

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

УДК 621.362: 537.322

DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-4-34-43

Оригинальная статья /Original Paper

**Экспериментальные исследования термоэлектрического устройства
для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока**
О.В. Евдулов¹, Н.А. Набиев¹, Р.А.-М. Магомадов², Р.Г. Митаров¹

¹Дагестанский государственный технический университет,
367026, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия,

²Грозненский государственный нефтяной технический университет
им.М.Д. Милионщикова,

364051 г. Грозный, проспект им. Х.А. Исаева, 100, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является обобщение результатов проведенных экспериментальных исследований, методики проведения измерений, а также конструкции лабораторного стенда для проведения натурных испытаний термоэлектрического устройства (ТЭУ) для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока. **Метод.** Описан экспериментальный стенд и методика проведения измерений лабораторного образца ТЭУ для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока. Экспериментальный стенд выполнен на основе измерительного оборудования лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств Дагестанского государственного технического университета. **Результат.** Получены графики зависимости изменения во времени температуры контрольных точек лабораторного образца термоэлектрического устройства для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока при различных токах питания термоэлектрической батареи (ТЭБ). Контрольными точками являлись холодные и горячие спаи ТЭБ, имитатор биологического объекта. **Вывод.** С увеличением площади кровотока требуется больше времени для его прекращения. Увеличение диаметра отверстия с кровотоком в среднем на 1 мм увеличивает продолжительность образования тромба, прекращающего кровотечение в среднем на 20 с. Установлено, что для обеспечения эффективной работы термоэлектрического устройства достаточным является использование промышленно выпускаемой термоэлектрической батареи марки ICE-71.

Ключевые слова: остановка кровотечения, локальное замораживание, термоэлектрическое устройство, термоэлектрическая батарея, экспериментальный стенд, методика измерений, температура, натурные испытания

Для цитирования: О.В. Евдулов, Н.А. Набиев, Р.А.-М. Магомадов, Р.Г. Митаров. Экспериментальные исследования термоэлектрического устройства для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021;48(4):34-43. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-4-34-43

**Experimental studies of a thermoelectric device for stopping bleeding
by the method of local freezing of the blood flow zone**

O.V. Evdulov¹, N.A. Nabiev¹, R.A.-M. Magomadov², R.G. Mitarov¹

¹Daghestan State Technical University,
170 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,

²M.D. Milyonshchikov Grozny State Oil Technical University,
100 H.A. Isaeva Ave., Grozny 2364051, Russia

Abstract. Objective. The purpose of the article is to highlight the results of experimental studies, the measurement technique, as well as the design of a laboratory stand for carrying out field tests

of a thermoelectric device (TEC) for stopping bleeding by the method of local freezing of the blood flow zone. **Method.** An experimental stand and a technique for carrying out measurements of a laboratory sample of a TEU for stopping bleeding by the method of local freezing of the blood flow zone are described. The experimental stand is made on the basis of the measuring equipment of the laboratory of semiconductor thermoelectric devices and devices of Daghestan State Technical University. **Result.** The graphs of the time dependence of the temperature change of the control points of the laboratory sample of TEC for stopping bleeding by the method of local freezing of the blood flow zone at various supply currents of the thermoelectric battery (TEB) were obtained. The control points were cold and hot junctions of TEB, a simulator of a biological object. **Conclusion.** The data obtained show that with an increase in the area of blood flow, it takes more time to stop it. An increase in the diameter of the hole with blood flow by an average of 1 mm increases the duration of thrombus formation, which stops bleeding by an average of 20 s. During the experiment, it was found that to ensure the efficient operation of the TEU, it is sufficient to use the commercially available TEB brand ICE-71.

Keywords: stopping bleeding, local freezing, thermoelectric device, thermoelectric battery, experimental stand, measurement technique, temperature, field tests

For citation: O.V. Evdulov, N.A. Nabiev, R.A.-M. Magomadov, R.G. Mitarov. Designs of thermoelectric devices for extracting foreign objects from the human body by freezing. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2021; 48 (4): 34-43. DOI: 10.21822 /2073-6185-2021-48-4-34-43

Введение. Оперативная остановка кровотечения при различного рода поражениях человеческого организма является одним из ключевых факторов, обеспечивающих спасение жизни пациенту [1-3]. Разработка методик и технических средств для ее реализации является одной из важнейших задач медицинской практики, а эффективное использование методов остановки кровотечения необходимо не только медицинскому работнику, но и каждому человеку для оказания само- и взаимопомощи.

При анализе литературных источников установлено, что методы остановки кровотечения делятся на четыре основные группы: механические, химические, биологические и термические [4-15]. При обширных ранениях и сильных кровотечениях одновременно или последовательно применяются несколько методов из перечисленных в различных комбинациях. Для оперативной и временной остановки кровотока наиболее простым способом является механический. Другими методами остановки крови является химический или биологический (использование лекарственных средств, например таких, как криопреципитат, дицинон, кальция глюконат, викасол, протамина сульфат и др.). Однако, в первом случае, может наблюдаться низкая эффективность остановки крови, связанная, например, с плохой свертываемостью, во втором - с недоступностью соответствующих лекарственных препаратов.

