

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 519.711.3:537.32

Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Хазамова М.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Ismailov T.A., Mispahov I.Sh., Evdulov O.V., Hazamova M.A.

EXPERIMENTAL STUDIES THERMOELECTRIC SYSTEMS FOR SHORT-TERM STORAGE AND TRANSPORTATION OF BIOLOGICAL MATERIAL

Описана принципиальная схема экспериментального стенда термоэлектрической системы для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала. Разработана методика проведения экспериментального исследования термоэлектрической системы. Приведены результаты экспериментального исследования.

Ключевые слова: *биологический материал, субстанция, термоэлектрическая батарея, математическая модель, камеры, контейнеры.*

Described a schematic diagram of an experimental stand thermoelectric system for short-term storage and transportation of biological material. The technique of the pilot study of the thermoelectric system. The results of the pilot study.

Key words: *biological material, substance, thermoelectric battery, mathematical model, compartment, container.*

Биологический материал, такой, как клетки, кровь, ранние эмбрионы, образцы ткани и др., при обычных условиях подвержены изменениям и разрушению. Долгосрочная консервация данного биоматериала осуществляется при температурах порядка -130°C и ниже и производится только за счет использования жидкого азота [1]. Зародившись в 50-х годах XX века, метод криопрезервации жидким азотом основывается на мгновенной заморозке, – однако низкая выживаемость клеток в результате повреждения, как первичного от внутри- и внеклеточного образования льда, так и вторичного от обезвоживания клеток и повышения концентрации ионов в значительной степени снижает его эффективность.

В этих условиях применение для краткосрочной консервации, требующейся, в том числе, и при перевозке биологического материала, жидкого азота с соответствующими криопротекторами является не всегда оправданным. Тем более, что для большинства биологических материалов допускается краткосрочная (порядка нескольких часов) консервация при температуре -10°C – -40°C без потери его важных свойств.

Таким образом, целесообразным является проектирование специальных средств для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов, реализующих умеренный температурный диапазон хранения объектов, лежащих в указанных пределах. Для этих целей представляется эффективным использование в качестве средства понижения температуры в контейнере с биологической субстанцией охлаждающих термоэлектрических устройств (ТЭУ), обладающих высокой надежностью, компактностью, точностью поддержания температуры, экологичностью и высоким ресурсом работы. Кроме того, применение охлаждающих ТЭУ дает возможность одновременной стабилизации температуры различных объектов на разных температурных уровнях, что важно при одновременной транспортировке разнотипных биологических материалов, имеющих разные температурные режимы хранения.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет» разработана термоэлектрическая система (ТЭС) для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов [2]. Настоящая статья посвящена результатам экспериментальных исследований опытного образца системы.

Экспериментальные исследования ТЭС проводились на стенде, принципиальная схема которого приведена на рис.1, а общий вид показан на рис.2.

Изучение процессов теплообмена осуществлялось на опытной модели ТЭС (рис.3), содержащей теплоизолированный корпус 1 с крышкой 2. Внутри корпуса находится камера, разделенная на два теплоизолированных друг от друга отсека 3. Дно каждого из отсеков приведено в хороший тепловой контакт с ТЭБ 4. Причем, первый отсек контактирует с однокаскадной ТЭБ типа TURBO-1,3-Parallel, а второй – с двухкаскадной ТЭБ типа ТВ-2-(127-127)-1,15. Отвод теплоты от горячих спаев осуществляется посредством воздушного теплоотвода, включающего в себя плоскую радиаторную систему 5 и вентилятор 6. При проведении эксперимента в каждый из отсеков помещался имитатор биологического материала 7, в качестве которого использовалось желатиновая субстанция.

Для проведения замеров значений температуры в характерных точках конструкции использовались медь-константановые термопары 8, опорные спаи которых размещены в сосуде Дьюара, заполненном тающим льдом. Сигналы с термопаром через многоканальный переключатель поступали на измерительный комплекс 9, значения измеренного сигнала с которого передавались на персональный ЭВМ 10 посредством интерфейса связи RS-232. В качестве измерительного комплекса использовалась система ИРТМ 2402/ М3 10.

