

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

FarDU
ILMIY
XABARLAR-

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

2023
MAXSUS SON

НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

G.Xamidov	
O'simliklar dunyosi biosferaning muhim va faol komponenti.....	218
Sh.M.Xalmatova, G.M.Maxsudova	
Ekologik ta'limni dunyo pedagogikasida rivojlanishi	221
V.Abdurakhmanov	
New directions in language learning: combination of online resources and blended learning	223
S.Uraimov	
O'quvchilarning jismoniy tayyorgarligini to'rt darajali jismoniy mashg'ulotlar zinasini orqali oshirish usullari	226
Z.Gapparov	
Yosh futbolchilarning o'yin amfualariga individual psixologik holatini ta'siri.....	230
J.M.Ishtayev	
O'quv mashg'ulot guruhida shug'ullanuvchi futbolchilarning mashg'ulot jarayonidagi psixologik holatini taxlil qilish.....	235
M.Azizov	
"Bioimpedansometriya" yordamida 30-39 yoshli skandinavcha yurish bilan shug'ullanuvchilarning tana tarkibi tuzulishini o'rganish metodikasi	239
D.Mavlanov, R.Nazarov	
Shaxs ichki nizolari va ularning fanda o'rganilganlik holati	245
M.Mirjamolov	
Paralimpiya sport musobaqalariga zahira sportchilar tayyorlash uchun kinematik va psixo-fiziologik tavsiflari bo'yicha saralash tizimini ishlab chiqish.....	248
Ш.Турсунов	
Методика совершенствования физических показателей борцов.....	252
X.Matnazarov	
Ko'krakda krol usulida suzuvchi 11-13 yoshli sportchilar texnik tayyorgarligini takomillashtirish	257
G'.Xo'jamkeldiyev	
Qisqa, o'rta va uzoq masofaga yuguruvchilarni mashg'ulotlar davomida va so'ngida mushaklarni tiklashda maxsus aplikatorni qo'llash samaradorligi	261
O.Xasanov	
Tayanch-harakat tizimida nuqsoni bo'lgan o'quvchilarning ippoterapiya mashg'ulotlari asosida aqli va jismoniy funksional holatini rivojlantirish.....	265
B.Nabiev	
Расчет пространственной зависимости температуры и температурной неустойчивости термоэлементов	270
R.Pirnazarov	
To'g'onli ko'llarda ro'y berishi mumkin bo'lgan toshqin xavfini baholashning genetik asoslari.....	277
M.Ж.Есиркепов, А.К.Анарбаев, И.Б. Курманбаев, А.Р.Мусаева	
Патриотическое воспитание молодежи через достижения в тренерской деятельности а.нурмаханова	281
V.Abdurakhmanov	
Alternativ so'roq gaplarning poetik jihatdan o'rganilishi	286
A.Sultonov	
Belbog'li kurashchilarning texnik-taktik tayyorgarligini takomillashtirish samaradorligi.....	288

**РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И
ТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВ****TERMOELEMENTLARNING HARORAT VA HARORATNI BARQAROR BO‘LMAGANLIGINI
TERMOELEMENTLARGA BOG‘LILIGINI HISOBLASH****CALCULATION OF THE SPATIAL DEPENDENCE OF TEMPERATURE AND TEMPERATURE
INSTABILITY OF THERMOELEMENTS****Maxmud Bazarovich Nabiev¹**¹Farg‘ona davlati universitet fizika kafedrası dotsenti**Аннотация**

Преимущества термоэлектрического метода охлаждения (малые габариты и веса термоэлементов, отсутствие движущихся частей, сравнительно небольшое время выхода в режим и т.д.) позволяет в ряде случаев отдать предпочтение термоэлектрическим охлаждающим устройствам по сравнению с холодильными устройствами компрессионного и абсорбционного типа.

Annotasiya

Termoelektrik sovutish usulining afzalliklari (termoelementlarning kichik o‘lchamlari va og‘irligi, harakatlanuvchi qismlarning yo‘qligi, rejimga kirish uchun nisbatan qisqa vaqt va hokazo) ba’zi hollarda siqish va yutilish tipidagi sovutgich qurilmalariga nisbatan termoelektrik sovutish moslamalariga ustunlik berishga imkon beradi.

