлектрической батареи. Для изучения динамических режимов работы термоэлектрической системы получены кривые изменения температуры средней трети плеча человека во времени при изменении функционирования прибора с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот. Полученные значения сравнивались с теоретическими с соответствующим определением расхождений между экспериментом и расчетными данными.

Ключевые слова: термоэлектрическая система, опытный образец, тепловое воздействие, рука, температура, экспериментальный стенд, натурные испытания.

Experimental research on thermoelectric system for thermal impact on particular zones of human arm

*D. Sc. T. A. ISMAILOV¹, Ph. D. O. V. EVDULOV²,
Ph. D. M. A. HAZAMOVA, R. A.-M. MAGOMADOV*
¹dstu@dstu.ru, ²ole-ole-ole@rambler.ru
Dagestan state technical university
367015, Russia, Mahachkala, pr. I. Shamilja, 70

The article deals with the results of experimental research of thermoelectric system for thermal impact on human arm. The impact allows treatment and prevention of the locomotor system diseases without medicament intake. The design of the prototype of the device, experimental stand, and also a technique of system field tests is given. In particular, the dependences of temperature change at different time points of the object being investigated under certain values of current in the thermoelectric power batteries are shown. For analysis of dynamic modes of thermoelectric systems the curves of temperature changes in the middle third of human shoulder in time when you change the device operation mode from cooling to heating and vice versa are shown. The results obtained are compared with the theoretical ones, the difference between them being defined.

Keywords: thermoelectric system, prototype, thermal influence, arm, temperature, experimental stand, full-scale tests.

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 методик 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. [1–8]. 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 «Дагестанский государственный технический университет» разработана термоэлектрическая система (ТЭС) для осуществления лечебного теплового воздействия на отдельные зоны руки человека. В настоящей работе представлены результаты ее экспериментальных исследований.

Для проведения натурных испытаний ТЭС для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека собран экспериментальный стенд. Принципиальная схема стенда показана на рис. 1, а, а его внешний вид — на рис. 1, б. Объектом экспериментальных исследований явился опытный образец ТЭС, реализованный в виде конструкции, содержащей гибкое эластичное основание l со встроенными в него четырьмя термоэлектричес-

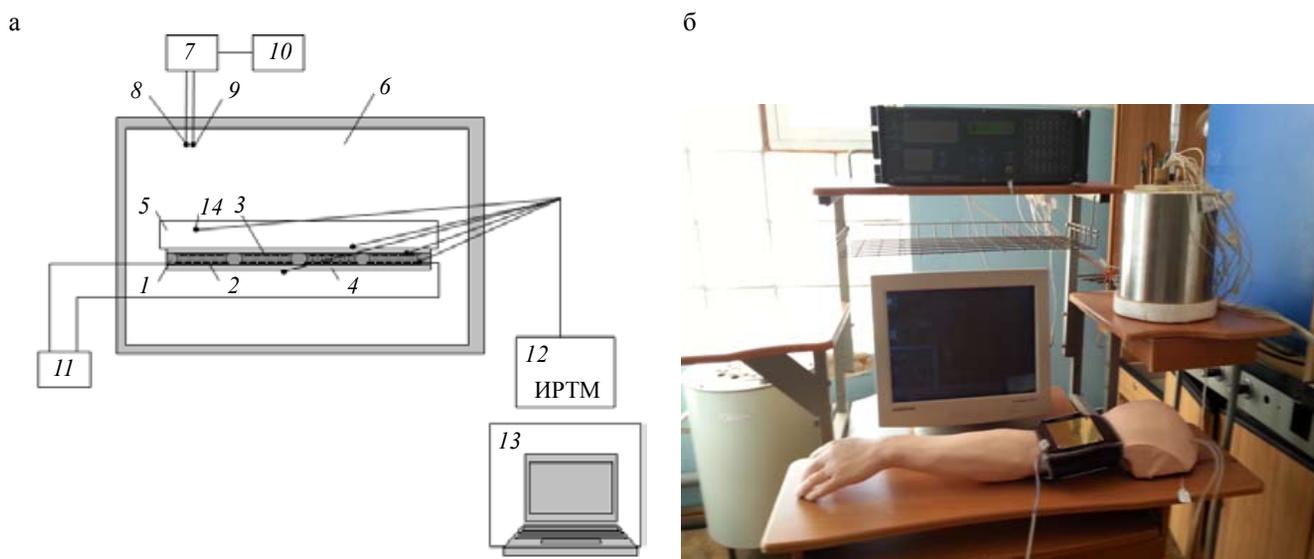


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования характеристик опытного образца ТЭС для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека: а — принципиальная схема; б — внешний вид