В этой связи актуально использование новых методов остановки кровопотерь, к которым относится термический метод, основанный на локальном охлаждении зоны кровотечения. В [16-18] предложен метод остановки кровотечения, в котором в качестве источника холода использовано ТЭУ. Разработана его математическая модель [19], описывающая необходимые режимы работы и ограничения по использованию прибора. Для подтверждения адекватности математической модели проведены экспериментальные исследования лабораторного образца устройства.

Постановка задачи. Целью настоящего исследования является освещение полученных данных экспериментальных исследований, методики проведения измерений, а также конструкции лабораторного стенда для проведения натурных испытаний разработанного прибора.

Методы исследования. Для проведения экспериментальных исследований ТЭУ для остановки кровотечения методом локального замораживания зоны кровотока собран стенд, принципиальная схема которого изображена на рис.1.

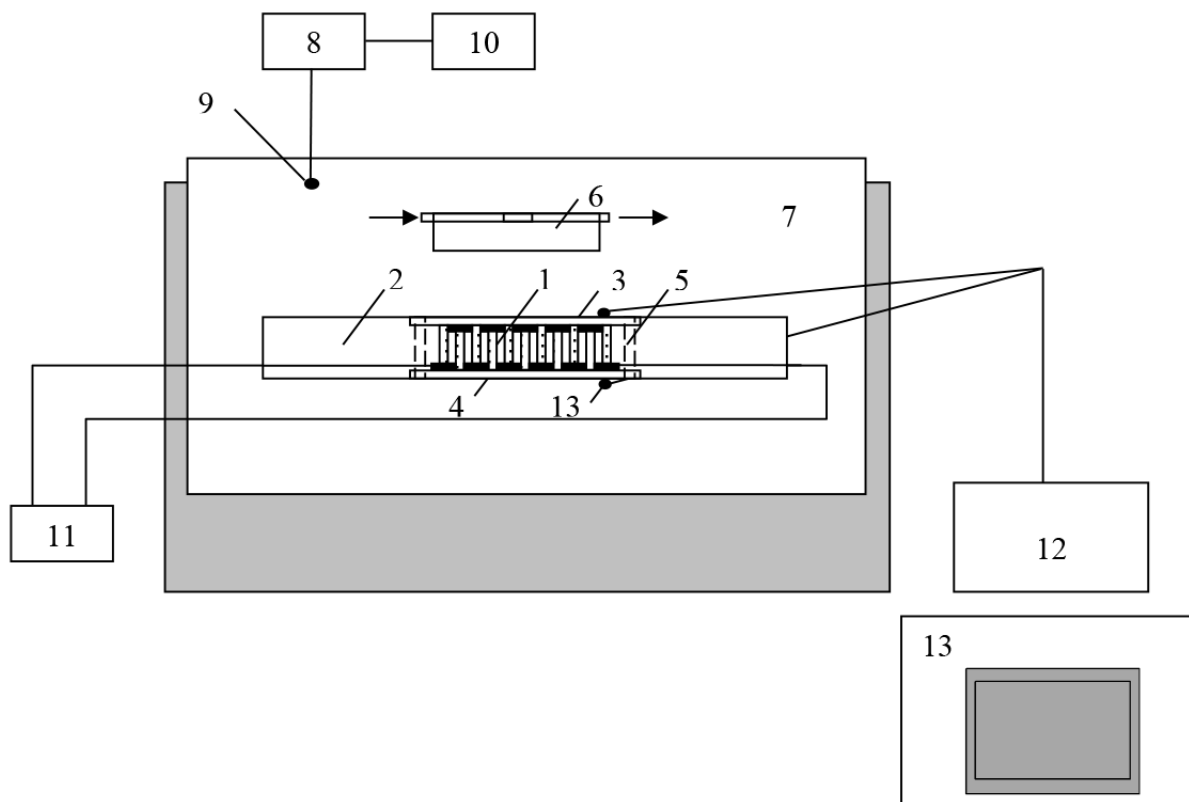


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда

Fig. 1. Schematic diagram of the experimental stand

Объектом экспериментальных исследований являлся опытный образец системы (рис.2), состоящий из исполнительного элемента - ТЭБ 1, закрепленного на фиксирующем приспособлении 2, представляющем собой ремень из кожного материала с застежкой типа Hook & Loop.



Рис. 2. Внешний вид лабораторного образца термоэлектрического устройства для остановки кровотечения

Fig. 2. External view of a laboratory sample of a thermoelectric device for stopping bleeding

Рабочая поверхность ТЭБ приведена в тепловой контакт с тепловыравнивающей пластиной 3, а поверхность, противоположная рабочей - с теплосъемной пластиной 4, выполняющей функции воздушного теплоотвода. ТЭБ, тепловыравнивающая, теплосъемная пластина и фиксирующее приспособление связаны между собой креплениями 5 в виде болтового соединения. Геометрические размеры опытного образца ТЭУ указаны на рис.3, где показан эскизный чертеж прибора. В качестве источника холода использовалась ТЭБ марки ICE-71 (производство ООО «Криотерм» (г. Санкт-Петербург) [20]. При проведении натурных испытаний лабораторный образец ТЭУ приводился в плотный механический и тепловой контакт с объектом воздействия - имитатором биологического объекта с зоной кровотока 6.

