

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Көшербай Марлен Айдынұлы

Жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы жобалау.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

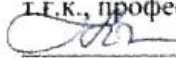
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., профессор

 Қ.А. Ожикенов

« 20 » 05 2019 ж.

дипломдық жобаның

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы жобалау»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Көшербай М.А.

Сын пікір беруші

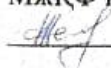
Ғылыми жетекшісі

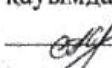
т.ғ.к.,

ф.-м.ғ.к.,

МжҚФ кафедрасының доценті

қауымдастырылған профессор

 Жаменкеев Е.К.

 Алдияров Н.У.

« 16 » 05 2019 ж.

« 20 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., профессор

 Қ.А.Ожикенов

«__» _____ 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушыға Көшербай Марлен Айдынулы

Жобаның тақырыбы: Жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы жобалау

Университет Ректорының № 2018 жылғы «06 қараша» 1252 – б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі «__» _____ 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: қолданылған элементтердің параметрімен танысу, жасалынатын макеттің тұжырымдамасын қарастыру, Пельтье элементінің медицинаға еңгізу жолдарын қарастыру.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

а) Пельтье элементінің құрылғысы және жұмыс принципі

б) Технологиялық бөлім

в) Конструкторлық бөлім

г) Есептеу бөлімі

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 15 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 20 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Кіріспе. Негізгі бөлім		05.02 – 10.03.2019 ж.	<i>Орындалды</i>
Технологиялық бөлім. Конструкторлық бөлім		14.03 – 04.04.2019ж.	<i>Орындалды</i>
Есептеу бөлімі		05.04 – 07.05.2019 ж.	<i>Орындалды</i>

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты
бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева т.ғ.м., лектор	15.05.2019ж	<i>Бәт</i>

Ғылыми жетекшісі

(қолы)

Н.У.Алдияров

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

(қолы)

М.А.Көшербай

Күні « 10 » 05 2019 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның мақсаты – термоэлектрлік Пельтье құрылғыларын қолдану арқылы жергілікті жасанды гипотермияға алып келу жолдарын жобалау.

Бұл жұмыста гипотермияға алып келетін термоэлектрлік құрылғы негізінде салқындатқыш жобалау, дамыту, оны әсер ету объектісіне сәйкес оңтайландыру және жоғары сенімділікті дәл мөлшерлеуді қамтамасыз ететін термоэлектрлік құрылғыны жобалау.

Құрылымдық бөлімде макет түрінде құрастырылған прототипінің негізгі бөліктерінің жұмысы сипатталған. Қолданылған құралдардың параметрлері көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Целью дипломного проекта является разработка способов проведения локальной искусственной гипотермии с использованием термоэлектрических устройств Пельтье.

В данной работе термоэлектрическое устройство, приводящее к переохлаждению, представляет собой охлаждающее конструкторское термоэлектрическое устройство, обеспечивающее точное дозирование с высокой надежностью в соответствии с объектом воздействия.

В структурной части описана работа основных частей прототипа, составленная в виде макета. Указаны параметры используемых инструментов.

ANNOTATION

The purpose of the diploma project is to design the ways of bringing local artificial hypothermia using thermoelectric Peltier devices.

In this work, the thermoelectric device, which leads to hypothermia, is a cooling design, development and thermoelectric device that provides accurate dosing of high reliability in accordance with the object of impact, calculation of mathematical models and methods.

The structural part describes the work of the main parts of the prototype, composed in the form of a layout. The parameters of the tools used are specified.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1 Пельтье элементінің құрылғысы және жұмыс принципі	10
1.1 Термоэлектрлік элементтің өзектілігі	10
1.2 Жартылай өткізгіштік заттың беріктігі, оның ТЭС қасиеттеріндегі рөлі	13
1.3 ТЭС температураларының ең жоғары айырмашылығын анықтау	14
2 Жасанды гипотермияны медицинада қолдану	18
2.1 Ағзаға суық әсер етудің механизмдері, әдістері және құралдары	18
2.2 Бас суытудың табиғи механизмдері	19
2.3 Бас гипотермиясына арналған белгілі құрылғылар	20
2.4 Ишемиялық инсульт	21
2.5 Химиотерапия кезінде алопецияның алдын алу үшін гипотермияны қолдану	22
2.6 Термоэлектрлік құрылғыны косметологияға енгізу	23
2.7 Медициналық техника үшін термоэлектрлік салқындатудың заманауи шешімдері	24
3 Құрылымдық бөлім	27
3.1 Функционалдық сұлбасын құрастыру	27
3.2 Қолданылған құрал жабдықтардың тізімі	27
3.3 Эксперименталды түрде жүзеге асыру	29
4 Есептеу бөлімі	31
4.1 Термоэлектрлік салқындату жүйесін есептеу үшін бастапқы деректер	31
4.2 Термоэлектрлік салқындату жүйесі ішіндегі температураларды бөлу	31
4.3 Жылуды бұру тәсілін таңдау	32
4.4 Радиаторлар мен желдеткіштерді таңдаудың жалпы принциптері	33
ҚОРЫТЫНДЫ	36
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	37
Қысқартылған сөздер	38

КІРІСПЕ

Қазіргі заманда адам ағзасын емдеудің тиімділігін қамтамасыз ету ең маңызды міндет болып табылады. Бүгінгі таңда емдік-профилактикалық мақсаттар үшін дәрі-дәрмектік емес әдістер кеңінен таралып келеді.

Термоэлектрлік жартылай өткізгіш құрылғылар түрлі салаларда кеңінен қолданылады. Локальды термиялық әсер ету әдістері әр түрлі ауруларды емдеу мен алдын алуда медициналық практикада кең таралған. Бұл жағдайда термиялық әсер дененің энергетикалық теңгеріміне айтарлықтай әсер етеді. Медициналық тәжірибеде қазіргі кезде салқындатылған су, ауа, емді балшық, парафин, озокерит, нафталин, саз, сұйық азот, және термоэлектрлік азот қолданылады.

Бүгінгі таңда осы әдістерді қолдану екі негізгі жолмен дамып келеді. Біріншіден, ағзаны немесе оның салыстырмалы түрде үлкен бөліктерін салқындату немесе жылыту. Екіншіден, аз көлемді аудандарды термиялық өңдеу процесіне тарту. Егер бірінші жағдайда бүкіл денені салқындату үшін қуатты салқындату (мысалы, булардың сығылуы, сіңіру және т.б.) пайдаланылса, онда жеке аймақтарды салқындату үшін басқа энергияны айырбастау қағидаттарына негізделген төменгі салқындату жүйелерімен пайдалануға болады. Мұндай жағдайларда қоршаған ортаға зақымы жоқ, дыбыссыз, сенімді, қызмет көрсету уақыты шексіз термоэлектрлік жүйелерді қолдануға болады.

Зерттеу объектісі термоэлектрлік элемент негізіндегі локальді гипотермияға алып келетін құрылғы болып табылады.

Дипломдық жобаның мақсаты – термоэлектрлік Пельтье құрылғыларын қолдану арқылы жергілікті жасанды гипотермияға алып келу жолдарын жобалау.

Қойылған мақсаттарға жету үшін келесі тапсырмаларды міндетті түрде шешу керек:

- электр жабдығын таңдау;
- құрылғының функционалды құрылымы мен жұмыс істеу принциптерін қарастыру;
- Пельтье элементінің жұмыс істеу принципін зерттеу;
- «жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы» құрылғысының жобасын жасау;
- «жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы» құрылғысының үлгісін дайындау.

Жобаның маңыздылығы медицинадағы заманауи локальді гипотермияға алып келу тәсілдерінің кемшіліктерін жою.

1 Пельтье элементінің құрылғысы және жұмыс принципі

Пельтье элементтерінің негізі екі өткізгіш материалдың электронды энергияның әртүрлі деңгейлерімен байланыс жолақтарының байланысына негізделген. Мұндай материалдардың контактісі арқылы ағып кеткенде, электрон басқа жартылай өткізгішті жоғары энергияны өткізу жолына өту үшін энергияны алу керек. Бұл энергия жұтылған кезде жартылай өткізгіштердің байланыс нүктесі салқындатылады. Егер ток керісінше бағытқа ағып жатса, жартылай өткізгіштік байланыс нүктесі әдеттегі жылу әсерінен басқа қызады [1].

Пельтье элементі бір n-типті және p-типті жұп (әдетте висму теллурид Bi_2Te_3 және SiGe қатты ерітінді), өзара металл қабықшалар арқылы қосылған - Пельтье элементі шағын жартылай өткізгіш параллелепипеды бір немесе бірнеше жұптан тұрады. Металл көпірлер бір мезгілде жылулық байланыстар және өткізбейтін пленка немесе керамикалық табақпен оқшауланған болып табылады. Параллелепипед жұптары әртүрлі өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштердің көптеген жұптарының сериясы құрылады. Жоғарыда қосылымның бір түрі ($n \rightarrow p$), ал төменінде – керісінше түрі ($p \rightarrow n$). Электр тогы барлық параллелепипедтер арқылы дәйекті өтеді. Ағынның бағытына байланысты жоғарғы контактілер салқындатылады, ал төменгі жағы қызады - немесе керісінше. Осылайша, электр тогы Пельтье элементінің бір жағынан жылуды керісінше жылжытады және температура айырмашылығын тудырады.

Пельтье элементінің қызған жағын, мысалы, радиатор мен желдеткішті салқындатсаңыз, суық жағының температурасы тіпті төменірек болады. Бір сатылы элементтерде, элементтің түріне және ток шамасына байланысты температура айырмасы шамамен 70°C -ге жетуі мүмкін.

Пельтье элементтерінің артықшылықтары:

- Шағын габариттер ($<3,4 \times 3,4$ мм және одан аз) және салмағы (<2 г) микроэлектроникада және фотоэлектроникада термотұрақтандыру және салқындату үшін балама шешімдердің жоқтығын анықтайды.
- Қозғалатын, тозатын бөліктерінің, сондай-ақ діріл мен шудың болмауы.
- Жоғары сенімділік: мысалы, "КРИОТЕРМ" компаниясы өзінің ТЭС үшін кемінде 200 000 сағат істен шығудың орташа уақытына кепілдік береді.
- Салмақ пен көлем бірлігіне жоғары салқындату қабілеті-150 Вт/г дейін және 100 Вт/см³ дейін.
- Суық өнімділікті және температуралық режимді бір қалыпты және жоғары дәлдікпен реттеу мүмкіндігі.
- Аз инерциондық, салқындату режимінен қызу режиміне жылдам өту.
- Жұмыс сұйықтықтары мен газдарының болмауы.
- Іс жүзінде шексіз жұмыс ресурсы.
- Кеңістіктегі және ауырлық өрісіндегі еркін бағдарлау.
- Динамикалық және статикалық жүктемелерге тұрақтылық.