кими 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 модуля, выполняющих роль теплоотводов). В качестве биологического объекта использована модель руки человека 5, изготовленная фирмой Nasco, модель LF01121U (США). Геометрические размеры основных составляющих частей опытного образца системы, данные в миллиметрах, показаны на рис. 2. При натурных испытаниях опытного образца системы использованы стандартные ТЭМ типа ТВ-63-1.4-2.5 (изготовитель — ИПФ «Криотерм»), основные характеристики которых приведены в работе [9].

При проведении эксперимента образец ТЭС помещалась в климатическую камеру б, рабочий объем которой составляет 120л. 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. Измерения 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. Тер-

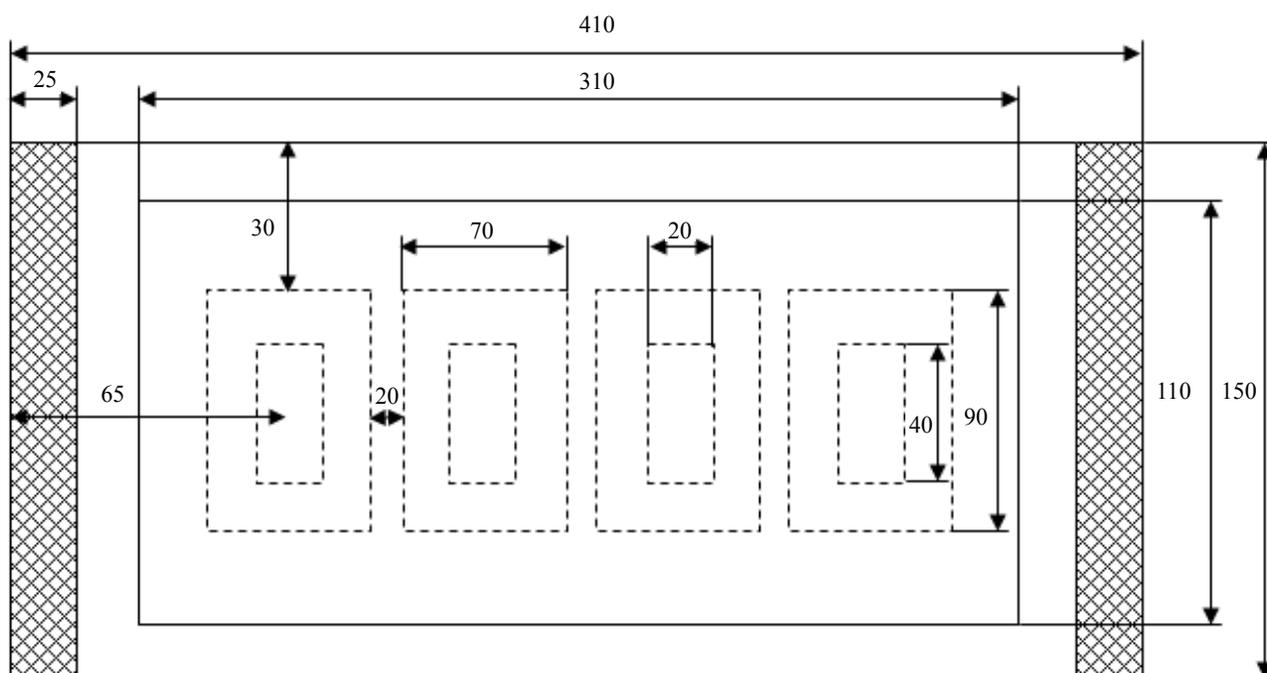


Рис. 2. Эскизный рисунок опытного образца ТЭС с основными геометрическими размерами

мопары размещались на рабочих и опорных спаях ТЭМ, тепловывравнивающих пластинах, а также в контрольных точках модели руки человека и в окружающей среде.