Abstract

The advantages of the thermoelectric cooling method (small dimensions and weight of thermoelements, absence of moving parts, relatively short ramp-up time, etc.) make it possible in some cases to give preference to thermoelectric cooling devices over compression and absorption type refrigeration devices.

Ключевые слова: термоэлектрической эффективности материала, перепад температур, эффект Пельтье, термоэлемент, режиме нестационарного термоэлектрического охлаждения.

Kalit so‘zlar: materialning termoelektrik samaradorligi, harorat farqi, Peltier effekti, termoelement, statsionar bo‘lmagan termoelektrik sovutish rejimi.

Key words: thermoelectric efficiency of material, temperature change, Pelte effect, thermocouple, non-stationary thermoelectric cooling mode.

ВВЕДЕНИЕ

теория энергетических применений полупроводниковых термобатарей для полей термоэлектрического охлаждения и генерации тока, разработанная академиком А.Ф.Иоффе в 1948-1949 г г, заложила реальные основы для создания и практического использования термоэлектрических устройств преобразования энергии[1].

Дальнейшее развитие технических аспектов этой проблемы привело к созданию малогабаритных устройств, обеспечивающих низко температурную термостабилизацию элементов и узлов в радиоэлектронике, приборостроении, инфракрасной, технике, регулируемое охлаждение в медицине и других областях науки и техники.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Создания различных модификаций термоэлектрических источников тока (термоэлектродгенераторов) на основе второго термоэлектрического эффекта-Зеебека. Эти автономные источники постоянного тока, несмотря на свой малый К.П.Д, составляющий в те годы всего 3-4, начали находить все большее применение не только в спецтехнике, но и в ряде областей народного хозяйства, благодаря ряду весьма существенных достоинств (практически неограниченный срок хранения, улучшенные энергетические характеристики при работе в области низких температур, нечувствительность к короткому замыканию, способность к работе в необслуживаемом режиме и др)[1,3].

В настоящее время исследования и разработки в области термоэлектричества развиваются в трех основных направлениях:

-исследование разработка и исследования физико-энергетических параметров полуметаллов, перспективных для использования в термоэлектрических охлаждающих и электрогенерирующих устройствах низко, средне- высокотемпературного диапазонов:

- исследование разработка и исследование различных режимов работы одно и термоэлектрических охлаждающих батарей широкого спектра технических применений:

-разработка широкого класса термоэлектрических источников тока (ТЭГ) с использованием в качестве источников тепла все виды современного топлива от ядерного горючего до биогаза.

При этом следует отметить одно важное обстоятельство к сожалению работы ученых исследователей последних трех десятилетий не дали в руки разработчиков новых термоэлектрических материалов, способных качественно изменить технические возможности термоэлектрических устройств обоих типов. Указанное обстоятельство с неизбежностью приводит к необходимости всестороннего исследования экстремальных режимов работы термоэлектрических устройств, т.е. таких режимов, в которых максимально используются все возможности, заложенные как в термоэлектрических материалах, имеющихся в настоящее время в руках разработчиков, так и потенциальные возможности термоэлектрического метода преобразования энергии. Логический переход от исследования классических режимов к теоретическому осмыслению и экспериментальному исследованию экстремальных режимов наиболее хорошо и хронологично прослеживается в развитии работ по термоэлектрическому охлаждению.

МЕТОДОЛОГИЯ

Используемые в настоящее время термоэлектрические охлаждающие устройства работают, как правило, в стационарном режиме, теоретическое исследование которого впервые было выполнено академиком А.Ф.Иоффе и позднее дополнено рядом отечественных и зарубежных авторов. Детальные исследования показали, что наибольшая разность температур в стационарном режиме зависит от термоэлектрической эффективности материала Z и для существующих материалов (при $Z = 3 \cdot 10^{-3} \text{ grad}^{-1}$ достигает $T_0 - T_1 = 65 \div 75^{\circ}$). Каскадирование термоэлементов позволило значительно увеличить общий перепад температур, однако, одновременно привело к увеличению габаритов и веса, а также к удорожанию и усложнению устройств.

Достижение более глубокого охлаждения при помощи охладителей, использующих эффект Пельтье стало возможным, по крайней мере, двумя путями: первый путь- каскадные термоэлектрические охладители: второй путь:- метод нестационарного термоэлектрического охлаждения, т.е. использование одного из экстремальных режимов ТЭО.