- Экологиялық тазалық.
- Кемшіліктері:
- ПӘК-і төмен ;
- қуат көзіне деген қажеттілігі;
- қуатты модульдердің жоғары құны [2].

Пельтьенің физикалық әсері 1834 жылы француз физигі Жан Пельтьер тарабынан анықталды, ал төрт жылдан кейін ресейлік физик Эмилий Ленц осы құбылыстың мәнін зерттеді. Висмут және сурьманын шыбықтары тығыз байланыста болған жағдайда байланыс орнына түсіп, содан кейін белгілі бір бағыттың тікелей электр тогының түйіспе арқылы өтетіндігін көрсеткен болса, онда ток ағысының бастапқы бағыты суды мұзға айналдырса, онда ағымдағы бағыт кері қарай мұз тез еріп кетеді.

Оның экспериментінде Ленц Пельтье жылуының түйісу арқылы ток бағытына байланысты сіңіріліп немесе босатылғанын анық көрсетті.

1.1 Кесте – Үш танымал металл жұптары үшін Пельтье коэффициенттерінің кестесі

Темір - константан		Мыс - никель		Қорғасын - константан	
T, К	P, мВ	T, К	P, мВ	T, К	P, мВ
273	13	292	8	293	8,7
293	15	328	9	383	11,8
403	19	478	10,3	508	16
513	26	563	8,6	578	18,7
593	34	613	8	633	20,6
833	52	718	10	713	23,4

Егер электр тогы байланыс арқылы өткізілсе, онда бұл өріс ағымды өтуге көмектеседі немесе оны кедергі етеді. Сондықтан егер ток кернеудің кернеу векторына қарсы бағытталған болса, онда қолданылатын ЭҚК көзі жұмыс істеуі керек, ал көздің энергиясы тек байланыс нүктесінде босатылады, бұл оның қызуына әкеледі [3].

Егер ток көзі байланыс өрісіне бағытталса, онда ол қандай да бір түрде қосымша ішкі электр өрісі арқылы қолданады және енді өріс зарядтардың қозғалысы бойынша қосымша жұмыс жасайды. Бұл энергия енді субстанциядан алынады, бұл өз кезегінде қосылыс жерін салқындатуға әкеледі.

Сонымен, жартылай өткізгіш жұптардың түйістері Пельтье элементтерінде қолданылғанын білсек, жартылай өткізгіштерде қандай процесс жүзеге асырылады?

Бұл жартылай өткізгіштер электр өткізгіштің энергия деңгейінде өткізгіштің диапазонында ерекшеленеді. Электронның осы материалдардың

байланыс нүктесі арқылы өтуі арқылы электрон басқа жартылай өткізгіш жұптың жоғары энергиялық өткізгіштік жолына өту үшін энергияны алады.

Электрон бұл энергияны жұтқан кезде жартылай өткізгіштердің байланыс нүктесі салқындатылады. Кернеу ағымында керісінше ағып жатқан кезде жартылай өткізгіштердің байланыс нүктесі әдеттегі Джоул жылумен қатар қызады. Егер Пельтье элементтерінде жартылай өткізгіштердің орнына таза металдар қолданылған болса, онда жылу әсері соншалықты кішкентай болмақ, омық жылу одан да жоғары болады.

Мысалы, ТЕС1-12706 сияқты нақты Пельтье түрлендіргішінде, висмут балқымалы бірнеше параллелепипедтері және кремний мен германийдің қатты ерітіндісі екі керамикалық субстрат арасында бірізді тізбекте бірге ерітіндіге орналастырылған. Бұл жұп n және p-типті жартылай өткізгіштер керамикалық субстраттармен байланыста болатын өткізгіш көпірлермен біріктіріледі [4].

Жартылай өткізгішті параллелепипидтердің әр жұбы пельтье түрлендіргішінің бір жағынан n-типті шалаөткізгіштен p-типті шалаөткізгішке, ал екінші жағынан p-типті шалаөткізгіштен n-типті шалаөткізгішке ток өту үшін байланыс құрайды

Егер ағымдағы барлық параллелепипедтер арқылы өтетін болса, бір жағынан барлық контактілер салқындатылады, ал екіншісінде барлығы қызады. Егер көздің полярлығы өзгерсе, тараптар рөлдерді ауыстырады.

1.1 Термоэлектрлік элементтің өзектілігі

Соңғы жылдарда термоэлектрлік салқындатуды қолданудың кең спектрін кеңейту үрдісі байқалды, бұл ықшам, үнсіз және сенімді салқындатқыш құрылғыларға деген әлемдік сұраныстың артуына байланысты. Академик А.Ф. Иоффеңің шығармалары нәтижесінде құрылған термоэлектрлік құбылыстарды энергетикалық қолдану теориясы жартылай өткізгіш термоэлектрлік тоңазытқыштарды технологияның әртүрлі салаларында қолдану үшін кең мүмкіндіктер ашты. Осы жұмыстың нәтижесінде жаңа жартылай өткізгіш қорытпалары синтезделді, бұл Пельтье әсерін іс жүзінде қолдануға және термоэлектрлік салқындату құрылғыларының жаппай өндірісіне басқа салқындату әдістерінен кем болмайтын сипаттамалармен басталуға мүмкіндік берді. Термоэлектрлік жылу түрлендіргіштерін және электр генераторларын дамыту мен енгізу перспективалары қолданыстағы аналогтармен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар. Бұл жылжымалы бөліктер болмаған кезде Пельтье әсерін қолдануға негізделген жасанды суық алу мүмкіндігі; суық және жылу көзі ретінде дәстүрлі түрде бөлек элементтерді бір құрылғыда біріктіру; жүзеге асырудың қарапайымдылығы; ықшамдылық; өзара алмасу; жоғары сенімділік; экологиялық қауіпсіздік.

Термоэлектрлік құбылыс әр түрлі салада қарқынды қолданыла бастады: темір жол көлігі, автомобиль өнеркәсібі, авиациялық және ғарыштық техника, өнеркәсіптік электроника және энергетика, коммутациялық және компьютерлік

техника, тұрмыстық техника және т.б. Соңғы жылдары термоэлектрлік тоңазытқыштардың теоретикалық және экспериментальды зерттеулері жеткілікті көлемде жүргізілді, оның нәтижелері термоэлектрлік жүйелерді кеңінен қолдану мүмкіндігін растайды. Алайда, термоэлектрлік жабдықтар саласында айтарлықтай прогресске қарамастан, бүгінгі күні максимальді тиімділікпен қолдануға болатын физиотерапия үшін термоэлектрлік тоңазытқыштар құру мәселесі шешілмеді.

Биологиялық объектіге әсер ету үшін ықтимал салқындату жүйелерін талдау басқа тоңазытқышты пайдаланатын салқындату және жылыту режимдерінің комбинациясын қосымша жылыту құрылғыларымен ғана мүмкін болғандығын көрсетті. Кері режимде жұмыс жасау мүмкіндігіне байланысты термоэлектрлік құрылғылар басқа әдістермен салыстырғанда ұтымды жағдайда тұр.

Сондықтан дипломдық жұмыста адам ағзасына әсер ету үшін термоэлектрлік құрылғы таңдалынды.

Термоэлектрлік салқындатқыш құрылғылар электрондық және оптикалық жабдықтардың термосезімтал элементтерін, сондай-ақ тұрмыстық және көлік тоңазытқыштарында, термостаттарда, медико-биологиялық құрылғыларда салқындату және термостаттау үшін қолданылады. Бұл құрылғылар дәстүрлі мәжбүрлі салқындату жүйелерінен бірқатар негізгі артықшылықтарға ие: жинақы, температураны бақылау жеңілдігі, төмен инерция. Термоэлектрлік салқындату құрылғылары салқындату режимінен қыздыру режиміне көп күш кетірмей өтеді. Олар қарапайым басқарумен, температураны жоғары дәлдікпен өзгертуімен, дыбыссыздығымен, жаксы өлшем көрсеткіштерімен, жоғарғы сенімділігімен ерекшеленеді.

Термоэлектрлік салқындату қондырғысының басты функционалды бөлігі – бір-бірімен электрлі қосылған термоэлементтерден тұратын термоэлектрлі батареялар болып табылады. Термоэлемент арқылы электр тоғының өту барысында (сыртқы көзден) термоэлементтің ыстық және суық түйістері арасында температура айырмасы пайда болады. Сонымен қатар, суық түйісу кезінде жылу салқындатылған заттан жұтып, содан кейін қоршаған ортаға ауысады.

1.2 Жартылай өткізгіштік заттың беріктігі, оның ТЭС қасиеттеріндегі рөлі

ТЭС термоэлектрлік қасиеттерін анықтайтын ең маңызды шамалардың бірі жартылай өткізгіш заттың термоэлектрлік тиімділігі болып табылады. Термоэлектрлік тиімділік заттың сенімділігімен сипатталады және салқындату модульдері үшін салқындату тиімділігімен анықталады:

$$Z = \alpha^2 \cdot \sigma / K, \quad (1.1)$$

мұндағы α — термоэлектрлік коэффициент (термо-ЭКК коэффициент); σ және K — тиісінше үлестік- электр және жылу өткізгіштігі [5].

Жалпы электр кедергісі (электр өткізгіштігі) электрондардың тор тораптарымен өзара әрекет ету дәрежесін және энергияның жоғалуын (өзара әрекеттестіктің болмауы аса өткізгіштік әсеріне сәйкес келеді), α — Электрон әр текті материалдардың түйісуі арқылы тасымалдануы мүмкін энергиямен сипатталатын термо-ЭКК коэффициенті, K — материалдың жылу өткізгіштігі. Жылуөткізгіштердің оптималды қатынасы жылуөткізгіштерді қамтамасыз етеді, олар үшін ең жақсы сенімділік мәні бүгін шамамен $3 \cdot 10^{-3} / K$ құрайды.