ТЭБ запитывались от управляемого многоканального источника электрической энергии 11, величина тока и падения напряжения, в цепи которого контролировались с помощью встроенных в источник вольтметра и амперметра.

При проведении экспериментальных исследований опытный образец ТЭС помещался в теплоизолированную климатическую камеру 12. Камера обеспечивает поддержание температуры в пределах от 10 до 70 °С с точностью 1°С и при относительной влажности от 30% до 98%. Заданная температура и относительная влажность в камере регулируются блоком управления 13, связанным с датчиком температуры и влажности 14, показания которого регистрируются цифровым табло 15. Перед проведением эксперимента проверялась надежность тепловых и электрических контактов. Опыты проводились сериями по четыре эксперимента в идентичных условиях.

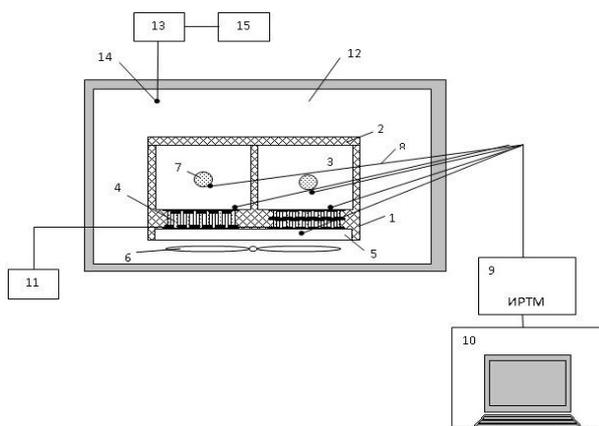


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментального стенда



Рисунок 2 - Внешний вид экспериментального стенда



Рисунок 3 - Внешний вид
опытного образца ТЭС

На основе разработанного экспериментального стенда был проведен ряд опытов, позволяющих судить о приемлемости разработанной математической модели ТЭС для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала.

Основной задачей при проведении экспериментальных исследований опытного образца системы являлось определение зависимости изменения температуры в различных точках исследуемого объекта от времени при фиксированных значениях тока питания ТЭБ, использовании различного рода наполнителей отсеков с биологическим материалом, а также изменяющихся значений температуры окружающей среды. Важным

являлось сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими с целью проверки адекватности математической модели ТЭС.

На рис.4 рассмотрено изменение температуры контрольных точек опытного образца ТЭС во времени при токе питания однокаскадной ТЭБ 5 А и двухкаскадной ТЭБ – 8 А. В качестве контрольных точек рассматривались биологические материалы и холодные спай ТЭБ. Как следует из представленных данных, при отсутствии какого-либо наполнителя в отсеке с биологической субстанцией, разность температур между ней и холодными спаями ТЭБ имеет существенную величину. При данных величинах тока питания это различие составляет порядка 8 К при выходе ТЭС в стационарный режим работы. Данное обстоятельство обуславливает необходимость применения различного рода наполнителей, увеличивающих эффективный коэффициент теплопередачи между стенками отсеков и биологическим материалом.