Идея возможности снижения температурного уровня охлаждения с помощью полупроводниковых термоэлементов Пельтье в нестационарном режиме, была высказана еще в конце 50-х годов Л.С.Стильбансом и Н.А.Федорович[1].

Эффект НТЭО основан на различной локализации теплоты Пельтье и Джоуля в теле термоэлемента, в результате чего амплитуда перепада температур возрастает, но на короткое время[3-5].

Время поддержания низкой температуры в режиме нестационарного термоэлектрического охлаждения названо временным эффектом. Проблема нестационарного охлаждения привлекла к себе внимание многих исследователей как в С.Н.Г, так и зарубежном. Особенно результативным был в этом плане период 60-70-х годов, представленный работами отечественных авторов Л.С.Стильбанса, Е.К.Иорданишвили, В.А.Наера, В.П.Бабина, Х.А.Каганова, Б.Ш.Малкович, Г.А.Гринберга, А.С.Ривкина, А.А.Кодирова, М.Б.Набиева и зарубежных: К.Ландескера, А.Финдлея, Дж.Паррота и др[1,2,3,4,5,6,].

ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, эффективность нестационарного термоэлектрического охлаждения определяется двумя параметрами: глубиной охлаждения (ΔT) и временем поддержания низкой температуры ($\Delta \tau$). Однако, имеющиеся к настоящему времени данные теоретических и экспериментальных исследований нестационарного термоэлектрического охлаждения не раскрыли всех его потенциальных возможностей.

В 70-х и начале 80-х годов работы в области этого вида экстремальных режимов НТЭО успешно продолжали развиваться:[3]

было проведено широкое экспериментальное и теоретическое исследование физических процессов в полупроводниковых термоэлементах переменного сечения (пирамидального, конического):

- с учетом контактных электрических сопротивлений:
- с использованием композиционных материалов с легкоплавкими включениями:
- с дополнительной теплоемкостью между каскадами:
- без теплоотвода с тепловыделяющих спаев.

Несколько позже по отношению к исследованиям в области нестационарного термоэлектрического охлаждения началось в России (Ленинград-С.-Петербург) развитие работ в области нестационарной генерации тока. Работы носили в основном расчетно-теоретический характер, однако ряд наиболее интересных с точки зрения практики возможностей был исследован также и экспериментально. Однако, это не исчерпало интереса к экспериментальным режимам, термоэлектрической генерации тока, особенно в области высоких и низких температур. Одна из этих концепций нашла свое отражение в данной статье.

Цели задачи исследования. Работа посвящена следующим вопросам касающимся дальнейшего повышения эффективности нестационарного термоэлектрического охлаждения различных экстремальных режимов НТЭО и термоэлектрической генерации тока. В их число входят:

-экстремальное исследование нестационарного термоэлектрического охлаждения на термоэлементах большой длины:

При использовании импульсов тока специальной формы с последующим эксперимент: комбинированный режим прямоугольного импульсов тока, затем

-исследование экстремальных режимов работы термоэлементов Пельтье на области распределение температур в полупространстве в стык, где контактные сопротивление.

Впервые проведенные исследования экстремальных режимов работы систем термоэлектрического охлаждения в области повышенных температур и термоэлектрических источников тока в экстремальных условиях криогенных температур показали реальные научно-технические перспективы, расширяющие области применения термоэлектрического метода преобразования энергии[4-6].