При проведении эксперимента выходные сигналы с термопар поступали на вход измерителя ИРТМ 2402/МЗ, предназначенного для многоканального определения температуры, а также некоторых других неэлектрических величин. Сопряжение ПЭВМ и многоканального измерителя температуры осуществляется за счет наличия в последнем интерфейса RS232 для обмена информацией с ПЭВМ.

Перед выполнением измерений проверялась надежность электрических и тепловых контактов, механическое сопряжение всех основных частей экспериментального стенда, опытного образца ТЭС и модели руки человека. Опыты проводились сериями по четыре эксперимента в идентичных условиях в соответствии с рекомендациями, изложенными в [10].

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 — $283 \div 318$ К;

— температура окружающей среды — 293 К;

— точность поддержания температуры — 0,5 К.

На рис. 3 представлены кривые изменения температуры модели руки человека на уровне средней трети плеча во времени при охлаждающем и нагревающем воздействии для различных значений токов питания ТЭМ. Как следует из представленных данных, 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. При этом необходимо отметить, что ток питания ТЭС при работе последней в режиме нагрева существенно меньше (1,1 А), чем в случае ее

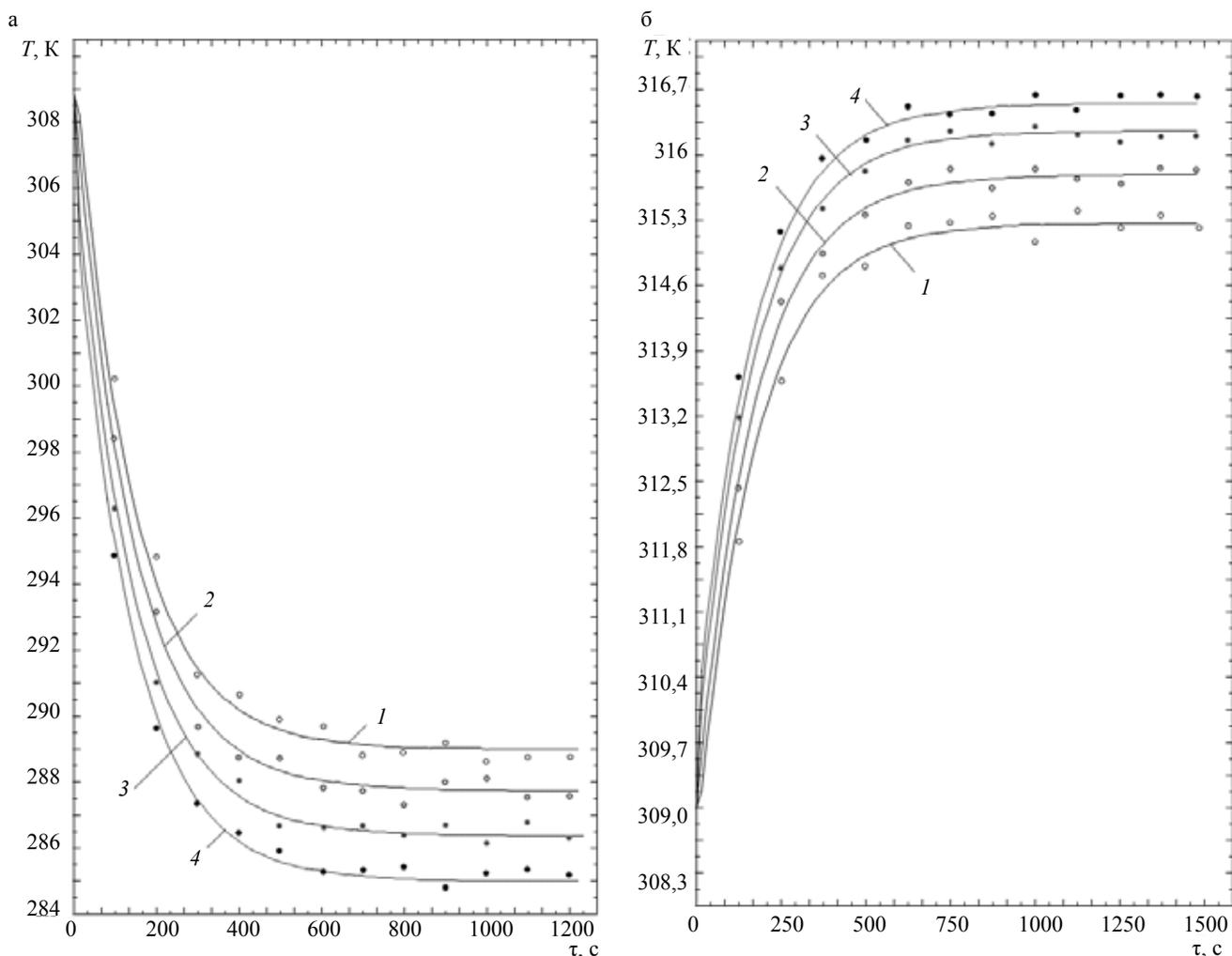


Рис. 3. Изменение температуры модели руки человека (средней трети плеча) во времени для различных значений тока питания ТЭМ: а — при охлаждающем воздействии: 1 — $I = 2,6$ А; 2 — $I = 2,9$ А; 3 — $I = 3,2$ А; 4 — $I = 3,5$ А; б — при нагревающем воздействии: 1 — $I = 0,5$ А; 2 — $I = 0,7$ А; 3 — $I = 0,9$ А; 4 — $I = 1,1$ А