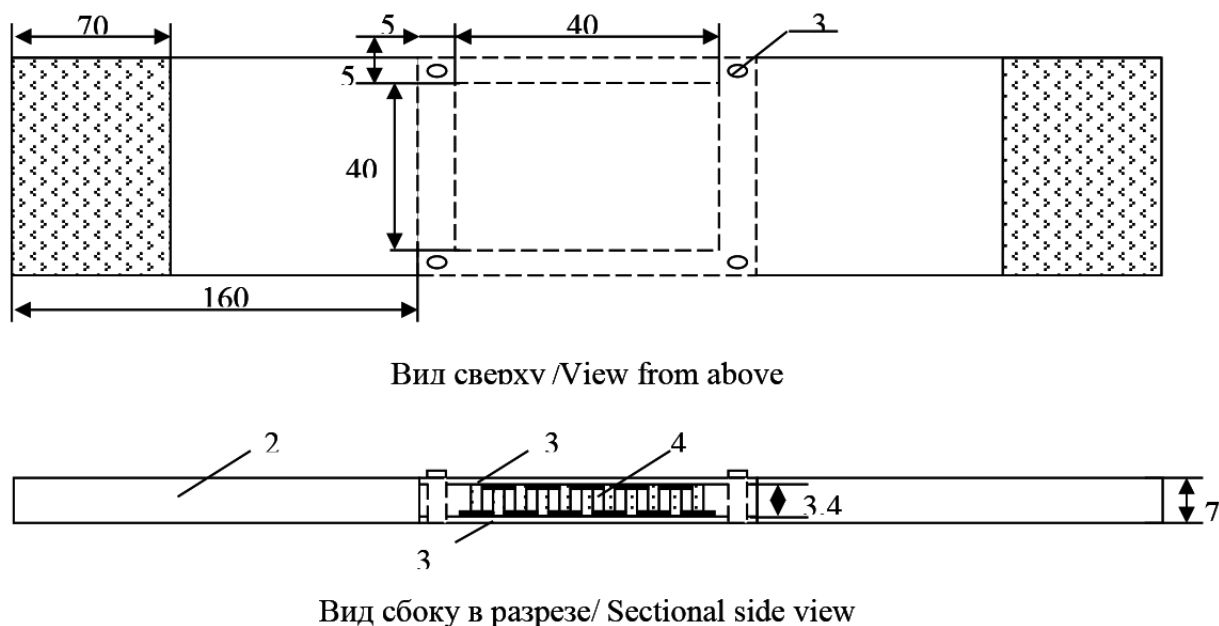


Рис. 3. Эскизный рисунок лабораторного образца термоэлектрического устройства для остановки кровотечения с основными геометрическими размерами
Fig. 3. Sketch drawing of a laboratory sample of a thermoelectric device for stopping bleeding with basic geometric dimensions

Имитатор биологического объекта представлял собой некоторый объем, заполненный силиконом, внутри которого непосредственно у его поверхности вдоль всей длины размещалась медицинская трубка, по которой прокачивалась вода. На верхней поверхности медицинской трубки проделывались отверстия различного диаметра, имитирующие область кровотечения.

При проведении натурных испытаний лабораторный образец ТЭУ помещался в климатическую камеру 7 с термостатируемым рабочим объемом. Диапазон устанавливаемых температур в климатической камере варьируется в пределах $283 \div 343$ К с погрешностью стабилизации температуры не более 1 К при относительной влажности $30 \div 98\%$. Температура и относительная влажность воздуха в камере регулировались управляющим блоком 8, связанным с датчиками температуры и влажности 9, показания которых выводятся на соответствующее цифровое табло 10. При проведении натурных испытаний ТЭУ питание ТЭБ осуществлялось источником электрической энергии 11. Величины питающего электрического тока и напряжения в источнике энергии контролируются встроенными в него амперметром и вольтметром. Для измерения температуры в требуемых точках системы использовался многоканальный измеритель температуры ИРТМ 2402/ МЗ 12, подключенный к ПЭВМ 13. В ходе эксперимента определялись ток и напряжение на ТЭБ, температура в контрольных точках опытного образца ТЭУ, температура в объеме климатической камеры. Измерения температуры проводились медь-константовыми термопарами 13, опорные спаи которых помещались в сосуд Дьюара, а сигнал с рабочих спаев направлялся на измеритель ИРТМ 2402/ МЗ и выводился на монитор ПЭВМ.

Термопары устанавливались на опорных и рабочих спаях ТЭБ, в контрольных точках поверхности основания и в окружающей среде. В процессе эксперимента выходные сигналы с термопар регистрировались прибором ИРТМ 2402/МЗ, предназначенным для многоканального измерения температуры, а также других неэлектрических величин. Перед проведением эксперимента осуществлялась проверка надежности механических, тепловых и электрических контактов. Опыты проводились сериями по четыре раза в идентичных условиях.