В статье представлены теоретические и экспериментальные результаты исследований режима нестационарного термоэлектрического охлаждения с использованием ПТЭ большой длины и искусственно-пористых термоэлементов. Рассматривается ряд специальных токовых импульсов (прямоугольный, комбинированный со ступенчатым изменением токовой амплитуды). Известно, что метод нестационарного термоэлектрического охлаждения (НТЭО) применяется для охлаждения малоинерционных объектов, в том числе пленочного типа, как то: приемники инфракрасного излучения, ПЗС матрицы и пр. Суть метода заключается в запаздывании поступления на холодный спай избытка Джоулева тепла из массы термоэлемента (ТЭ) при токах, существенно больших оптимального. Эффективность НТЭО определяется двумя основными параметрами: глубиной охлаждения ΔT и временем поддержания низкой температуры $\Delta \tau$. Существенным тормозом повышения ΔT во всех режимах НТЭО является контактное сопротивление холодного спае r_k . Поэтому дальнейший прогресс в вопросах применения режима экстремального тока, являющегося наиболее эффективным с точки зрения получения максимальных ΔT может быть достигнут на путях уменьшения контактного сопротивления r_k в рамках модели полупространства что реализуется в термоэлементах с большими длинами ветвей. Вместе с тем, известно, что инерционность термоэлемента (т.е. время выхода в режим) пропорциональна квадрату длины его ветвей, поэтому переход к большой продолжительности процесса НТЭО и, следовательно, эксперименты на «длинных» ТЭ, с ветвями существенно больших длин, чем в предыдущих исследованиях, должен дать значительный выигрыш в ΔT . Это обусловлено тем, что при больших длинах термоэлемента процессы протекают более медленно и уменьшается относительная роль

Джоулевых тепловыделений в приконтактном слое. Охлаждение ΔT при $j = const \quad t \leq \frac{\ell^2}{a}$ описывается формулой

$$T(0, t) = T_0 \frac{\rho a}{\chi} (j\sqrt{t})^2 - \frac{2\pi}{\chi} \sqrt{\frac{a}{\pi}} j\sqrt{t} \quad (1)$$

В случае тока, меняющегося во времени, $j=j(t)$, разность температур как функцию тока и времени $\Delta T_j(t)$, можно в соответствии с теоремой Дюамеля, приставить в виде

$$\Delta T(t_0) = \int_0^{t_0} \left[\frac{\pi}{\chi} \sqrt{\frac{a}{\pi}} \frac{\alpha(t)}{\sqrt{t_0-t}} - \frac{\rho a}{\chi} j^2(\tau) \right] d\tau$$

где t_0 - продолжительность импульса, при наличии r_k величина примет вид

$$\pi - \frac{1}{2} j(\tau) \cdot r_k \cdot S$$

$$\text{Тогда} \quad \Delta T(t_0) = \int_0^{t_0} \left[\frac{\pi - \frac{1}{2} j(\tau) \cdot r_k \cdot S}{\chi} \sqrt{\frac{a}{\pi}} \frac{j(\tau)}{\sqrt{t_0-\tau}} - \frac{\rho a}{\chi} j^2(\tau) \right] dt \quad (2)$$

Дифференцируя по j и приравнявая производную нулю, находим экстремальную форму тока, т.е. закон изменения тока, позволяющий в момент t_0 получить наибольшее охлаждение:

$$j_{\text{extr}}(t) = \frac{\pi}{2\rho\sqrt{\pi a(t_0-t)} + r_k \cdot S} \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), после интегрирования получаем выражение для $\Delta T(t_0)$ с учетом контактного сопротивления спая

$$\Delta T(t_0) = \Delta T_{\text{спай}}^{\text{макс}} \cdot \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{2\rho\sqrt{\pi a t_0}}{r_k S} + 1 \right) \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что охлаждение в режиме экстремального тока зависит от величины r_k . С увеличением контактного сопротивления разность температур при данном t_0 уменьшается, стремясь к нулю при достаточно больших r_k . При данном охлаждении растет с увеличением длительности импульса t_0 . Разность температур на спаях.

Термоэлемента в любой момент можно определить из формулы (2), подставляя в нее выражение (3), с пределами интегрирования 0 и t . Исходя из этого, после конечного интегрирования, получаем

$$\Delta T(t) = \Delta T_{\text{спай}}^{\text{макс}} \frac{2}{\pi} \left[\left(\ln \cdot \frac{\sqrt{t_0} + \sqrt{t}}{\sqrt{t_0-t}} - \beta(\phi) \right) - \frac{\beta}{2(1-\beta^2)} \left(\phi - \frac{\beta(t)}{\sqrt{t_0+b}} \right) - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \left(\ln \frac{\sqrt{t_0} + b}{\sqrt{t_0-t} + b} - \frac{b}{\sqrt{t_0+b}} - \frac{\beta}{1+\beta} \right) \right] \quad (5)$$

$$\text{Где} \quad b = \frac{r_k S}{2\rho\sqrt{\pi a}} : \quad \beta = \frac{b}{\sqrt{t_0-t}} : \quad \phi = \frac{2}{\sqrt{1-\beta^2}} \arctg \frac{k}{b}$$

$$\beta \leq 1 \Rightarrow \phi = \frac{2}{\sqrt{\beta^2 - 1}} \ln \frac{b+k}{b-k} \quad \text{и} \quad \beta \geq 1$$