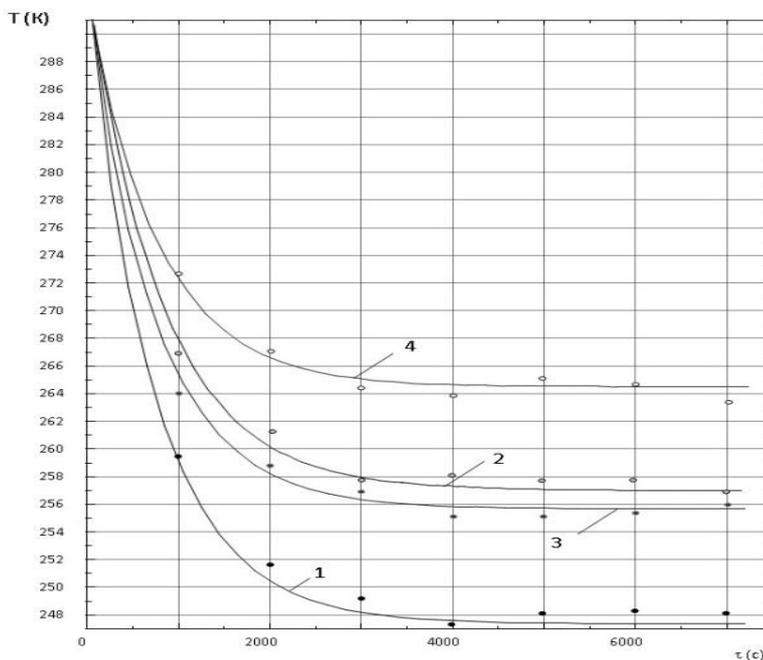


Рисунок 4 - Изменение температуры контрольных точек опытного образца ТЭС во времени при токе питания однокаскадной ТЭБ 5 А, двухкаскадной ТЭБ – 8 А. 1 – температура холодного спая двухкаскадной ТЭБ, 2 – температура имитатора биологического материала, охлаждаемого двухкаскадной ТЭБ, 3 – температура холодного спая однокаскадной ТЭБ, 4 – температура имитатора биологического материала, охлаждаемого однокаскадной ТЭБ

На рис.5 представлено изменение температуры имитатора биологического материала во времени при различных значениях токах питания однокаскадной ТЭБ. Данные зависимости позволяют оценить возможные температурные уровни хранения биологических материалов при использовании конкретного типа ТЭБ. В соответствии с расчетными данными увеличение тока питания каждой из ТЭБ в пределах до его максимального значения снижает температуру биологической субстанции. Так при увеличении тока питания однокаскадной ТЭБ с 3 до 7 А снижает температуру биологического объекта с 270 до 261 К.

Как было отмечено выше, на температурный режим биологической субстанции существенно влияет теплообмен внутри соответствующего отсека для хранения. При отсутствии наполнителей в емкости для хранения биологического материала имеет место естественный конвективный теплообмен между охлаждаемыми стенками контейнера и биологическим материалом. Именно поэтому в ТЭС присутствует значительная разность температур между холодными спаями ТЭБ и охлаждаемыми биологическими субстанциями. Для ее уменьшения целесообразным является применение различного рода наполнителей, позволяющих интенсифицировать теплообмен в отсеке. Были рассмотрены варианты, при которых в пространство отсека для хранения биологического материала вводились сотовые конструкции, выполненные из меди и алюминия. Полученные результаты представлены на графиках, изображенных на рис.6 для двухкаскадной ТЭБ. В соответствии с ними введение указанных наполнителей в пространство между биологическим материалом и стенками отсека значительно снижает разность температур между ними. Так, введение сотовой конструкции из алюминия снижает температуру биологического объекта на 4,5 К, а сотовой конструкции из меди на 6,5 К по сравнению с эксплуатацией ТЭС без оных.