Обсуждение результатов. На основе разработанного стенда для проведения натурных испытаний опытного образца ТЭУ был проведен ряд опытов, позволяющих судить о соответствии разработанной математической модели практике. Главной задачей при проведении экс-

периментальных исследований являлось определение зависимости изменения температуры в различных точках исследуемого ТЭУ, а также имитатора биологического объекта от времени при фиксированных значениях тока питания ТЭБ и напора воды в отверстиях, имитирующих область кровотока; фиксация времени, необходимого для прекращения истечения воды из отверстий при оговоренных условиях. Важным являлось сравнение полученных экспериментальных данных с результатами численного эксперимента.

В процессе проведения натурных испытаний устройства задавались следующие исходные данные: температура внутри климатической камеры - 310 К; относительная влажность внутри климатической камеры - 64 %; точность поддержания температуры в климатической камере - 0,5 К; температура поступающей в имитатор биологического объекта воды - 310 К; скорость протекания воды в имитаторе биологического объекта от 100 до 300 мм/с.

На рис. 4-6 представлены зависимости изменения во времени температуры у поверхности имитатора биологического объекта при замораживании области истечения воды при токах питания ТЭБ 4, 6, и 8 А и скорости протекания воды 100 мм/с, 200 мм/с, 300 мм/с соответственно. Наблюдения прекращались при образовании ледяной корки, достаточной для прекращения истечения воды.

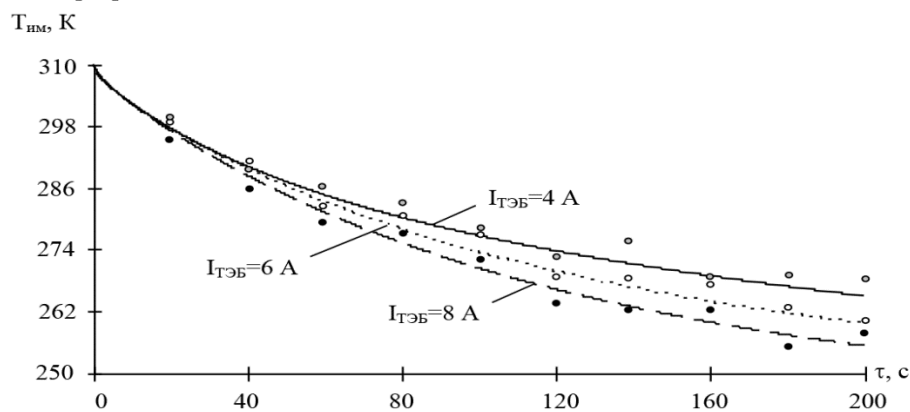


Рис. 4. Зависимость температуры у поверхности имитатора биологического объекта от времени при замораживании области истечения воды для различных значений тока питания ТЭБ и скорости протекания воды 100 мм/с

Fig. 4. Dependence of the temperature at the surface of the biological object simulator on time when freezing the area of water outflow for different values of the thermopile supply current and water flow rate 100 mm/s

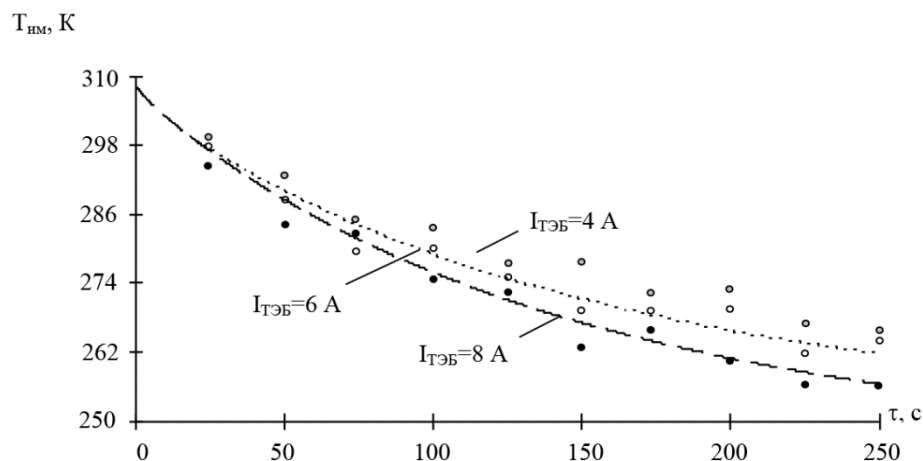


Рис. 5. Зависимость температуры у поверхности имитатора биологического объекта от времени при замораживании области истечения воды для различных значений тока питания ТЭБ и скорости протекания воды 200 мм/с

Fig. 5. Dependence of the temperature at the surface of the biological object simulator on time when freezing the area of water outflow for different values of the thermopile supply current and water flow rate 200 mm/s