Сенімділіктің мәні жоғары болған сайын, модуль температураларының ең жоғары айырмашылығы соғұрлым жоғары, ал тиісінше-оның тұтынушылық қасиеттері мен қандай да бір қосымшада қолдану тиімділігі соғұрлым жақсы [6].

1.3 ТЭС температураларының ең жоғары айырмашылығын анықтау

$\Delta T_{\max}$ [K] — бұл модуль біріккен жерлерінің арасындағы ең максималды температура айырмашылығы. Ыстық қосылыстың бекітілген температурасында (мысалы, $T_h = 300$ K) және нөлдік тоңазытқыш қуатында қол жеткізіледі ($Q_c = 0$).

Термоэлементпен көтерілетін температуралардың ең көп айырмашылығы, беріктікпен байланысты және термоэлементтің геометриялық сипаттамаларына байланысты емес:

- Біркасадты модуль үшін мән тек термоэлектрлік заттың тиімділігіне байланысты. Қазіргі уақытта жартылай өткізгішті заттарды синтездеу технологиясының деңгейі максималды температурасы 76 K болатын ТЭС сериялы шығаруға мүмкіндік береді.

- Көп каскадты модульдер үшін $\Delta T_{\max}$ мәні заттың тиімділігіне ғана емес, сонымен қатар салқындатқыш каскадтар санына және модульдердің конфигурациясына да байланысты. Жоғары қуатты екі каскадты модульдер үшін температуралардың максималды айырмашылығы 83-87 K құрайды, ал төрт каскадты модульдер үшін 140 K жетеді.

$I_{\max}$, A — бұл температура айырымына жеткен ток $\Delta T_{\max}$

$U_{\max}$, В — токқа сәйкес келетін кернеу $I_{\max}$ және температура айырымы $\Delta T_{\max}$

$Q_{\max}$, Вт — ток кезіндегі суықтың өнімділігі $I = I_{\max}$ және температура айырымы $\Delta T = 0$.

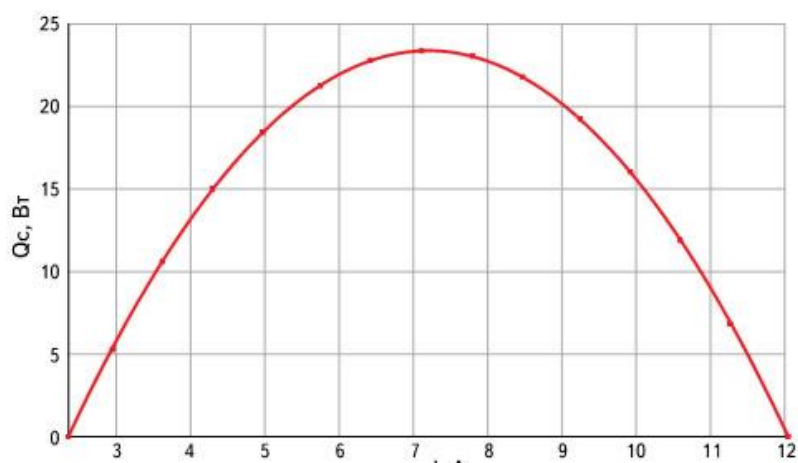
ТЭС негізгі сипаттамалары:

- ең жоғары суыту қуаты Q ;
- ыстық және суық жағы арасындағы температуралардың ең жоғары айырмашылығы ΔT . Суыту қуаты бөлінген немесе сіңірілген жылу санымен анықталады және мына формула бойынша есептеледі:

$$Q = P \cdot I \cdot t. \quad (1.2)$$

мұндағы P — Пельтье коэффициенті; I — ток күші; t — уақыт.

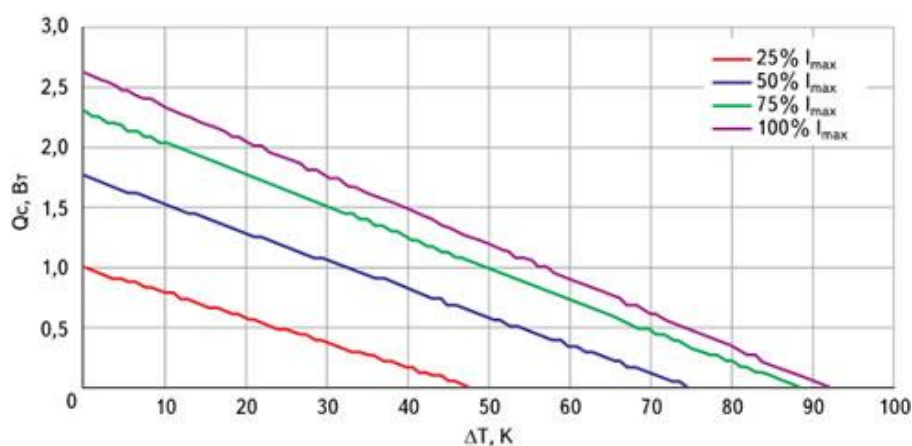
Суыту қуаты және ΔT модульден өтетін ток күшіне байланысты. Тәуелділік кестесі суретте көрсетілген [7].



1.1 Сурет – Тоңазытқыш қуаттың ТЭС арқылы өтетін ток күшіне типтік тәуелділігі

$I_{\max}$ - дегеніміз $\Delta T_{\max}$ -қа жеткен кездегі ток күші.

Модульмен қол жеткізілетін Тоңазытқыш қуатының шамасы ΔT -ға байланысты.

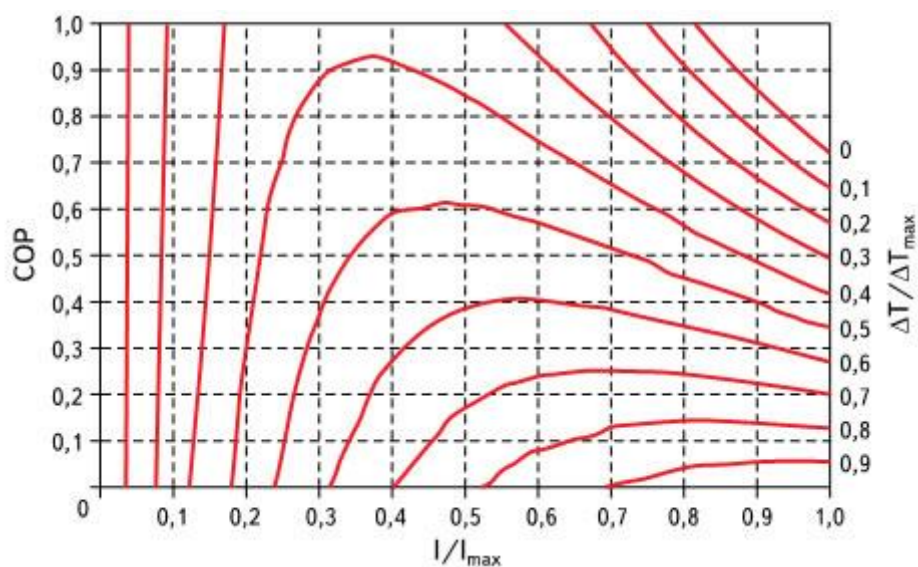


1.2 Сурет – Тоңазытқыш қуаттың ТЭС температураларының әртүрлілігіне тәуелділігінің үлгісі

Суреттегі кесте бойынша $T_{\max}$ температурасының айырмасының максималды мәніне жету тек суықтың өнімділігі болмаған жағдайда ғана мүмкін болады: $Q_c=0$. Екінші жағынан, температураның нөлдік айырмашылығы кезінде $Q_{\max}$ ($I_{\max}$ токында).

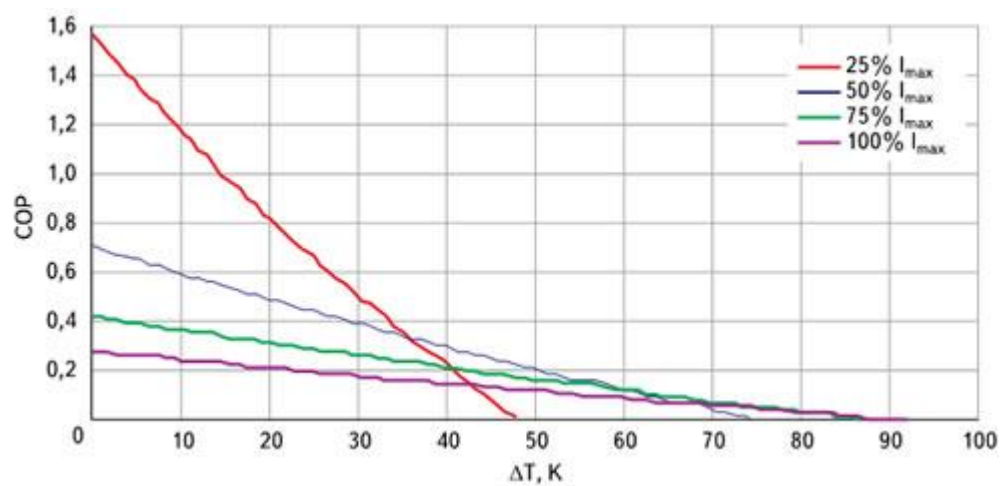
$Q_{\max}$ Модулінің қуаты өткізгіштің биіктігі мен қосынды қимасының қатынасына ғана байланысты және шексіз үлкен болуы мүмкін. Қазіргі уақытта 300 Вт астам тоңазытқыш қуаты бар ТЭС сериялы шығарылады. ТЭС $I_{\max}$ $Q_{\max}$ $U_{\max}$ $\Delta T_{\max}$ барлық тұтынушылық параметрлері ыстық жағының температурасына байланысты және $T_h = 300$ К үшін келтіріледі. Кейбіреулер 325-ден 350 К-ге дейінгі температураларда жоғарыда көрсетілген мәндерді өндіреді. Бұл Тапсырыс берушілерді адастырады, өйткені нақты Тоңазытқыш қасиеттері шамамен 25% әлсіз болады.