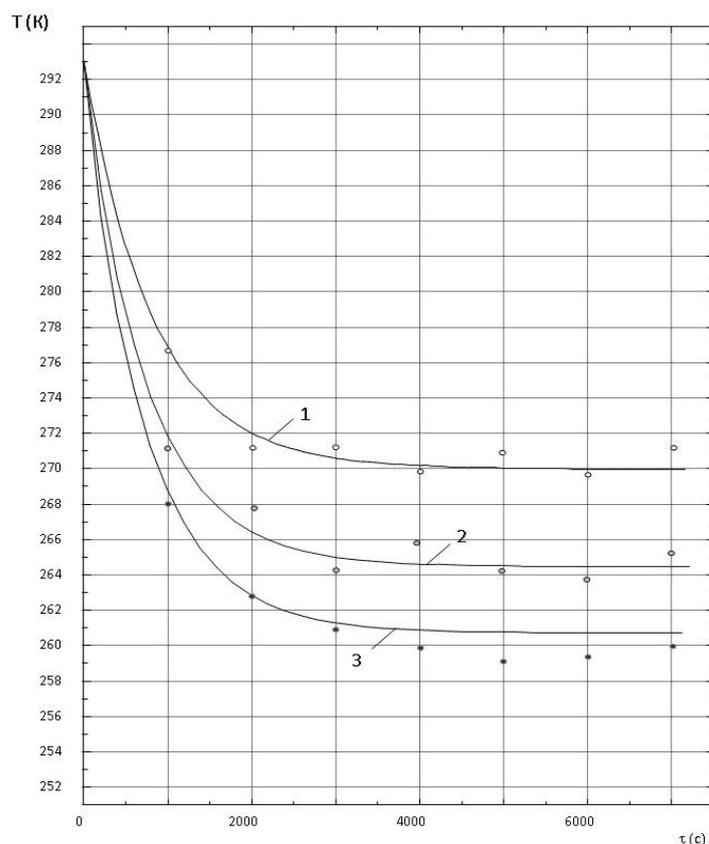


Рисунок 5 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при различных значениях токах питания однокаскадной ТЭБ

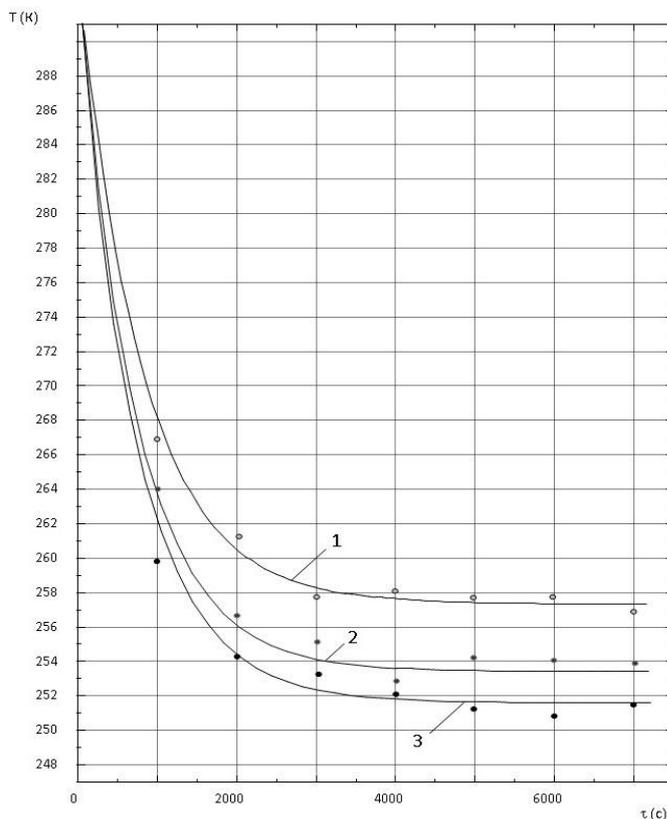


Рисунок 6 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при токе питания двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных типах наполнителей
1 – наполнитель отсутствует, 2 – наполнитель из алюминиевой сотовой конструкции,

Таким образом, полностью подтверждены теоретические выкладки, говорящие о необходимости увеличения коэффициента теплопередачи в ТЭС между стенками отсеков для хранения биологического материала и непосредственно самой биологической субстанцией. При этом в случае, когда нет ограничений по массе конструкции ТЭС, наиболее предпочтительным вариантом является заполнение пространства частой медной сеткой, либо медной крошкой.

Надежность функционирования разработанной ТЭС во многом зависит от эффективного теплосъема с опорных спаев ТЭБ. На рис.7 для оценки возможностей теплосъема с горячих спаев ТЭБ в системе приведены данные об изменении температуры ребристого радиатора ТЭС во времени при охлаждающем воздействии для различных значений тока питания ТЭБ.

