NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-6]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

01.00.00-FIZIKA-MATEMATIKA
journal.namdu.uz
PHYSICS AND MATHEMATICS

# TERMOELEKTRIK MATERIALLAR XOSSALARI SAMARADORLIGINI TA'MINLASH USULLARI

**X.O.Qo'chqarov**
f.-m.f.n, dotsent. Namangan davlat universiteti Fizika kafedrasi
**A.A.Xalmirzayev**
f.-m.f.n, dotsent. Namangan davlat universiteti Fizika kafedrasi
akramholmirzaev925@gmail.com

***Annotatsiya.*** *Ushbu ishda termobatareyalarni foydali ish koeffitsientini oshirishga ta`sir etuvchi omillar tahlili asosida yangi mahalliy ashyolar yordamida yaratilgan kompozit materiallarni elektr o`tkazuvchanligi va termo EYuK qiymatlarini temperatura va kompozit to`ldiruvchisini hajmiy ulushiga bog`lanishi o`rganilgan va optimal qiymatlar aniqlangan Ular asosidagi modulli batareyalarda EYuK kattaligi mavjudlariga nisbatan bir necha barobar ortishi kuzatilgan.*

***Kalit so'zlar:*** *termoelektrik generator, elektr energiya, termoEYuK, termoelektrik asllik, qotishmalar, termoelektrik samara, optimallash, kompozit to`ldiruvchi, termopara.*

## МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВОЙСТВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация.*** *В данной работе на основе анализа факторов, влияющих на повышение коэффициента полезного действия термобатарей, исследованы зависимости электрической проводимости и термо-ЭДС композитных материалов, созданных с использованием новых местных сырьевых ресурсов, от температуры и объемной доли наполнителя. Определены их оптимальные значения. Установлено, что в модульных батареях, разработанных на их основе, величина ЭДС в несколько раз превышает аналогичные показатели существующих устройств.*

***Ключевые слова:*** *термоэлектрический генератор, электрическая энергия, термоЭДС, термоэлектрическая качества, сплав, термоэлектрическая эффективность, оптимизация, композитные заполняющие, termopara.*

## METHODS FOR ENSURING THE EFFICIENCY OF PROPERTIES THERMOELECTRIC MATERIALS

***Abstract.*** *This study analyzes the factors influencing the improvement of the efficiency of thermobatteries. Based on this analysis, composite materials developed from novel local raw resources were investigated, focusing on the dependence of their electrical conductivity and thermoelectric electromotive force (Seebeck coefficient) on temperature and the volume fraction of the filler. Optimal values of these parameters were determined. It was found that, in modular batteries based on these materials, the electromotive force is several times higher than that of existing counterparts.*

***Keywords:*** *Thermoelectric generator, electrical energy, thermoelectric EMF (Seebeck voltage), thermoelectric figure of merit, alloys, thermoelectric efficiency, optimization, composite filler, thermocouple.*

## Kirish.

Ma'lumki, hozirgi kunda ko'plab olimlar ekalogik toza usulda olinadigan energetikani rivojlantirish ustida ko'plab izlanishlar olib bormoqdalar. Shu yo'nalishda issiqlikni to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga aylantirib beruvchi termoelektrik ganeratorlar ham alohida ahamiyatga ega. Termoelektrik generatorlarning afzalligi shundaki, qurilmada birorta ham harakatlanuvchi va ishqalanuvchi qismlar, yuqori bosim sharoitlari va muayyan vaziyatlar talab etilmaydi. Ular uzoq muddat ishlashi bilan birga hech qanday texnik xizmat talab etmaydi. Kamchiligi esa, uning F.I.K qiymatini o'ta pastligidir (0,8~1%)[1,2].

Hozirgi sharoitda yoritish tizimi takomillashib, cho'g'lanma lampalar o'rniga kam energiya iste'mol qiladigan yorug'lik diodlarini iste'moli ko'paygani sari, yana termoelektrik generatorlarga bo'lgan talab ortib bormoqda[5,6,8].

Termoelektrik, ya'ni Zeebek effektining mohiyati shundaki, ikki xil o'tkazgich yoki yarimo'tkazgichdan hosil qilingan yopiq zanjirdagi tutashuv joylarini turlicha temperaturada ushlab turilsa, zanjirda issiqlik EYuK - $\varepsilon$ yuzaga keladi. Hosil bo'lgan EYuK faqat o'tkazgich (yarimo'tkazgich) materiallar ichki xossalariga va ularni tutashuv joylaridagi issiq $T_1$ va sovuq $T_2$ temperaturalari farqiga bog'liq bo'ladi.

Ushbu yo'nalishda issiqlikni to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga aylantirib beruvchi yuqori EYuKga ega termoelektrik ganeratorlar yaratish bugungi kunda yana dolzarb va alohida ahamiyatga ega bo`lib qoldi.