ТЭС — $Q_{\max}$ және $\Delta T_{\max}$ негізгі параметрлерімен қатар термоэлектрлік салқындату тиімділігінің сипаттамасы өте маңызды болып табылады. Мұндай сипаттама COP (coefficient of performance) тиімділік коэффициенті болып табылады — модульдің Тоңазытқыш қуатының оларға тұтынылатын электр энергиясына қатынасы. COP ағатын процестердің үнемділігін сипаттайды (сурет.18). Берілген мәнде COP тоғы температураның айырмасына байланысты, және температураның аз айырмашылығы жоғары. COP термоэлектрлік құрылғылары үшін орташа 0,3-0,7 құрайды. Температураның нөлдік айырмашылығы кезінде және аз токтарда тоңазыту коэффициентінің шегі шексіздікке ұмтылады. Егер де бұл құрылғы үнемділігінің жоғарылауы қажет болса, онда модульдердің көп мөлшерін пайдаланған жөн және оларды аз токпен қоректендірген жөн — бұл ток ΔT жүйені қамтамасыз ету үшін жеткілікті болғанша, яғни кері жылу ағынын өтеу үшін.



Сурет 1.3 – ТЭС (COP) тиімділігінің ол арқылы өтетін токтың салыстырмалы шамасына тәуелділік кестесі

Бір модуль үшін ток режиміне байланысты тиімділіктің әртүрлі мәндері алынуы мүмкін (сурет. 19), бұл ретте аз токпен температуралардың аздаған ауытқуларында COP коэффициенті 100% - дан аспауы мүмкін [8].



Сурет 1.4 – Электр тогының салыстырмалы шамасының және температураның айырмашылығынан ТЭС тиімділігінің тәуелділігі

2 Жасанды гипотермияны медицинада қолдану

2.1 Ағзаға суық әсер етудің механизмдері, әдістері және құралдары

Адамның суық пен жылуды қабылдауына, демек, оның ағзасының реакциясына температура ғана әсер етпейді. Әсер ету кезінде емдеу факторы мен дене бетінің температураларының айырмашылығы өте маңызды рөл атқарады. Ол неғұрлым көп болса, ағза термиялық процедураны анық қабылдайды және оған белсенді жауап береді. Дене ауданын ескеру қажет. Дененің жылу тасымалдағышпен жанасу беті неғұрлым көп болса, дененің реакциясы күрт байқалады.

Барлық өмірлік маңызды процестер біздің организмде белгілі бір температура интервалында өтеді: 35-42С. Осы аралықтың шегінде дене температурасының көтерілуі барлық биохимиялық реакциялардың жылдамдығын арттырады және керісінше, температураның төмендеуі кезінде олардың айтарлықтай тежелуі болады. Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, суық әсер маңызды. Суықтың әсерінен қан тамырлары тарылады, қан мен лимфа қозғалысы баяулайды, жүйке-бұлшықет ұлпалары қоздырғыштықты жоғалтады, бұл ауырсынуды азайтады, ми қабығында тежеу процестері күшейтіледі, пульс және тыныс алу баяулайды [9].

Алайда, жергілікті және қысқа мерзімді суыту кезінде жүрек қысқаруының саны мен күші ұлғаяды және осының арқасында қан қысымы жоғарылайды, пульс жақсарады. Суықты оқшаулаған кезде дене денесінің салыстырмалы шағын бөлігінде салыстырмалы төмен температураға дейін салқындатылуы мүмкін, өйткені ақуыз молекулаларының құрылымы өзгермейді және ферменттер бұзылмайды.

Суықтың оң әсері көбінесе фазалық сипатқа ие ағзаның физиологиялық реакциясымен байланысты. Бірінші сәтте теріні суықпен тітіркенген кезде оның ұсақ тамырларының спазмы пайда болады (реакцияның бірінші фазасы). Ағзаның орталық жүйке-эндокринді реттелу механизмі арқылы тері температурасының төмендеуі туралы сигналдарға жауап ретінде жиі емес термогенез механизмдері енгізіледі, бұл негізінен бауыр мен көлденең жолақ бұлшық еттердің алмасу процестерінің жылдамдауына себепші болады. Осының салдарынан терең жатқан ұлпалар мен ішкі мүшелердегі температура жоғарылайды, бұл өз кезегінде ішкі мүшелердің терморецепторлары жүйесі және орталық жүйке жүйесі арқылы терідегі микроциркуляцияның компенсаторлық ұлғаюына әкеледі. Капиллярлар саны ұлғайып, жұмыс істейтіндердің жарығы кеңеюде. Сыртынан бұл терінің гиперемиясы (реакцияның екінші фазасы) көрінеді. Бұл фаза жағымды жылу, сергектік сезімімен жүреді.

Бірқатар авторлардың жұмыстарында ағзаның суыққа бейімделген реакцияларының үлкен мөлшері көрсетілген. Бұл реакцияларда адамда бірінші орынға жылу беруді азайтуды қамтамасыз ететін физикалық термореттеу болады. Алайда, суық әсерге жылу беруді азайту жылудың жоғарылауымен

үйлеседі. Суыту кезінде жылудың ұлғаюы негізгі алмасудың, негізінен көмірсулар, ақуыз және ферментативті жоғарылауының нәтижесінде болады. Бірнеше жағдайларға байланысты + 10- + 12С төмен температураға дейін адамды салқындату қауіпті. Бірақ тіпті бұл гипотермия ауыр ауруларды емдеу үшін орташа пайдалы [10].

Суықтың жергілікті қарқынды әсері кезінде жүрек жиырылуының саны азаяды, қысқару күші артады, сонымен қатар тамыр соғуының жақсы толуы және жиі артериялық қысымның айқын жоғарылауы байқалады.

Суық қысқа мерзімді тітіркену нервтің қозуын арттырады. Суық ұзақ немесе өте қарқынды әсер етеді, керісінше, жүйке тінінің қозуы мен өткізгіштігінің төмендеуі немесе толық тежелуі. Осылайша, ауырсыну сезімінің азаюы тек ауырсыну сезілетін аймаққа ғана емес, сонымен қатар тиісті сезімтал нервке (оның үстімен жатуы жағдайында) тікелей суықтың әсерінен туындатуы мүмкін.

Физикалық жүктемелерде және қоршаған орта температурасының жоғарылауында мидың температурасы дене температурасынан жоғары көтеріледі, ол төзімділікке, жұмысқа қабілеттілікке, үйлестіруге теріс әсер етеді және ағзаның тіршілік әрекетінің өрескел бұзылуымен жылу соққысының (шок) себебі болуы мүмкін.

Сонымен қатар, мидың жергілікті температурасының жоғарылауы тырысу жағдайлары, нейротравма, ми қан айналымының бұзылуы сияқты бірқатар патологиялық жағдайларда дамиды.

Осылайша, дене жүктемелері, қызып кету, дене қызуы және жүйке жүйесінің патологиялары кезінде церебральды температура дене температурасынан жоғары болады. Бұл адам өміріне қауіп төндіретін жағдайларда орталық жүйке жүйесінің зақымдану қаупін арттырады және өмірге қауіп төндірмейтін жағдайларда, атап айтқанда физикалық гипертермия кезінде функционалдық бұзылуларды қиындатады [11].

2.2 Бас суытудың табиғи механизмдері

Қазіргі таңда бас миын суытудың келесі табиғи механизмдері бар.

1. Конвекциялық механизм жалпы көктамырлық қан ағымына жылудың артуын алып келетін ішкі ұйқы артериялары бойынша артериялық қанның күшті ағуынан тұрады. Артериялық қан ішкі ұйқы артерияларының жоғарғы тыныс алу жолдарының шырышты қабығынан, бет терісінен және бастың қабық көктамырына қан жинайтын көктамыр жүйесінің тамырларымен тығыз байланысы есебінен салқындатылады. Көктамырлық қан артериялық қанмен тиімді жылу алмасуды қамтамасыз ете отырып, сыртқы ортада салқындатылады. Бұл механизм мидың жылу балансын ұстап тұрудағы негізі ретінде қарастырылады.

2. Кондукциялық механизм ми бетінен қабық арқылы артық жылуды, бас сүйегінің тегіс сүйектерін және сыртқы ортаға жылу өткізгіштігі есебінен

бастың жұмсақ тіндерін алып тастаудан тұрады. Бас сүйектің тегіс сүйектерінің және бастың жұмсақ тіндерінің төмен жылу өткізгіштігі жылудың шығуын едәуір қиындатады, бірақ бас терісі мен бас ми қабығы температурасының айырмасы ұлғайған кезде жылудың кету қарқындылығы артады.

3. Скальп аймағындағы қан айналымының анатомиялық ерекшеліктерімен қамтамасыз етілетін ми бетін салқындатудың конвекциялық механизмі. Бас сүйегінің жалпақ сүйектеріндегі кеуекті зат көктамыр жүйесінің құрамындағы бас терісінің көктамыр қаны мидың бетіне тікелей қатты ми қабығының синустарына қан көтеретін эмиссиялық көктамырға түседі. Осылайша, сыртқы ортада салқындатылған бас терісінің көктамырлық қаны көктамырлық синустарда қан температурасын төмендетіп, ми бетінің температурасын төмендетуді қамтамасыз етуге қабілетті [12].

2.3 Бас гипотермиясына арналған белгілі құрылғылар

Қазіргі уақытта жоғарыда аталған механизмдерге негізделген түрлі құрылғылар белгілі.

Жергілікті гипертермияны түзетуге арналған құрылғы белгілі, онда салқындатқыш су айналымы мүмкіндігімен жасалған дулығасы бар (кондукциялық механизм). Суды салқындату үшін резервуардағы мұз қолданылады, ол арқылы су сорғымен айдалады.

Белгілі құрылғының кемшіліктері салқындатқыш әсерді басқару құралдарының жоқтығынан тұрады.

Желдеткішпен байланысты бас киім түрінде жасалған ыстықтан қорғайтын құрылғы белгілі. Бұл құрылғы бас терісі мен бет терісін атмосфералық ауамен қамтамасыз етеді (бірінші конвекция механизмі)

Белгілі құрылғының кемшіліктері салқындатқыш әсерді басқару құралдары және оның төмен тиімділігі жоқ, бұл жергілікті гипертермияны түзету үшін осы құрылғыны пайдалануға мүмкіндік бермейді.