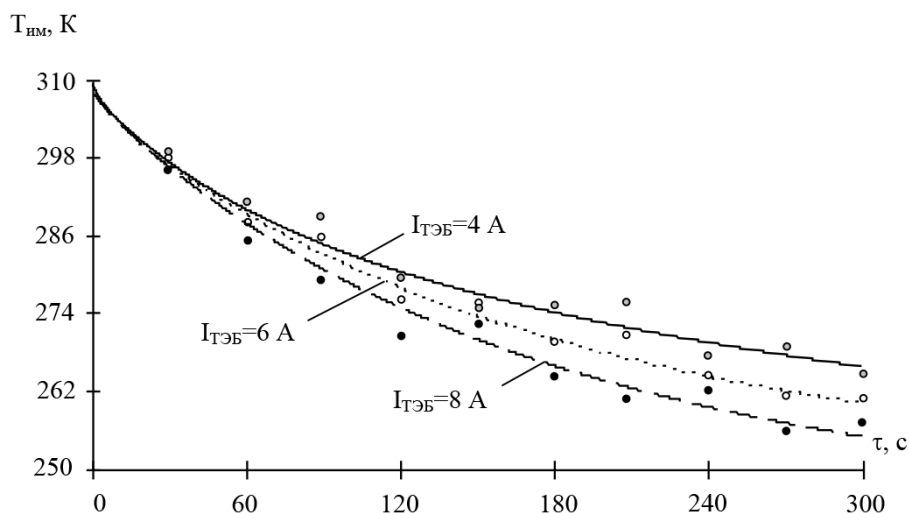


Рис. 6. Зависимость температуры у поверхности имитатора биологического объекта от времени при замораживании области истечения воды для различных значений тока питания ТЭБ и скорости протекания воды 300 мм/с

Fig. 6. Dependence of the temperature at the surface of the biological object simulator on time when the area of water outflow is frozen for different values of the thermopile supply current and the water flow rate of 300 mm/s

На рис.7 представлены результаты измерений продолжительности образования ледяной корки, прекращающей истечение воды, от различных значений тока питания ТЭБ при диаметре отверстий 3, 5 и 7 мм и скорости протекания воды 100 мм/с.

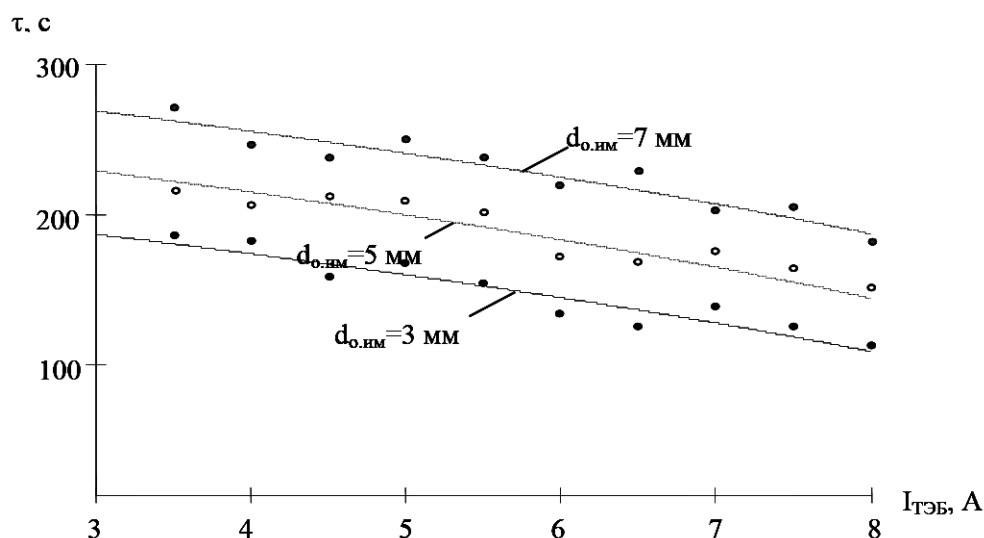


Рис. 7. Зависимость продолжительности образования ледяной корки, прекращающей истечение воды от тока питания ТЭБ для различных значений диаметра отверстия с истекающей водой

Fig. 7. Dependence of the duration of the formation of an ice crust that stops the outflow of water from the thermopile supply current for different values of the diameter of the hole with outflowing water

Полученные данные показывают, что с увеличением диаметра отверстия требуется большее время для прекращения истечения воды. При повышении диаметра отверстия с истекающей водой в среднем на 1 мм в данных условиях продолжительность образования ледяной корки увеличивается в среднем на 20 с. Данное обстоятельство очевидно, т. к. с увеличением диаметра отверстия растет площадь истечения воды, при этом, соответственно уменьшается плотность теплового потока от ТЭБ. В данных условиях, как и выше по тексту, может быть рекомендовано применение на практике ТЭБ различной мощности, при этом в конструкции си-

стемы желательно предусмотреть возможность замены одного типа термобатареи на другой в зависимости от условий эксплуатации и требуемой холодопроизводительности.