При

$$k = \frac{\sqrt{t_0} - \sqrt{t_0 - t}}{\sqrt{t}} \quad ; \quad b = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \quad ;$$

Первый член в квадратных скобках соответствует поглощению тепла Пельтье, второй – локальному выделению тепла Джоуля в объеме термоэлементов. При $r_k = 0$ (5) переходит в формулу

$$\Delta T(t) = \frac{\pi^2}{2\pi\rho\chi} \ln \frac{(\sqrt{t_0} + \sqrt{t})^2}{\sqrt{t_0}(t_0 - t)} \quad (6)$$

Из соображение расчетно-математического анализа для исследования были изготовлены термоэлементы с ветвями $l=102$ мм полуцилиндрической формы. В качестве материала ветвей использовались зонно-плавленные кристаллы $Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3$ (р-тип) и $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ (н-тип).

Средние значение физических параметров термоэлементов при комнатной температуре составляли: коэффициент термоэ.д.с. $\alpha = 210 \cdot 10^{-6} B/^{\circ}K$ удельная электропроводность $\chi = 1,45 \cdot 10^{-2} Bm/Ohm \cdot ^{\circ}K$. При этом термоэлектрическая добротность $Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}$ составляла $Z = 2,9 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Для снижения теплопритока на боковые поверхности ТЭ использовался специально разработанный экран. [5,7] Эксперимент проводился в вакууме со степенью разрежения $P = 5 \cdot 10^{-4} Torr$.

Расчетно-экспериментальным путем была подобрана температура экрана $t_3 = -2^{\circ}C$, имитирующая адиабатическую изоляцию боковых поверхностей исследуемых термоэлементов. Выше указанная температура экрана, учитывая практическое отсутствие натекание тепла за счет теплопроводности воздуха в вакуумированной среде, была выбрана близкой к средне интегральной температуре термоэлемента с учетом температурной «параболы» в его ветвях.

Эталоном для сравнения являлся термоэлемент с длиной ветвей 15 мм, обладающий той же термоэлектрической добротностью Z . У двух исследуемых термоэлементов основного ($l=102$ мм) и эталонного ($l=15$ мм), коммутационный слой и токоведущие пластины были одинаковы. Также одинаково было их экспериментально определенное контактное сопротивление.

Далее было проведено эксперименты в комбинированном режиме через термоэлемент в начале пропускаться ток плотностью j_{omm} , создающий стационарное распределение температур, а затем подавался импульс тока, вызывающий дополнительное охлаждение холодного спая. Ниже приводятся результаты экспериментального исследования комбинированных режимов «оптимальный ток + прямоугольный токовый импульс».

Из экспериментальных данных видно, что после включения импульса тока j в момент $t=0$ температура плавно понижается от значения $\Delta T_{стат}^{мин}$ до $\Delta T_{мин}^{комб}$, которое наблюдается в момент $t_{m,k}$, а затем снова повышается.

Сравнение результаты $\Delta T(0, t)$ для разных значений показало, что величина максимального дополнительного охлаждения

$$\delta T_{комб}^{макс} = \Delta T_{комб}^{макс} + \Delta T_{стат}^{макс}$$

И момент его достижения $t_{m,k}$ зависит от тока, протекающего через термоэлемент. Как видно выше указанных с ростом тока $\delta\Gamma_{комб}^{макс}$ в начале увеличивается, затем проходит через максимум и далее уменьшается.

При данной амплитуде импульса максимум охлаждения в комбинированном режиме достигается раньше, чем в режиме одиночного импульса $j=const$.

Результаты экспериментального исследования в комбинированном режиме, влияния формы полупроводникового термоэлемента на эффективность охлаждения теоретически обоснованного в работе показывает, что значение максимального перепада температур для полупроводникового термоэлемента с формой $S_1/S_0 = 0,29$ составляет 94^0 при кратности тока $K=4$.