Жергілікті гипертермияны түзетуге арналған құрылғы белгілі, құрамында дулыға бар, бір-бірімен қосылған сыртқы және ішкі қабықтардан тұратын, пайдаланушының басында бекіту және оның бетін салқындату мүмкіндігімен орындалған, салқындату блогы, басқару блогы және қоректендіру блогы бар.

Салқындатқыш блогі ең аз дегенде бас терісімен тікелей байланыста орналасқан бір термоэлектрлік салқындатқыш құрылғыны (Пельтье элементі), термоэлектрлік салқындатқыш құрылғының қыздырылатын бетімен қосылған жылуды шығару радиаторын және радиатордың ауамен салқындауын қамтамасыз ететін желдеткішті қамтиды.

Белгілі құрылғының кемшіліктері келесідей.

1. Бас терісінен артық жылудың бөлінуі Пельтье элементтерімен байланысы бар облыстарда ғана жүзеге асырылады, яғни біркелкі емес, бұл жергілікті гипертермияны түзету тиімділігін төмендетеді.

2. Белгілі құрылғыда тек жылуды бұрудың кондукциялық механизмі іске асырылды, жоғарыда аталған басқа тетіктердің есебінен жылуды бұруға арналған құрылғылар жоқ, бұл жылуды бұрудың қарқындылығына айтарлықтай әсер етеді.

Жергілікті гипертермияны түзетуге арналған құрылғы белгілі, ол салқындату блогы, басқару блогы, қорек блогы және бір-бірімен қосылған сыртқы және ішкі қабықтардан тұратын шлем, пайдаланушының самайлары мен төменгі жақ аймағын қамту, пайдаланушының басына бекіту және оның терісін салқындату мүмкіндігімен жасалған.

Белгілі құрылғы мәлімделген құрылғының ең жақын аналогы ретінде қабылданған.

Белгілі құрылғының кемшіліктері онда пайдаланушының басы мен мойынының қарқынды жылу бөлу аумақтарынан жылуды мақсатты түрде бөлу қамтамасыз етілмеуінен тұрады.

Мәлімделген өнертабыстың міндеті қоршаған орта температурасының жоғарылауы жағдайында, физикалық жүктемелерді орындау кезінде, жергілікті температураның көтерілуімен қоса жүретін, бас миының жылулық реттеудің барлық үш негізгі табиғи тетіктерін бір мезгілде пайдалану жолымен жылудың бұрылуын қамтамасыз ететін өзге де жағдайларда бас миының жылу балансын ұстап тұру үшін құрылғы жасау болып табылады.

Нәтижесінде жылудың қарқындылығын арттыру және біркелкі бөлінуін қамтамасыз ету, демек жергілікті гипертермияны түзету тиімділігін арттыру болып табылатын техникалық нәтижеге қол жеткізіледі [12].

Көрсетілген техникалық нәтижеге салқындату блогы, басқару блогы, қорек блогы бар жергілікті гипертермияны түзетуге арналған құрылғы жасау арқылы және ең аз дегенде бір шлемнен тұратын, бір-бірімен қосылған сыртқы және ішкі қабықтардан тұратын, пайдаланушының вискалары мен төменгі жақ аймағын қамту, пайдаланушының басына бекіту және оның терісін салқындату мүмкіндігімен орындалған. Дулыға суыту блогынан берілетін салқындатқыш ауаның айналымы үшін қуыстың пайда болу мүмкіндігімен, ішкі қабықшаның және пайдаланушының бас терісінің арасында жасалған. Дулығаның ішкі қабығы салқындату блогынан берілетін салқындатқыш ауаның жалпы ағынын біркелкі бөлу мүмкіндігімен, оны терінің суыту аймақтары бойынша бөлу үшін орындалған және аталған аймақтардағы ауа ағындарының кескіштерімен жабдықталған.

2.4 Ишемиялық инсульт

Қазіргі уақытта гипотермия көптеген зерттеушілер мидың нейропротекторлық қорғанысының ең перспективалы физикалық әдісі ретінде қарастырады. 2001 ж. ишемиялық инсульттің жіті кезеңінде гипотермияны қолданудың пилоттық клиникалық сынақтары жүргізілді.

Гипотермия клиникалық симптомдар пайда болған сәттен бастап орташа 6 сағаттан кейін индукцияланған, суыту 12-ден 72 сағатқа дейінгі мақсатты температураға дейін $32 \pm 1^\circ \text{C}$ жеткенге дейін жүргізілді. Нәтижесінде осы Әдістеменің қауіпсіздігін және инфаркт ядросы аймағын кеңейтуді болдырмау, сондай-ақ ишемиялық инсульттің неврологиялық ағынын жақсарту қабілетін куәландыратын деректер алынды.

Гипотермияның болжамды әсер ету механизмі оның церебральды метаболизмін төмендету және бос радикалдардың, митохондриялық зақымдану мен апоптоз тудыратын эксайтоуытты аминқышқылдарының және кальций генерациясымен байланысты реакцияларды қоса, реперфузиялық зақымданумен байланысты патохимиялық каскадты тежеу қабілетіне байланысты.

Жұмсақ гипотермияны (34°C) жүргізу 20-30% - ға ми қан ағынын төмендетеді, PO_2 тінінде жоғарылатады және нерв тінінде АТР пулының сақталуын қамтамасыз етеді, сондай-ақ бас сүйек ішілік қысымды анық төмендетеді.

Болашақ зерттеулерде емдік гипотермияның оңтайлы ұзақтығын, температураның деңгейін және денені салқындату мен жылыту жылдамдығын анықтау керек [13].

2.5 Химиотерапия кезінде алопецияның алдын алу үшін гипотермияны қолдану

Қазіргі уақытта онкопатологиясы бар емделушілердің едәуір саны химиотерапия алады. Онкологиялық науқастарға химиотерапия жүргізу жанама әсердің пайда болуына әкеледі. Алопеция ауыр психологиялық жарақаттан басқа, өмір сүру сапасын төмендетеді, индивидуалдығын жоғалтуға әкеледі, бұл жалпы негізгі ауруды емдеуді қиындатады.

Химиотерапиямен байланысты алопеция жиі өтпелі оқиға болып табылады. Бұл, ең алдымен, химиотерапияның әсер ету механизмімен байланысты – қарқынды бөлінетін жасушаларды зақымдайтын цитотоксикалық препараттар.

Ең алдымен, бұл әсер қатерлі ісік жасушаларына бағытталған, олар бақылаусыз бөлісу қабілетін алды. Бірақ басқа органдар мен жүйелер де зардап шегеді. Қарқынды бөлінетін қалыпты жасушалардың зақымдануы: шаш фолликулдарының зақымдануы және шаштың жоғалуы

Бас терісінің салқындауы-бұл онжылдықтар бойы әлемдегі мыңдаған пациенттердің табысты пайдаланатын химиотерапиядан туындаған алопецияны азайтудың дәлелденген тәсілі. Төмен температура бас терісіндегі қан ағынының азаюына әкеледі, сондықтан химиотерапияның аз мөлшері шаш жасушаларына жетеді. Демек, шаш жасушалары химиотерапияның толық дозасына ұшырамайды және химиотерапиядан кейін аман қалуы мүмкін. Нәтижесінде

шаш аз болуы мүмкін. Бас терісін салқындату кезінде екі физиологиялық реакция бар:

1. Қан ағынын төмендету

Бас терісінің аймағындағы қан тамырларының тарылуы шаш фолликулдарына жеткізілетін химиотерапиялық агент санын шектейді.

2. Метаболизмнің төмендеуі

Бас терісінің төменгі температурасы бас терісінің локализацияланған аймағында қалыпты жасушалық белсенділіктің күрт бәсеңдеуін тудырып, реакция жылдамдығын төмендетеді [14].

Осы екі реакциямен фолликулалар химиотерапиялық агенттерді аз сіңіреді және шаштың жоғалуы айтарлықтай азаяды.

Пациенттің шашы олардың жеке басының негізгі бөлігі болуы мүмкін, және көптеген пациенттер химиотерапияның ең жойқын жанама әсерлерінің бірі шаш жоғалту деп санайды. Химиотерапиядан туындаған Алопеция өзін-өзі бағалауға, өзіне сенімділік, жалпы көңіл-күй мен пациенттің емдеуге көзқарасын теріс әсер етуі мүмкін ауру туралы жағымсыз ескерту болып табылады.

2.6 Термоэлектрлік құрылғыны косметологияға еңгізу

Эстетикалық қызметтерге сұраныс ежелгі уақыттан бері бар. Суыту эффектісін косметологияда да қолдануға болады.

Көз айналасындағы терінің температурасын төмендетіп, қан ағуын және лимфа ағуын тудыруға болады-яғни лимфодренаж. Лимфодренажды жүргізу кезінде барлық лимфа жүйесіне белсенді әсер етеді, соның салдарынан бұлшық еттер босаңсады, тамырлары кеңейеді, лимфа біркелкі айнала бастайды және бүкіл ағзаға таралады

Сеанс кезінде косметолог 10-18 градус суықпен жұмыс істейді, ол өңделетін бетті салқындатады. Тері үшін бұл термиялық шок. Ол тамырларды сағат сияқты белгілі бір ырғақта қысқартады. Санаулы секундтардан кейін өңделетін бетке қан құйылады және жасушалар оттегімен белсенді қамтамасыз етіледі. Иә, сонымен қатар тері кремнен, сарысудан және маскадан алынатын пайдалы компоненттер жақсы сіңіріледі.

Криотерапия сеансында сені қорғайтын басты қауіп-бұл адам факторы. Мұзды сұйықтықпен сіңдірілген мақтамен тері маманы жүргізеді. Егер шебердің қолы құйылса, суыту біркелкі болмайды; косметолог көп немесе аз затты алады. Нәтижесінде теріні немесе кеңейтілген ыдыстарды аламыз. Егер қателеспесеңіз, аппараттық криоға жазыңыз. Шын мәнінде, бұл берілген температураны қолдайтын микросхемалар. Косметолог оны теріге қолданады, басты мақсат – терінің терең қабаттары [15].