При анализе характеристик разработанного ТЭУ с целью оценки надежности ее работы определены значения температуры на горячих спаев ТЭБ в различных режимах ее работы.

С этой целью построены зависимости, изображенные на рис.8, отражающие изменение температуры горячих спаев ТЭБ во времени при различных значениях тока питания ТЭБ. Согласно представленным графикам следует, что значение температуры горячих спаев ТЭБ (марки ICE-71) находится в приемлемых пределах вплоть до максимального значения тока питания (при токе питания 8 А температура горячего спаев ТЭБ составляет 333 К при температуре окружающей среды 310 К).

Данное обстоятельство определяет достаточно эффективный теплосъем в рассматриваемых условиях с горячих спаев ТЭБ и дает основание полагать о надежной работе разработанной системы при проведении мероприятий по остановке кровотока методом локального замораживания зоны кровотока.

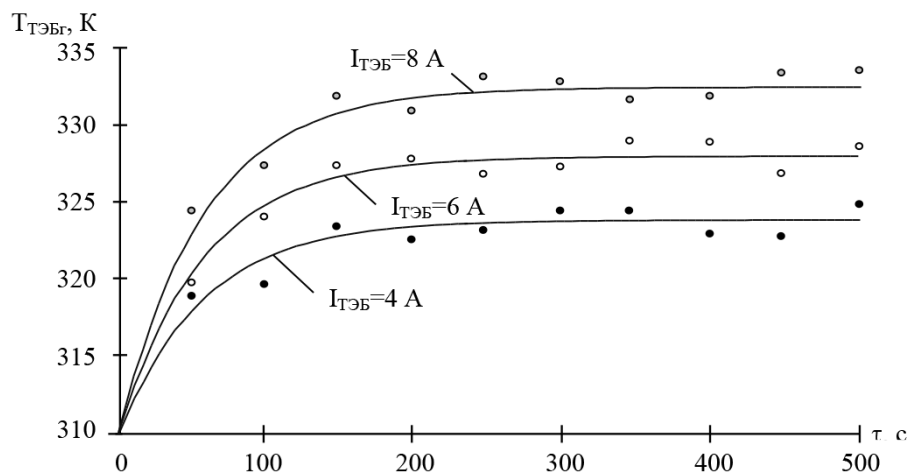


Рис. 8. Зависимость изменения температуры горячих спаев ТЭБ во времени при различных значениях тока питания

Fig. 8. Time dependence of temperature change of thermopile hot junctions at different values of supply current

По результатам экспериментов проведено сопоставление расчетных и опытных данных. На рис.8-9 помимо экспериментальных точек представлены также результаты теоретических изысканий.

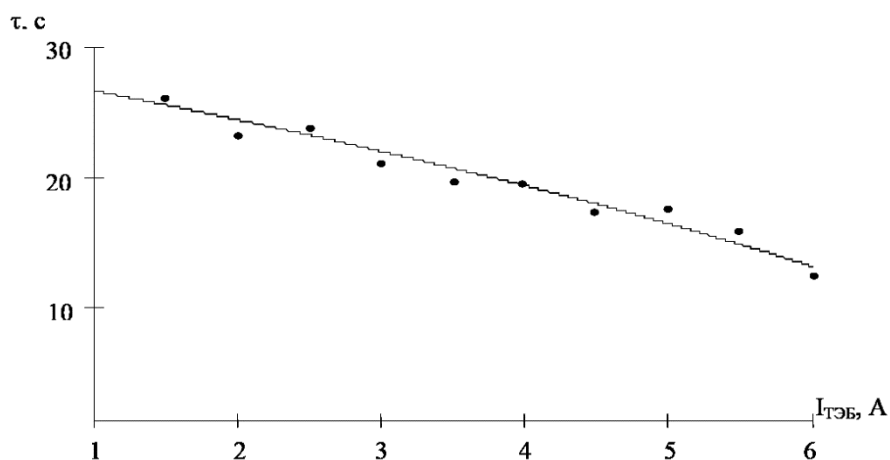


Рис. 9. Зависимость продолжительности размораживания ледяной корки от тока питания термоэлектрической батареи

Fig. 9. Dependence of the duration of defrosting of the ice crust on the thermopile supply current

Представленные данные определяют приемлемую точность математической модели ТЭС. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 9 %. Наибольшее отклонение расчетных данных от опыта наблюдается на промежутке времени, связанном с выходом прибора на режим, что определяется влиянием окружающей среды и неидеальной тепловой изоляцией системы «прибор - имитатор биологического объекта», а также некоторым разбросом параметров ТЭБ и измерительных приборов.

Вывод. В настоящее время в практике оказания первой медицинской помощи, связанной с остановкой кровотечения, эффективным является использование новых методов, основанных на локальном замораживании зоны кровотока.

Существующие технические средства, реализующие данный метод имеют определенные недостатки: сложность использования в полевых условиях, где сказывается отсутствие постоянного источника холода, дискомфортность процедуры остановки кровотечения, риск обморожения тканей. Эффективным техническим средством для остановки кровотечения методом локального замораживания является ТЭУ специальной конструкции, дающее возможность обеспечивать высокую интенсивность охлаждения, сокращая продолжительность образования тромба, прекращающего кровоток, реверс тока, что дает возможность устранить болезненные ощущения при съеме прибора с поврежденного участка.