Согласно приведенным графикам зависимостей, следует, что значение температуры горячих спаев ТЭБ вполне приемлемо для используемого типа (при токе питания двухкаскадной ТЭБ, равном 7 А, температура горячего спаев последней составляет примерно 312 К). Данное обстоятельство определяет достаточно эффективный теплосъем в рассматриваемых условиях с горячих спаев ТЭБ и дает основание полагать о надежной работе разработанного прибора при перевозке биологического материала.

Для оценки влияния внешних условий на работу ТЭС построены зависимости изменения температуры биологического объекта во времени при различных величинах температуры окружающей среды (рис.8). Как следует из представленных данных, увеличение температуры окружающей среды на 10 К вызывает увеличение температуры охлаждаемой биологической субстанции не более, чем на 1 К при выбранном типе

теплоизоляции. Данное обстоятельство дает возможность говорить об отсутствии необходимости использования специальных мер по тепловой изоляции в ТЭС.

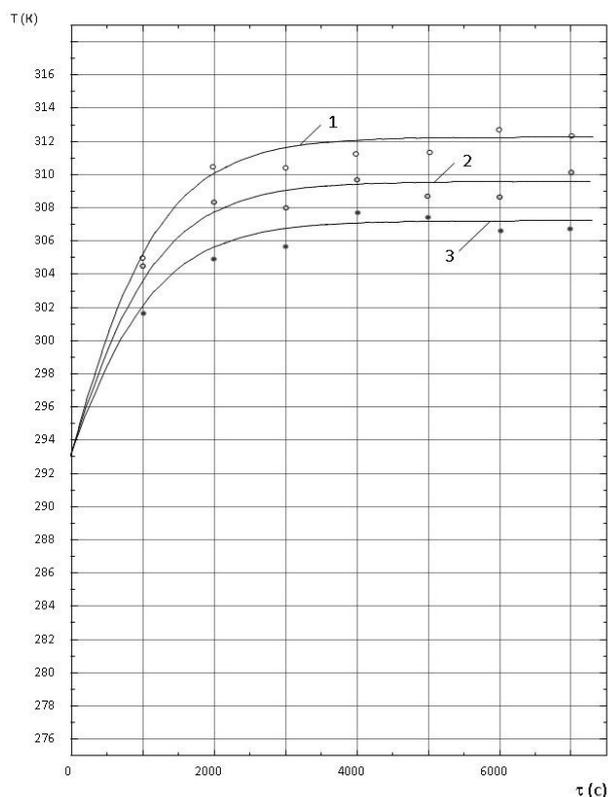


Рисунок 7 - Изменение температуры горячего спая ТЭБ во времени при различных значениях тока питания двухкаскадной ТЭБ 1 – I=3 А, 2 – I=5 А, 3 – I=7 А

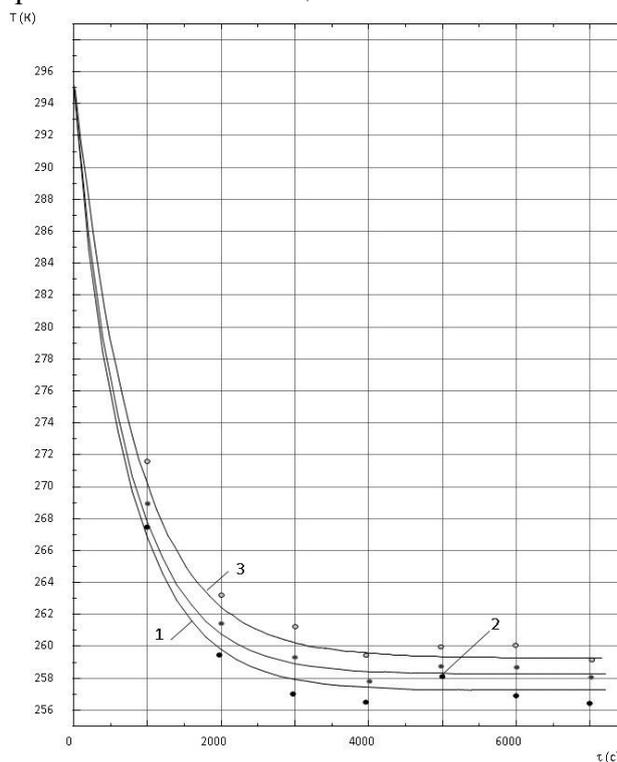


Рисунок 8 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при токе питания двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных значениях температуры окружающей среды 1 – T_{ср}=293 К, 2 – T_{ср}=303 К, 3 – T_{ср}=313 К