Көз айналасындағы терінің температурасын төмендетіп, қан ағуын және лимфа ағуын тудыруға болады-яғни лимфодренаж. Лимфодренажды жүргізу кезінде барлық лимфа жүйесіне белсенді әсер етеді, соның салдарынан бұлшық

еттер босаңсады, тамырлары кеңейеді, лимфа біркелкі айнала бастайды және бүкіл ағзаға таралады

Теріні суыту арқылы жетуге болатын эффекттер:

- Суық бет терісін сергітеді және ылғалдандырады, серпімділік пен тегістікті қайтарады, ұсақ әжімдерді жоюға көмектеседі.

- Бет тазартылады, балғындық пен сау бет әлпетін алады, тері тесіктері тарылады.

- Суықтың әсері қан айналымын күшейтуге көмектеседі, соның арқасында іштен белсенді тамақтану болады, ол витаминдер мен оттегінің жоғары дозасын алады. Сондай-ақ, коллаген өндіру және жаңа жасушалардың пайда болуы күшейтіледі.

2.7 Медициналық техника үшін термоэлектрлік салқындатудың заманауи шешімдері

Қазіргі заманғы ТЭС негізінде салқындату және термостатациялайтын жүйелерді қолданбай заманауи лазерлік, оптикалық, радиоэлектрондық жүйелерді құру мүмкін емес. Электронды жабдықтар мен аспаптардың істен шығуына жұмыс істеудің сенімділігі мен күтілетін ресурсы жүйенің құрамына кіретін компоненттердің температурасына кері пропорционалды. Жабдық пен аспаптар компоненттерінің жұмыс температурасының азаюы олардың сенімділігі мен істен шығудағы жұмыс уақытының экспоненциалды ұлғаюына сәйкес келеді. Жекелеген күштік электрондық компоненттердегі жылу шашырауының ұлғаюы олардың құрылымдық өлшемдерін бір мезгілде азайту кезінде сөзсіз ең қолайсыз сыртқы температура әсерлері кезінде жеткізуші берген жұмыс температураларының интервалдарын сақтауға кепілдік беретін салқындатқыш жүйені дәл есептеу қажеттігіне әкеп соқтыратынын атап өткен жөн.

Термопара белгілі Пельтье тәжірибелерінде қолданылған түрдегі, энергетикалық қолдану үшін практикалық маңызы жоқ: тиімді салқындату үшін жұмыс бетін ашу қажет. Айта кету керек, бұрын ұсынылған термоэлектрлік модульдің конструкциясы бірінші сәтте жұмыс істейтін болады. Джоуль жылуы термоэлектрлік элементтерде біркелкі бөлінеді және жүйені біркелкі қыздырады. Бұл салқындату процесіне теріс әсер етеді. ТЭС тиісті жылу бұру құрылғысыз қолдануға болмайды. Ең дұрысы, қоршаған орта температурасына жақын мәні бар модульдің ыстық жағының температурасын тұрақтандыру қажет. Осылайша, ТЭС қолдану әрқашанда сол немесе басқа радиаторды пайдаланумен байланысты, ол тек жылу ғана емес, суық жағынан қотарылатын ТЭС, сонымен қатар ол арқылы электр тогы ағу кезінде ТЭС-да бөлінетін джоульдік жылу [16].

Модульдің ыстық жағынан жылуды шығарудың тиімді жүйесімен бірге ТЭС пайдаланудың маңызды артықшылығы объектіні қоршаған ортадан төмен

температураға дейін салқындатуды қамтамасыз ету мүмкіндігі болып табылады, бұл ретте дұрыс есептеу жағдайында жылу оқшауламасы арқылы жылудың кері ағуын өтеу ғана емес, объект шығаратын жылуды бұру де қамтамасыз етіледі. ТЭС негізінде жылу сорғысының қатты жанатын, герметикалық конструкциясы жылуды герметикалық жабық көлемнен бұруға мүмкіндік береді.

Термотерапия механизмі жетгілікті күрделі және жергілікті жалпы реакциялардан қалыптасады. Ошақтық реакциялар қан мен лимфайналымның және нервнотрофиялық процестердің жақсаруында байқалады, бұл қабынуға қарсы, ауырсынуды басатын және соратын әсерге себепші болады. Өз кезегінде, жалпы реакциялар ағзаның өзін-өзі реттеуді қамтамасыз ететін жүйке, жүрек-қан тамырлары, эндокриндік және басқа да жүйелеріне рефлекторлы-гуморальдық әсермен байланысты. Оңтайлы реакция ағзаға шамадан тыс жылу жүктемесі болмаған және жасушалық, суб клеткалық және молекулалық деңгейлердегі өзгерістер биологиялық тіндердің қыздыру процесінің салдарларымен шектелмеген жағдайларда ғана пайда болады. Суық және жылу, ең алдымен, ағзаның тыныс-тіршілігінде маңызды рөл атқаратын және орталық жүйке жүйесімен тығыз байланысты теріге әсер етеді. Сонымен қатар, перифериялық рецепторларды тітіркендіре отырып, жылу және суық бүкіл ағзаға әсер етеді. Олардың әсері қыздырылатын (салқындатылатын) және әртүрлі биологиялық белсенді заттармен байытылатын қан арқылы іске асырылады, ал ағзаға таралып, әр түрлі органдар мен тіндерге әсер етеді.

Осылайша, адам ағзасының жекелеген мүшелеріне әсер ету үшін физиотерапиялық факторларды пайдалану бүгінгі таңда өзекті, бұл суық және жылу әсерлері арқылы емдеудің жаңа әдістерін іске асыру үшін термоэлектрлік тоңазытқышты әзірлеу қажеттілігіне әкеледі.

Қазіргі уақытта бар әдістер мен құралдар (контрасты ванналар, парафино-сондай-ақ қатты және сұйық салқындатқыштарды пайдалануға негізделген әр түрлі құрылғылар медициналық көрсетулермен талап етілетін температуралық режимді және әсер ету режимдерін ауыстырып қосу жиілігін қамтамасыз ете алмайды және үлкен инерциондылықпен, үлкен геометриялық өлшемдермен және суық әсерлерді мөлшерлеудің төмен дәлдігімен ерекшеленеді [17].

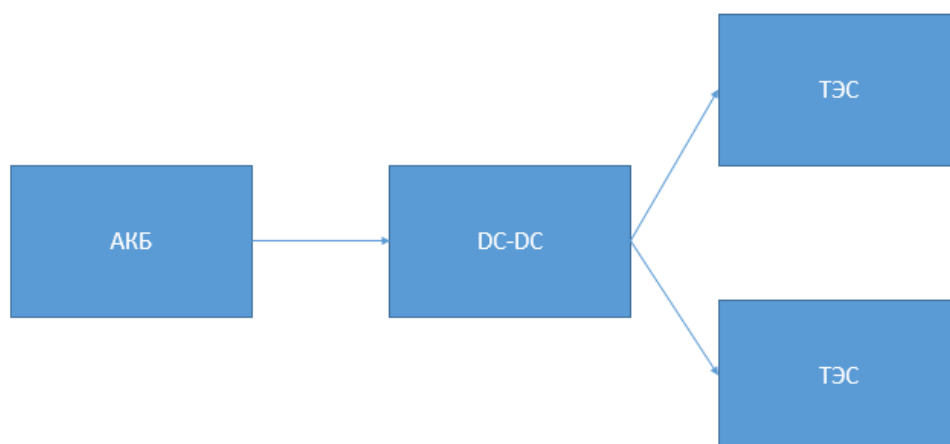
Импульстердің әр түрлі ұзақтығы кезінде салқын әсер ету режимдерінің үйлесуін қамтамасыз ету міндетін шешу, сондай-ақ олардың температуралық деңгейлерін бақылау термоэлектрлік тоңазытқышты пайдалану арқылы ғана мүмкін болады. Биологиялық объектіде анықталған салқын әсерлерді ауыстырып қосудың оңтайлы режимі суық әсер ету кезінде 3-5 минут және жылу әсер ету кезінде 2-3 минут болып табылады. Салқындаудың бір циклі ішінде термоэлектрлік Тоңазытқыш мәжбүрлі режимнен ең жоғары энергетикалық тиімділік режиміне және одан әрі ең жоғары салқындатқыш режиміне өтеді. Мұндай қысқа мерзімді циклдерде термоэлектрлік тоңазытқыштың жұмысы олардың сипаттамалары, атап айтқанда, Тоңазытқыш коэффициенті, ең жоғары суықтың өнімділігі өзгереді, бұл арнайы зерттеулер жүргізуді талап етеді. Биологиялық объектіге суық әсер ету әсері ағзаның

рефлексогендік аймағының механикалық массажын бір мезгілде біріктірген кезде күшейтілетіндіктен, жұмыста термоэлектрлік батарея мен әсер ету объектісі арасындағы түйіршіктеу қабатын пайдалану ескерілді [18].

Дипломдық жұмыстың мақсаты термоэлектрлік тоңазытқыштардағы процестерді зерттеу және оларды әсер ету объектісі анықтайтын жұмыс режимдеріне сәйкес оңтайландыру, физиотерапия процедуралары кезінде адам денесінің жеке органдарына күрделі суық әсер ету үшін термоэлектрлік тоңазытқыштар негізінде жаңа құрылғыларды әзірлеу және температуралық деңгейдің дозасын дәлелдеуді қамтамасыз ету болып табылады.