При этом классического полупроводникового термоэлемента

$$\Delta T_{онт}^{стат} + \delta\Gamma^{макс} = 90K$$

Некоторый выигрыш по эффективности НТЭО, объясняется уменьшением влияния контактного сопротивления с увеличением длины ветвей полупроводниковых термоэлементов (при одинаковых качествах коммутации). Экспериментально полученных результатов можно сказать что анализ результатов $\Delta T_{онт}^{стат} + \delta\Gamma^{макс}$ (К) в комбинированном режиме для всех экспериментов показывает, что имеется оптимальная кратность импульса тока, при которой наблюдается абсолютный максимум амплитуды охлаждения.

Наличие максимумов на их величин $\delta\Gamma^{макс}$ (К) может быть объяснено следующим образом. Резкое возрастание амплитуды импульса тока в цепи полупроводникового термоэлемента, работающего в режиме максимального снижения температур, приводит в первый момент к локальному добавочному охлаждению спаия и лишь некоторое время спустя (в зависимости от K) к подавлению эффекта тепловым импульсом Джоуля, поступившим с запаздыванием по времени на холодный спай из ближайших участков объема ветвей термоэлемента. Это подтверждает теоретические выводы, что комбинированный режим наиболее эффективен в начальный период его использования. Позднее для получения возможно большого охлаждения, следует реализовать более значительные амплитуды импульса тока, так как время достижения максимума импульсного охлаждения τ_m связано с током зависимостью $\tau \approx \frac{1}{K^2} 65\%$.

Эти соображения справедливы, однако, лишь в случае пренебрежения выделением теплоты Джоуля на контактных сопротивлениях, которое незначительно при малых токах (т.е. больших τ_m), но в области больших токов оно приводит к заметному уменьшению охлаждения. Как видно из эксперимента, это приводит к наличию максимума в зависимости $\delta\Gamma^{макс}$ (К) от импульса тока. Заметим, что у полупроводникового термоэлемента с большой длиной ветвей оптимальная кратность импульса тока $K=10$, что значительно больше, чем у реальных полупроводниковых термоэлементов при одинаковых величинах абсолютного контактного сопротивления. Это связано с тем, что с увеличением длины термоэлемента уменьшается величина безразмерного контактного сопротивления R_k и оптимальная кратность импульса тока сдвигается в область больших импульсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты, типичные из которых результатов показывают серьезные технические перспективы использования комбинированного режима НТЭО при условии применения термоэлементов с увеличенной длиной ветвей. В этом случае при тех же значениях термоэлектрической эффективности Z достигается большой эффект охлаждения (увеличивается общий достигаемый перепад температур). Следует отметить, что поскольку негативное влияние контактного сопротивления имеет относительный характер (R_k по отношению к полному сопротивлению ветвей термоэлемента) термин «большая длина ветви» также имеет относительный характер и при малых значениях площади поперечного сечения ветвей – «длинная ветвь» может иметь вполне конструктивные размеры по высоте.(1-2 см).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Ф.Иоффе «Полупроводниковые термоэлементы. » Москва 1960 г. с 183.
2. Е.К. Иорданишвили, В.П.Бабин «Нестационарные процессы в термоэлектрических и термомагнитовых системах преобразования энергии.» Москва «Наука» 1983 с.
3. М.Б.Набиев и др. Выбор температуры охлаждаемого экрана для термоэлементов «Изв. Высших учеб. заведений» «Приборостроение» том XXXI том №8 1988. с 93-95
4. М.Б.Набиев «О температуре охлаждаемого экрана для полупроводниковых термоэлементов.» Материалы меж.конф. посвященная 15 летию независимости Узбекистана. Физ-тех институт. Ташкент 26-27 октября 2006 с.104-105.
5. Набиев, М. Б., Онаркулов, К. Э., Ахмедов, М., Гайназарова, К., & Исроилжонова, Г. С. (2017). Разработка и исследование экстремальных режимов работы полупроводниковых термоэлементов нестационарного термоэлектрического охлаждения. In *Актуальные вопросы высшего профессионального образования* (pp. 101-104).
6. Набиев, М. Б., Гайназарова, К. И., Усмонов, И., & Холмирзаев, Ж. (2017). Разработка и исследование некоторых свойств пленок n-PbTe, используемых в качестве термоэлектрических ветвей в чувствительных элементах. In *Актуальные вопросы высшего профессионального образования* (pp. 105-108).