эксплуатации в режиме охлаждения (3,5 А), что определяется ограничением температуры кожного покрова значением 318 К, соответствующим появлению болевых ощущений от процедуры.

При изучении параметров разработанной ТЭС представляет интерес оценка потерь, связанных с конечным значением коэффициента теплопередачи от устройства к биологическому объекту, а также оценка температуры опорных спаев ТЭМ. Для этого получены зависимости изменения во времени температуры в различных точках исследуемой системы, а именно непосредственно модели руки человека, холодного и горячего спаев ТЭМ при тепловом воздействии на среднюю треть плеча.

Согласно полученным данным разность температур между рабочими спаями ТЭМ и биологическим объектом составляет порядка 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.

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. 4. Результаты рассмотрены для режимов: 1 — $I_{охл} = 3,1 \text{ А}$, $I_{нагр} = 0,9 \text{ А}$; 2 — $I_{охл} = 2,8 \text{ А}$, $I_{нагр} = 0,6 \text{ А}$; 3 — $I_{охл} = 2,5 \text{ А}$, $I_{нагр} = 0,3 \text{ А}$.

В обоих случаях продолжительность переходного процесса с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот относительно 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.

Список литературы

1. Боголюбов В. М., Улащик В. С. Комбинирование и сочетание лечебных физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация, 2004, № 5.
2. Ежов В. В. Физиотерапия и физиофилактика как методы и средства сохранения и восстановления здоровья // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация, 2011, № 4.