3 Құрылымдық бөлім

3.1 Функционалдық сұлбасын құрастыру



3.1 Сурет – Жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғының функционалдық сұлбасы

3.2 Қолданылған құрал жабдықтардың тізімі



3.2 Сурет – Пелтье элементі

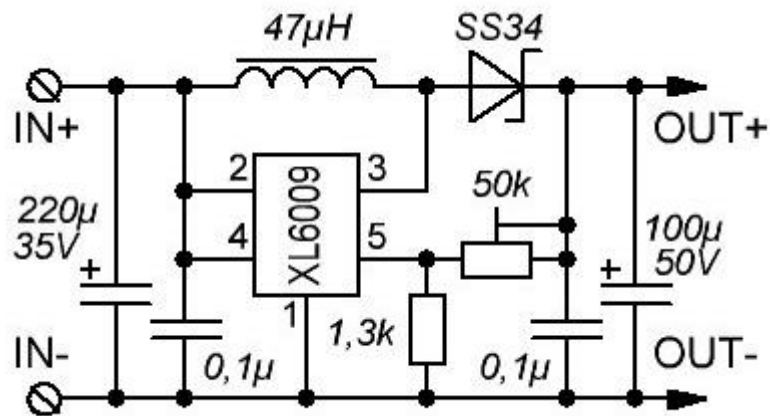
- Модель: TEC1-12706
- Өлшемі: 40 мм x 40 мм x 4 мм

- Қорек көзі кернеуі: 0 ден 15.2 В
- Тұтынатын тогы: 0 ден 6А
- Жұмыс істеу температурасы: -30 дан 80
- Максималды тұтынатын қуаты: 60 Вт
- Салмағы: 22 г
- Түсі: ақ
- Максималды кернеуі U: 40⁰С – 1,8В, 60⁰С – 2,4В, 80⁰С – 3,6В

DC-DC түрлендіргіш



3.3 Сурет – DC-DC түрлендіргіш



3.4 Сурет – Түрлендіргіш принципіалдық схемасы

- Кіріс кернеуі U, 1 – 6В
- Шығыс кернеуі U, 5В
- Ток I, 1А

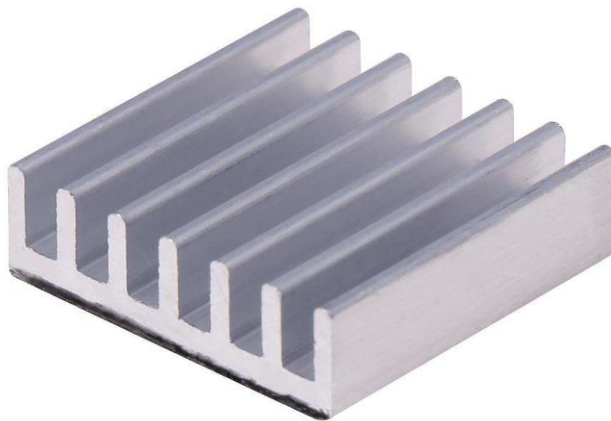
Li-Ion батареялары



3.5 Сурет – Li-Ion батареясы

- Батарея кернеуі U , 3,7-4,2В
- Батарея сыйымдылығы 2750 mAh

Салқындату радиаторы



3.6 Сурет – Салқындату радиаторы

- Материал: алюминий
- Өлшемі: 40 мм x 40 мм

3.3 Эксперименталды түрде жүзеге асыру

Бірінші кезекте термоэлектрлік элементтің параметрлеріне сәйкес қорек көзі таңдалынды. Пельтье элементтерінің өлшемдеріне сәйкес суыту радиаторлары құрылғының ыстық шығаратын бетіне жабыстырылды. Келесі

кезекте Пельтье элементтеріне берілетін кернеуді реттеу үшін түрледіргіш енгізілді. Макет адам бетін суыту үшін арнайы маска қолданылады. Оның арқасында суық бір келкі тарайды



3.7 Сурет – Жасанды гипотермияға термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы

Макетте температураны өзгерту үшін ауыстырып-қосқыш жобаланды. Шағын термоэлектрлік элемент негізіндегі салқындатқыш дайын

4 Есептеу бөлімі

4.1 Термоэлектрлік салқындату жүйесін есептеу үшін бастапқы деректер

Термоэлектрлік салқындату жүйесін құрастыруға кіріспес бұрын, біз келесі сұрақтарға жауап беруге дайын болуымыз керек:

- Қоршаған ортаның температурасы қандай жағдайда салқындатқыш объект пайдаланылады.
- Салқындатқыш объектіден қандай жылу бөлінуі тиіс.
- Салқындатқыш объектінің температурасының өзгеруіне әсер ету жылдамдығы мен қосу кезінде режимге шығу жылдамдығы қаншалықты маңызды.
- Жұмыс температурасының аралығы қандай және ол қалай тез өзгеруі мүмкін?
- Жылу өткізгіштігі, конвекция және/немесе радиация есебінен салқындатылатын объектіге жылу ағу деңгейі қандай?
- ТЭС және радиатор үшін қандай бет пен көлем қол жетімді.
- ТЭС жұмыс істеу үшін қандай электр қуаты қол жетімді.
- Салқындатқыш объектінің температурасын қандай дәлдікпен сақтау қажет.

Жұмыс кезінде радиатордың ең жоғары рұқсат етілетін температурасы қандай?

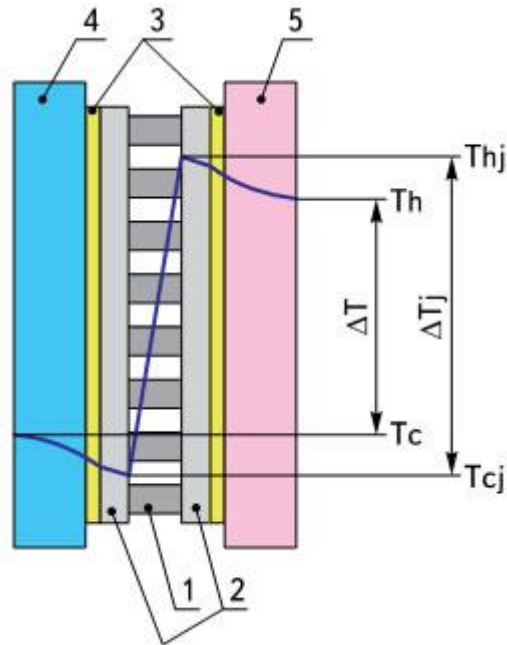
Аппаратурадағы ТЭС түрлі режимдерде пайдаланылуы мүмкін:

- Қосу-өшіру режимі (модульдердің кейбір түрлері үшін ауыспалы цикл уақытын қысқартуға мүмкіндік беретін полярлықты ауыстыру режимі де мүмкін). Бұл режим қарапайым жағдайда әртүрлі конструкциялардың терморелеімен іске асырылады.
- Тұрақты қосылу режимі (ТЭС түрін және оның жұмыс режимін дұрыс таңдау кезінде сенімділік тұрғысынан неғұрлым қолайлы).
- Температура контроллерімен және датчиктермен (термистормен) қамтамасыз етілетін температураны жоғары дәлдікпен ұстау режимі [19].

4.2 Термоэлектрлік салқындату жүйесі ішіндегі температураларды бөлу

Бұдан бұрын Пельтье термоэлектрлік әсері беттік болып табылатыны атап өтілді, бұл ретте электр тогын белгілі бір шамада өткізу кезінде ТЭС бір беті салқындатылады, ал екіншісі қызады. - Сур. 1 термоэлектрлік элементтері (1) және керамикалық пластиналардағы коммутация элементтері (2) бар ТЭС-дан тұратын қарапайым термоэлектрлік салқындату жүйесінің көлденең кесігі бейнеленген. Модульдің ыстық және суық жақтары радиаторлармен жабдықталған (тиісінше 5 және 4), сондай-ақ модульдің үстіңгі бетінің радиаторлармен ең жақсы жылу байланысын қамтамасыз ететін жылу өткізгіш пастасы ескерілген. Суретпен жүйенің ішіндегі температуралардың таралу

эпюрасы біріктірілген. Эпюра көрсеткендей, ең жоғары температура айырмашылығы арқылы қол жеткізіледі коммутациялық спаях суық және ыстық тараптар модуль (T_{cj} және T_{hj}), сыртқы бетінің модульді температура айырмашылығы аз шамаға жылу жоғалту керамикада (өте шағын, бірақ бар мәні кезінде үлкен жылу ағыны).



4.1 Сурет – Термоэлектрлік салқындату жүйесі ішіндегі температураларды бөлу

4.3 Жылуды бұру тәсілін таңдау

Жоғарыда айтылғандай, термоэлектрлік құрылғыны тиімді және сенімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін ТЭС ыстық жағынан жылуды неғұрлым суық қоршаған ортаға бұруды қамтамасыз ету қажет. Мұны жасаудың бірнеше жолы бар. $Q_{\text{ыст}}$ бөлінетін қуатының деңгейіне байланысты:

- $Q_{\text{ыст}} < 15 \text{ Вт}$ — металл корпусқа монтаж;
- $15 \text{ Вт} < Q_{\text{ыст}} < 35 \text{ Вт}$ — жергілікті радиатор;
- $35 \text{ Вт} < Q_{\text{ыст}} < 80 \text{ Вт}$ — шығарылатын радиатор + желдеткіш;
- $80 \text{ Вт} < Q_{\text{ыст}} < 300 \text{ Вт}$ — мыс шығару радиаторы + желдеткіш;
- $300 \text{ Вт} < Q_{\text{ыст}}$ — сумен салқындату.

ТЭС және термоэлектрлік жүйенің жұмыс режимі тұтастай алғанда ТЭС ыстық жағынан жылуды "тастаудың" қажетті жылдамдығын анықтайды, бұл ретте қажетті төгіндінің жылдамдығы суық жақтан жылуды бұру жылдамдығынан бірнеше есе жоғары болуы мүмкін. Бұл ара қатынас $C_{\text{ор}}$ коэффициентімен анықталады — Тоңазытқыш қуаттың электр тұтынылатын қуатқа қатынасы:

$$C_{\text{ор}} = k \cdot I / I^2 \cdot R; \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{ыст}} = I^2 \cdot R + k \cdot I; \quad (4.2)$$

мұндағы k — Пельтье коэффициенті [20].

4.4 Радиаторлар мен желдеткіштерді таңдаудың жалпы принциптері

Радиатор-бұл ТЭС ыстық бетінен қоршаған ортаға жылу беруді жақсартатын құрылғы (әдетте, ауаға немесе суға, бірақ басқа да нұсқалар бар).

Радиаторды дұрыс таңдау үшін алдымен келесі параметрлерді анықтау қажет:

- Q_h — модульдің ыстық жағына түсетін толық (әр түрлі жұмыс режимі жағдайында максималды) қуат [Вт];
- $T_{h \max}$ — жоғарғы шегі ТЭС орындаудың конструктивтік-технологиялық нұсқасымен анықталатын ТЭС ыстық жағындағы ең жоғары температура ерекшелікте көрсетіледі [$^{\circ}\text{C}$];
- T_{amb} — қоршаған ортаның температурасы [$^{\circ}\text{C}$], берілген температура аралығында жұмыс істеу жағдайы үшін — оның ең жоғарғы мәні ($T_{\text{amb max}}$).