Проведены экспериментальные исследования устройства. В результате натурных испытаний прибора установлено, что для обеспечения эффективной работы прибора достаточным является использование промышленно выпускаемой ТЭБ марки ICE-71.

Библиографический список:

1. Корнеев А.В. Первая медицинская помощь / А.В. Корнеев. Донецк: БАО, 2013. 240 с.
2. Коношков А.С. Диагностическая и лечебная тактика при посттравматических носовых кровотечениях / А.С. Коношков К.В. Летягин // Российская оториноларингология. 2012. №1. С.99-102.
3. Левчук И.П. Медицина катастроф / И.П. Левчук, Н.В. Третьяков. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2011. 246 с.
4. Чередников Е.Ф. Опыт инновационного подхода к решению проблемы острых желудочно-кишечных кровотечений /Е.Ф. Чередников [и др.]//Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2010. Т.3, №4. С. 436-437.
5. Чередников Е.Ф. Современные направления профилактики и лечения больных с желудочно-кишечными кровотечениями в условиях центра / Е.Ф. Чередников [и др.] //Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014 Т.13, №2. С. 426-430.
6. Яромич И.В. Скорая и неотложная медицинская помощь /И.В. Яромич. Минск: Вышэйшая школа. 2010. 289 с.
7. Ball C.G. A decade's experience with balloon catheter tamponade for the emergency control of hemorrhage / C.G. Ball, A.D. Wyrzykowski, J.M. Nicholas . *Journal Trauma*. 2011; 70 (2): 330-333.
8. Cherednikov, E.F. The role of etiopathogenetic aspects in prediction and prevention of discontinuous-hemorrhagic (Mallory-Weiss) syndrome / E.F. Cherednikov. *The EPMA Journal*. 2016;7: 7-15.
9. Hua Zhang Effect of Chinese tuina massage therapy on resting state brain functional network of patients with chronic neck pain / Zhang Hua, Chen Hong, Wang Hao, Li Duoduo, Jia Baolin, Tan Zhongjian, Zheng Bin, Weng Zhiwen. *Journal of traditional Chinese medical sciences*. 2015; 2: 60-68.
10. Glance L.G. Association between intraoperative blood transfusion and mortality and morbidity in patients undergoing noncardiac surgery. L.G. Glance, A.W. Dick, D.B. Mukamel, [et al.]. *Survey of Anesthesiology*. 2011; 55 (6): 288-289.
11. Görlinger K. Management of hemorrhage in cardiothoracic surgery / K. Görlinger, L. Shore-Lesserson, D. Dirkmann, [et al.] *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2013; 27(4): 20-34.
12. Stokes M.E. Impact of bleeding-related complications and/or blood product transfusions on hospital costs in inpatient surgical patients / M.E. Stokes, X. Ye, M. Shah, [et al.] *BMC health services research*. 2011; 11(1): 135.
13. Tiffany Field. Massage therapy research review / Field Tiffany. *Complementary therapies in clinical practice*. 2016; 24: 154-163.
14. Глыбочко П.В., Николаенко В.Н. и др. Первая медицинская помощь / П.В. Глыбочко, В.Н. Николаенко, [и др.]. М.: Академия. 2013. 305 с.
15. Буренина И.А. Современные методики криотерапии в клинической практике // Вестник современной клинической медицины. 2014. т. 7. С.57-61.

16. Патент РФ на изобретение № 2594821 Термоэлектрическое устройство для остановки кровотечения / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., опубл. 20.08.2016, Бюл. №23.
17. Евдулов О.В. Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для остановки кровотечения / О.В. Евдулов, Д.В. Евдулов, Н.А. Набиев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т.44, №1. С. 26-36.
18. Yevdulov O.V. Device for stopping bleeding by local freezing of the blood flow zone / O.V. Yevdulov, Sh.A. Yusuf, N.A. Nabiev // Refrigeration science and technology: 3rd IIR Conference on cold applications in life sciences - cryotherapy and cryopreservation, proceedings. 2018; 3: 68-73.
19. Исмаилов Т.А. Термоэлектрическое устройство для остановки кровотечения / Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов, Набиев Н.А., Т.А. Рагимова // Медицинская техника. 2019. №2. С. 12-14.
20. <http://www.kryotherm.spb.ru> (дата доступа 11.12.2021).