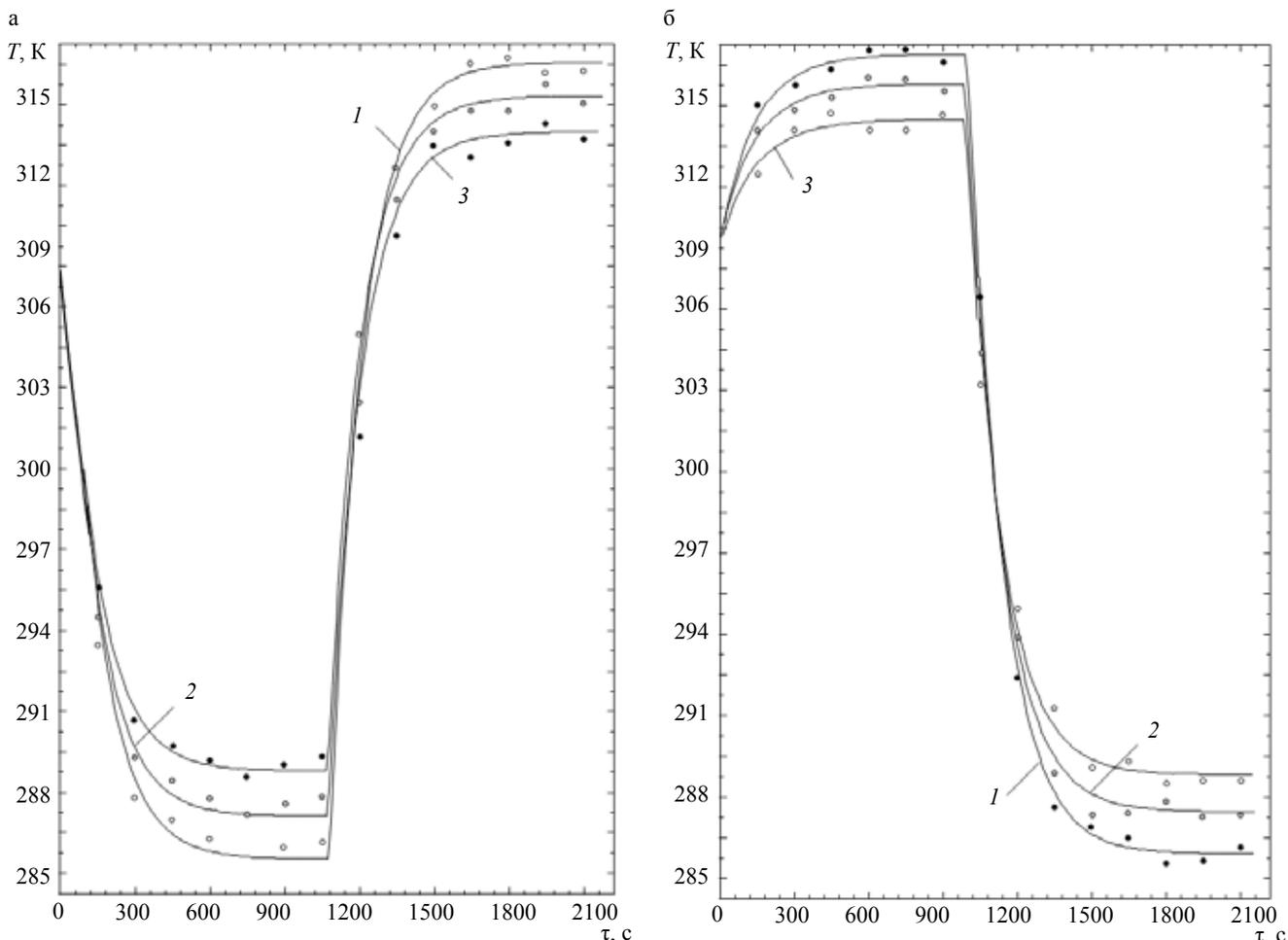


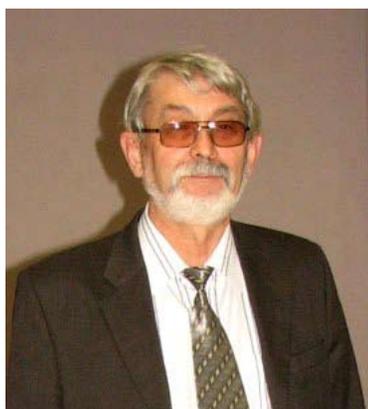
Рис. 4. Изменение температуры модели руки человека (средней трети плеча) во времени при контрастном динамическом тепловом воздействии: а — переход ТЭС из режима охлаждения в режим нагрева для различных значений тока питания ТЭБ: 1 — $I_{охл} = 3,1 \text{ А}$; 2 — $I_{охл} = 2,8 \text{ А}$; 3 — $I_{охл} = 2,5 \text{ А}$; б — переход ТЭС из режима нагрева в режим охлаждения для различных значений тока питания ТЭБ; 1 — $I_{нагр} = 0,9 \text{ А}$; 2 — $I_{нагр} = 0,6 \text{ А}$; 3 — $I_{нагр} = 0,3 \text{ А}$