Ыстық жағын суыту үшін радиаторды ең кем дегенде екі сипаттамадан: модульдердің жиынтық ауданы және оларды салқындату жүйесінің жылу кедергісінің шамасы негізге ала отырып таңдау керек. Олардың ішінен жылу кедергісінің ең қолайлы шамасы бар радиаторлар таңдап алынады (ол әдетте қоршаған орта температурасының белгілі бір мәні үшін көрсетіледі).

Есептік деректер мен нақты термоэлектрлік жүйенің сипаттамалары арасындағы алшақтық 20-25% - ға дейін жетуі мүмкін екенін ескеру қажет. Бұл көптеген жүйелердің жылу режимдерін есептеудің қарапайым қателігі. Ол тек жылу моделінің жақындауымен ғана емес, сонымен қатар салқындату жүйесінің барлық құрылымдық ерекшеліктерін ескеру мүмкін еместігімен, жылуфизикалық қасиеттері мен конструкция элементтерінің басқа да параметрлерін дәлме-дәл анықтаумен байланысты.

θ мәнін түсіну үшін мысалды қарастырайық: жылу жүктемесі 20 Вт болғанда, жылу көзінің температурасы 10°C -ге артты. Бұл радиатор үшін жылу кедергісі $10/20 = 0,5^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$ болады. Басқа мысал: қоршаған ортаның температурасы 25°C үшін радиатордың температурасы 10°C -қа артты, ал шашырауы тиіс қуат 10 Вт құрайды. Радиатордың жылу кедергісі $1^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ құрайды.

Іс жүзінде қолданылады негізгі үш типті радиаторлар: радиаторлар табиғи (конвекционды) салқындатылатын, желдеткішпен үрленетін және сұйықтықты салқындататын, үлгілік маңызы бар қаланың жылу кедергі θ үшін кестеде келтірілген.

4.1 Кесте – Өртүрлі конструкциядағы радиаторлардың жылу кедергісінің типтік мәндері

Жылуды бұру тәсілі	Жылу кедергісінің типтік мәні θ [$^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$]	
	минимум	максимум
Конвекционды	0,5	5
Үрленетін	0,02	0,5
Сұйық салқындату	0,005	0,15

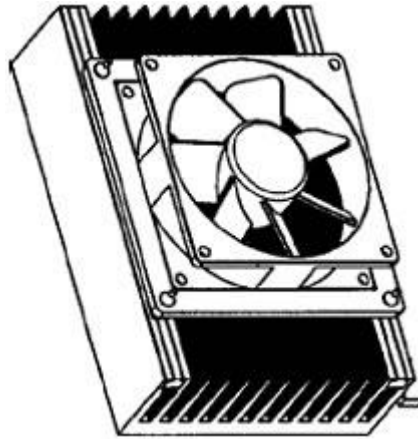
Айта кету керек, термоэлектрлік жүйелердің көпшілігі желдеткішпен үрленетін немесе сұйықтықпен салқындатылатын радиаторларды қолдану арқылы құрылады. Бұл Q_c Тоңазытқыш қуатының белгілі бір мәні кезінде салқындату құрылғысының ауқымын айтарлықтай азайту мүмкіндігімен байланысты.

ТЭС қолданусыз объектінің ең жоғары қызуы мен ТЭС қолданудан ең жоғары ұтыстың арасында бір мағыналы тәуелділік бар, бұл ретте оңтайландыру температура, тоңазытқыш коэффициент, ток және модульдің жылу өткізгіштігі бойынша жүзеге асырылуы мүмкін. Жылу берілісін интенсификациялау есебінен салқындатқыш объектінің температурасын азайту үшін қолда бар радиатордың мөлшерін ұлғайтпай қолдану объектінің ең жоғары қызуы 55°C аспайтын жағдайда орынды.

Радиатор дайындалған материалдың жылуөткізгіштігі [$\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$], өзге де тең конструктивтік шешімдерде едәуір дәрежеде радиатордың жылу кедергісін анықтайды. Ең көп таралған алюминий және қорытпалар. Жылу өткізгіштігі $205 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ кезінде оның салмағы аз, оңай өңделеді, экструзия әдісімен дайындалуы мүмкін.

Алюминий жылу өткізгіштігі болат жылу өткізгіштігінен 4 есе жақсы. Мыстың жылу өткізгіштігі алюминийден ($400 \text{ Вт} / \text{м}\cdot\text{К}$) екі есе жақсы, алайда мыс қымбат, өңдеу қиын және үлкен үлес салмағы бар. Мыс радиаторлары ерекше жағдайларда және алюминийден әлдеқайда сирек қолданылады.

Салқындату үшін радиаторға орнатылған желдеткіштің негізгі параметрлері (2-сурет) қамтамасыз етілетін ауа ағыны (уақыт бірлігіне көлем), осьтің айналу жылдамдығы, подшипник типі, максималды Жұмыс температурасы және істен шығудың жұмыс ресурсы (әдетте, салыстырмалы қымбат модельдер үшін ғана келтіріледі) болып табылады. Өндірушілер арасында ең маңызды параметрді — кепілді ауа ағынын анықтау әдістерінде Бірлік жоқ екенін атап өткен жөн. Осыған байланысты қозғалтқыштың жұмыс тогы (электр қуаты) маңыздылығы бойынша екінші параметр болып табылады. Желдеткіштердің жұмыс кернеуі және ТЭС қоректену кернеуі өзара салқындату жүйесінің жұмыс кернеуін таңдауды анықтайды. Ең көп таралған желдеткіштер 12 және 24 В. қуат кернеуімен шығарылады.



4.2 Сурет – Оған орнатылған желдеткіші бар радиатор

Желдеткіштің сапасы мен сенімділігі үшін ең маңызды-қолданылатын мойынтіректердің түрі (сырғанау және/немесе тербелу). Сырғанау мойынтіректері арзан, сондықтан желдеткіш бағасы бірнеше есе төмендетілуі мүмкін. Шарикті подшипниктері бар желдеткіштер бірнеше есе жоғары сенімділікпен ерекшеленеді. Желдеткіштердің ауа үрлегіші бар термоэлектрлік жүйедегі ең аз сенімді торап болып табылатындығын есінде болсақ, өндіруші маманданған негізгі параметрлерді басшылыққа алып қана қоймай, дайындаушыдан істен шығудың ең аз атқарылуына кепілдік алу керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста жасанды гипотермияны термоэлектрлік салқындатқыш құрылғы арқылы шақыруды жобалау, процестерді зерттеу және оларды әсер ету объектісі анықтайтын жұмыс режимдеріне сәйкес оңтайландыру, физиотерапия процедуралары кезінде адам денесінің жеке органдарына күрделі суық әсер ету үшін термоэлектрлік тоңазытқыштар негізінде жаңа құрылғыларды әзірлеу және температуралық деңгейдің дозасын дәлелдеуді қамтамасыз етуге талдау жасау жұмыстары көтерілген.

Қазіргі уақытта медицинада гипотермияны мұз, салқындатылған су, ауа, емді балшық, парафин, озокерит, нафталин, саз, сұйық азот, және термоэлектрлік азот арқылы келтіреді. Зерттеу барысында біз термоэлектрлік құрылғының басқа нұсқаларға қарағанда қандай артықшылығы бар екендігін жаздық. Оның қолданылу аясы өте кең екеніне көз жеткіздік.

Қорыта келгенде дипломдық жобада термоэлектрлік элемент негізінде гипотермияға арналған шағын салқындатқыш жобаланды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Анатычук Л.И., Кнышов Г.В., Крыкунов, Кобылянский Р.Р., Тюменцев В.А., Москалык И.А. Термоэлектрическое устройство; ALTEC-7012 для охлаждения головы человека. Наука та Инновации. 2016, - 32 с.
- 2 Добровольский Ю. (2015). Термостабилизированный фотодиод для контроля излучения медицинских лазеров. Физика полупроводников Квантовая электроника и оптоэлектроника. 2018, - 443-447 с.
- 3 Гершберг И.А., Тахистов Ф.Ю. Выбор оптимального ТЭМ в зависимости от условий внешнего теплообмена // Термоэлектрики и их применения. Доклады IX Межгосударственного семинара. СПб: ФТИ. 2004, - 11 с.
- 4 Чебоксаров Д.В., Шевелев О.А., Бутров А.В., Бунтина М.А. «Радиотермометрия головного мозга при краниолокальной гипотермии в остром периоде ишемического инсульта», журнал «Новости анестезиологии и реаниматологии», 2015, - 3-8 с.
- 5 Nybo L. «Brain temperature and exercise performance)), The Journal of Physiology, 2012, Volume 97, Issue 3, pp. 333-339.
- 6 Термоэлектрическое устройство для гипотермии./ Нагиев В.А., Дмитриев В.В., Важанов Н.Н. /Б.И. №37,1983, - 85 с.
- 7 Устройство для рефлексотерапии /Майбородин А.В., Медведева Н.А., Акимов А.М.//1983, - 162 с.
- 8 Устройство для рефлексотерапии /Лященко Д.С., Кирпач Н.С., Однороженко И.Г. // 1983, - 47 с.
- 9 Способ лечения поверхностных хронических воспалительных процессов и устройство для его осуществления /Грохольский А.П., Данилевский Н.Ф., Демидов Л.А. и др.//1983, - 112 с.
- 10 Устройство для локальной гипотермии /Бутырский В.И.// 1982.
- 11 Термоэлектрическая охлаждающая медицинская повязка /Бутырский В.И., Богин Г.В., Кулиев А.З.// Б.И. № 35, 1985, - 40 с.
- 12 Устройство для рефлексотерапии /Козлов А.А., Котляр А.Д. и др.// 1986, - 51 с.
- 13 <http://celebritycenter.kz/index.php/oborudovanie>
- 14 <http://www.kryotherm.spb.ru>.
- 15 <http://www.medcrionika.ru>.
- 16 <http://www.marlow.com>.
- 17 <http://www.melcor.com>.
- 18 <http://www.osterm.ru>.
- 19 <http://www.avrora-lab.com>.
- 20 <https://www.kp.ru/guide/apparatnaja-kosmetologija-v-moskve.html>

Қысқартылған сөздер

ТЭС – термоэлектрлік салқындатқыш

АБ – аккумуляторлық батарея

ЭҚК – электр қозғаушы күш