References:

1. Korneev A.V. First medical aid. *Donetsk: BAO*, 2013; 240.
2. Konoshkov A.S. Diagnostic and therapeutic tactics for post-traumatic nosebleeds/A.S. Konoshkov, K.V. Letyagin. [Ros-siyskaya otorinolaringologiya] *Russian otorhinolaryngology*. 2012; 1: 99-102. (In Russ)
3. Levchuk I.P. Medicine of disasters / I.P. Levchuk, N.V. Tretyakov. *GEOTAR-Media*. 2011; 246. (In Russ)
4. Cherednikov E.F. Experience of an innovative approach to solving the problem of acute gastrointestinal bleeding / E.F. Cherednikov [et al.] [Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii] *Bulletin of experimental and clinical surgery*. 2010; 3 (4); 436-437. (In Russ)
5. Cherednikov E.F. Modern directions of prevention and treatment of patients with gastrointestinal bleeding in the center / E.F. Cherednikov [et al.] [Sistemnyy analiz i upravleniye v biomeditsinskikh sistemakh] *System analysis and control in biomedical systems*. 2014; 13(2): 426-430. (In Russ)
6. Yaromich I.V. Ambulance and emergency medical care / I.V. Yaromich. Minsk: [Vyšejšaja škola] Higher school. 2010; 289.
7. Ball C.G. A decade's experience with balloon catheter tamponade for the emergency control of hemorrhage / C.G. Ball, A.D. Wyrzykowski, J.M. Nicholas. *Journal Trauma*. 2011; 70 (2): 330-333.
8. Cherednikov, E.F. The role of etiopathogenetic aspects in prediction and prevention of discontinuous-hemorrhagic (Mallory-Weiss) syndrome / E.F. Cherednikov. *The EPMA Journal*. 2016; 7: 7-15.
9. Hua Zhang. Effect of Chinese tuina massage therapy on resting state brain functional network of patients with chronic neck pain / Zhang Hua, Chen Hong, Wang Hao, Li Duoduo, Jia Baolin, Tan Zhongjian, Zheng Bin, Weng Zhiwen. *Journal of traditional Chinese medical sciences*. 2015; 2: 60-68.
10. Glance L.G. Association between intraoperative blood transfusion and mortality and morbidity in patients undergoing noncardiac surgery / L.G. Glance, A.W. Dick, D.B. Mukamel, [et al.]. *Survey of Anesthesiology*. 2011; 55 (6): 288-289.
11. Görlinger, K. Management of hemorrhage in cardiothoracic surgery / K. Görlinger, L. Shore-Lesserson, D. Dirkmann, [et al.] *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2013; 27(4): 20-34.
12. Stokes M.E. Impact of bleeding-related complications and/or blood product transfusions on hospital costs in inpatient surgical patients / M.E. Stokes, X. Ye, M. Shah, [et al.] *BMC health services research*. 2011; 11(1): 135.
13. Tiffany Field. Massage therapy research review/Field Tiffany. *Complementary therapies in clinical practice*. 2016; 24: 154-163.
14. Glybochko P.V., Nikolaenko V.N. et al. First medical aid. [Akademiya] *Academy*. 2013; 305. (In Russ)
15. Burenina I.A. Modern methods of cryotherapy in clinical practice [Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny] *Bulletin of modern clinical medicine*. 2014; 7:57-61. (In Russ)
16. RF patent for invention No. 2594821 Thermoelectric device for stopping bleeding / Ismailov TA, Evdulov OV, Evdulov DV, publ. 08/20/2016, Bul. No. 23. (In Russ)
17. Evdulov O.V. Thermoelectric semiconductor device for stopping bleeding / O.V. Evdulov, D.V. Evdulov, N.A. Nabiev [Vestnik Daghestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki] *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science*. 2017; 44(1): 26-36. (In Russ)
18. Yevdulov O.V. Device for stopping bleeding by local freezing of the blood flow zone / O.V. Yevdulov, Sh.A. Yusuf, N.A. Nabiev. Refrigeration science and technology: 3rd IIR Conference on cold applications in life sciences - cryotherapy and cryopreservation, proceedings. 2018; 3: 68-73.
19. Ismailov T.A. Thermoelectric device for stopping bleeding/T.A. Ismailov, O.V. Evdulov, N.A. Nabiev, T.A. Ragimova. [Meditsinskaya tekhnika] *Biomedical Engineering*. 2019; 2:12-14. (In Russ)
20. <http://www.kryotherm.spb.ru> (accessed 12/11/2021).

Сведения об авторах:

Евдулов Олег Викторович, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, ole-ole-ole@rambler.ru

Набиев Наби Абдулаевич, соискатель кафедры теоретической и общей электротехники, alternativa9372@mail.ru.

Магомадов Рустам Абу-Муслимович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электропривода, rustmag_80@mail.ru.

Митаров Ризван Гаджимирзаевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики, ole-ole-ole@rambler.ru

Information about the authors:

Oleg V.Evdulov, Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Department of Theoretical and General Electrical Engineering, ole-ole-ole@rambler.ru

Nabi A. Nabiev, Applicant, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, alternativa9372@mail.ru.

Rustam A.-M. Magomadov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Head of the Department of Electrical Engineering and Electric Drive, rustmag_80@mail.ru.

Rizvan G. Mitarov. Dr. Sci. (Physical and Mathematical), Prof., Department of Physics, ole-ole-ole@rambler.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 03.10.2021.

Одобрена после рецензирования/ Reviced 30.10.2021.

Принята в печать/Accepted for publication 01.11.2021.