По результатам экспериментов проведено сопоставление расчетных и экспериментальных данных. На рис.4-8, помимо экспериментальных точек, представлены также и результаты теоретических изысканий.

Представленные данные определяют приемлемую точность математической модели ТЭС. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 7-7,5 °С. Наибольшее отклонение расчетных данных от опыта наблюдается в основном с промежутком времени, связанном с выходом системы на режим, что определяется влиянием окружающей среды и неидеальной тепловой изоляцией системы «прибор-объект воздействия», а также некоторым разбросом параметров ТЭБ и измерительных приборов. Причем в случае достижения наименьших температур экспериментальные данные имеют наибольшее отклонение от теоретических. Данное обстоятельство в основном, связано с не идеальностью тепловой изоляции, что не удовлетворяет условиям, принятым в математических моделях и, соответственно, теплопритоком к устройству.

Библиографический список:

1. Смолянинов А.Б., Кованько Г.Н., Багаутдинов Ш.М., Хурцилава О.Г. Криоконсервация и криохранение стволовых клеток в банках пуповинной крови и костного мозга // Вестник МАХ. 2009, №2.

2. Патент РФ на изобретение №2416769. Термоэлектрический термостат для хранения и перевозки биоматериалов // Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Юсуфов Ш.А., БИ №11 от 20.04.2011.

УДК 615.471

Кишов Р.М.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТОНОМЕТР С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Kishov R.M.

THE AUTOMATIC BLOOD PRESSURE METER FOR RESEARCH PURPOSES USING DIGITAL FILTRATION

Артериальная гипертензия и такие ее последствия, как ишемический инсульт и инфаркт миокарда остаются одними из наиболее смертоносных и, вместе с тем, наиболее распространенных заболеваний человека. Неотъемлемой частью профилактики и терапии таких заболеваний является необходимость в постоянном инструментальном слежении за уровнем артериального давления. В данной статье предлагается медицинский тонометр, адаптированный для проведения исследований. Предлагается метод автоматического определения уровня давления в манжете, достаточного для начала проведения процедуры измерения.

Ключевые слова: измерение артериального давления, осциллометрический метод, точность измерения артериального давления.

Arterial hypertension and its consequences such as ischemic stroke and cardiac infarction are remains ones of the most lethal and at the same time prevailing at the same human's diseases. Necessity of constant instrumental blood pressure monitoring is one of the inalienable parts of the such diseases' prevention and therapy. In this article digital blood pressure meter for research purposes using digital filtration is proposed.

Key words: blood pressure metering, oscillometric method, accuracy of the blood pressure metering.

Одним из важнейших показателей состояния здоровья организма, характеризующим работу кровеносной системы является артериальное давление (АД), которое характеризуется двумя основными параметрами: систолическим (уровень АД во время сокращения сердечной мышцы) и диастолическим АД (давление во время расслабления сердечной мышцы). По данным Всемирной организации здравоохранения в экономически развитых странах доля взрослых людей, страдающих от повышенного артериального давления достигает 25%, но лишь 5% из них знают о своем заболевании, в свою очередь, 40% из них получают соответствующее лечение и только у 10–20% отмечается устойчивая нормализация артериального давления.

Методы инструментального измерения АД можно разделить на две категории: инвазивные и неинвазивные. При этом, к неинвазивным относятся методы, основанные на аускультации артерии и осциллографическом методе регистрации, а инвазивные методы используются только для тяжелобольных в условиях стационара, так как предполагают осуществление измерения посредством введения измерительного элемента непосредственно