3. Патент РФ на изобретение №2499590 Способ грязе-лечения. Бузыкин А. Е., 2013.
4. Баранов А. Ю. Искусственный холод на службе здоровья // Вестник Международной академии холода. 2006. № 1.
5. Боголюбов В. М., Сидоров В. Д. Физиотерапия в реабилитации больных ревматоидным артритом // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация, 2012, № 2.
6. Ежов В. В. Физиотерапия и физиопрофилактика как методы и средства сохранения и восстановления здоровья // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация, 2011, № 4.
7. Комарова Л. А. Руководство по физическим методам лечения. /Л. А. Комарова, Л. А. Благовидова. — Л.: Медицина, 1983.
8. Магазаник Г. Л. Тепловые лечебные средства. — Л.: Медгиз, 1961.
9. <http://www.kryotherm.ru>.
10. Новицкий В. П., Зорграф И. А. Оценка погрешности результатов измерений. — Л.: Энергоатомиздат, 1991.

References

1. Bogolyubov V. M., Ulashchik V. S. Combination and combination of medical physical factors. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2004, No 5. (in Russian)
2. Ezhov V. V. Physical therapy and fizioprafilaktika as methods and means of saving and recovery of health. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2011, No 4. (in Russian)
3. Patent Russian Federation for the invention No. 2499590. Mud cure method. Buzykin A. E., 2013. (in Russian)
4. Baranov A. Yu. Artificial cold on service of health. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2006. No 1. (in Russian)
5. Bogolyubov V. M., Sidorov V. D. Physical therapy in rehabilitation of patients with rheumatoid arthritis. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2012, No 2. (in Russian)
6. Ezhov V. V. Physical therapy and fizioprafilaktika as methods and means of saving and recovery of health. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2011, No 4. (in Russian)
7. Komarova L. A., Blagovidova L. A. Manual on physical methods of treatment. Leningrad, 1983. (in Russian)
8. Magazanik G. L. Thermal remedies. Leningrad. 1961. (in Russian)
9. <http://www.kryotherm.ru>.
10. Novitsky V. P., Zorgraf I. A. Assessment of an error of results of measurements. Leningrad, Energoatomizdat, 1991. (in Russian)

Поздравляем с юбилеем Ю. А. Лаптева!



23 декабря 2014 г. исполняется 70 лет со дня рождения Главному ученому секретарю Международной академии холода, Академику МАХ Юрию Александровичу Лаптеву.

Юрий Александрович поступил в Ленинградский технологический институт холодильной промышленности (ЛТИХП) в 1968 г., имея опыт работы на Мурманской судовой верфи и службы в ВС СССР, и с отличием окончил вуз. С 1973 г. работает на кафедре теоретических основ тепло- и хладотехники (ТОТХТ). В 1976 г. принят в аспирантуру кафедры. В 1979 г.

защитил кандидатскую диссертацию и работал в НИЦ кафедры, являясь ведущим научным сотрудником. В 1983 г. Юрий Александрович был избран ученым секретарем Рабочей группы Научного Совета РАН, а в 1995 г. — Главным ученым секретарем Международной Академии холода, награжден Почетной грамотой Минобрнауки РФ, имеет звание «Почетный работник науки и техники РФ».

На сегодняшний день Ю. А. Лаптев продолжает трудиться в должности тьютора на кафедре ТОТХТ Института холода и биотехнологий Университета ИТМО.

Лаптев Ю. А. за многие годы работы проявил себя как ответственный исполнитель и научный руководитель важнейших НИР, он активно участвует в учебном процессе, руководит магистрантами, является куратором заочной формы образования на кафедре. Область его научных интересов — теплофизические свойства хладагентов и хладоносителей, их применение и эколого-энергетические характеристики. Юрий Александрович автор более двухсот пятидесяти научных работ, пособий, статей, стандартов, изобретений в области свойств хладагентов.

Юрий Александрович исключительно добросовестный, высококвалифицированный специалист, надежный, искренний, доброжелательный и отзывчивый товарищ и коллега. Он заслуженно пользуется авторитетом и уважением в коллективе университета и среди членов Международной академии холода.

*Президиум Международной академии холода, редколлегия журнала «Вестник МАХ» сердечно поздравляют Вас, Юрий Александрович, с юбилеем!
Желаем крепкого здоровья, энергии, творческого задора, новых профессиональных достижений и благополучия в семье!*