**Asosiy qism.**

Termoelektrik xususiyatni yaxshilashda termoelektrik koeffitsiyenti $\varepsilon_0$ qiymatni katta bo'lishiga erishish talab etiladi. Ya'ni

$\varepsilon_t = \varepsilon_0(T_2-T_1) = \varepsilon_0\Delta T$

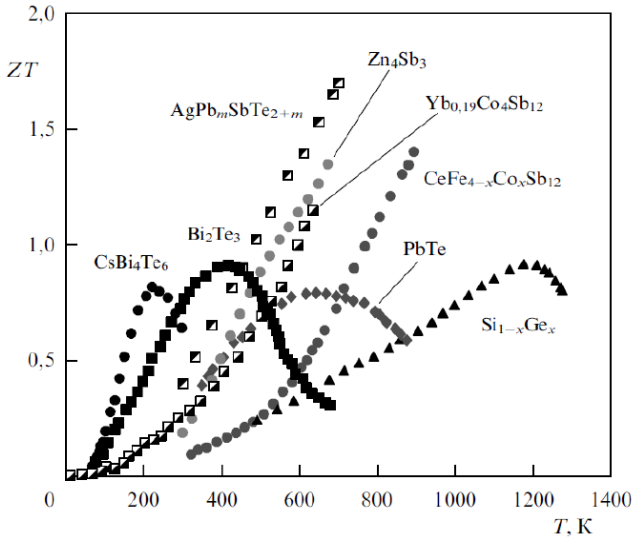
ifodadan $\Delta T$=1 bo'lganda termoelektrik yurutuvchi kuch $\varepsilon_t = \varepsilon_0$ bo'lib , u materiallar tutashuvlari temperaturalari farqi $1^0$C bo'lganda qancha miqdorda elektr yurutuvchi kuch hosil bo'lishini ko'rsatuvchi koeffitsiyent hisoblanadi va faqat materialga bog'liq bo'ladi. Lekin termoelektrik materiallarni samaradorligini aniqlash uchun odatda termoelektrik asllik deb ataluvchi $Z_T$ o'lchamsiz kattalikdan va Ioffe formulasidan foydalaniladi:

$$Z_T = \frac{\sigma\varepsilon^2 T}{\alpha}$$

bu yerda $\sigma$ – elektr o'tkazuvchanlik, $\varepsilon$ – termoelektrik yurituvchi kuch, $\alpha$– issiqlik o'tkazuvchanlik, $T$– o'rtacha ishchi temperatura. Ko'p hollarda $Z$ o'rniga $Z$ ishlatib o'lchami temperaturaga teskari bog'langan. Bundan ko'rinadiki, samarali termoelektrik material bo'lishi uchun u bir vaqtning o'zida yuqori elektr o'tkazuvchanlikka, katta termoEYuK qiymatga va past issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi kerak[3,4]. Shunisi ahamiyatliki, elektr o'tkazuvchanlik va termoEYuK materialni elektron xususiyatiga bog'liq. Bu ikki kattalikni ko'p hollarda birlashtirib quvvat faktori deb ataladi:

$p=\sigma\varepsilon^2$.

Issiqlik o'tkazuvchanlik esa, ikkita panjara va elektronlar ulushlaridan tashkil topadi. Metallardan farqli o'laroq, yarimo'tkazgich va dielektriklar yuqori EYuK va issiqlik o'tkazuvchanlikda elektron ulushini kuchliligi bilan xarakterlanadilar. Lekin, ularda elektr o'tkazuvchanlik past bo'ladi. TermoEYuK, elektr o'tkazuvchanlik va issiqlik o'tkazuvchanlikni eng optimal ravishda tanlashda eng yaxshi termoelektrik material sifatida kuchli legirlangan yarimo'tkazgich yoki yarim metallar bo'lishi aniqlangan (ularda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi ~$10^{19}$ $sm^{-3}$). Quyidagi rasmda termoelektrik asllikni temperaturaga bog'lanishi keltirilgan[7,9,10].




**1-rasm. Istiqbolli materiallar $Z_T=f(T)$ bog'lanishi.**

Bulardan ko'rinadiki, o'lchamsiz termoelektrik asllik eng yahshi materiallarda ham ikkidan oshmaydi, ikkinchidan $Z_T$ kattalik temperaturaga ekstrimal holatda bog'lanishga ega. $Z_T$ kattalikni temperaturaga bog'lanishida muayyan temperaturada maksimumlarni hosil bo'lishi, konkret ishchi temperatura uchun eng samarali termoelektrik material tanlash imkonini beradi. Termoelektrik materiallar ishchi temperaturaga qarab uchta guruhga bo'linadi.

1) Past temperaturali 273–$673^0$K orasida, asosan vismut va surma xolkogen;

2) O'rta temperaturali 673–$873^0$K orasida, bular qo'rg'oshin tellur, germaniy va qalayi;

3) Yuqori temperaturali $873^0$K dan baland, kremniy-germaniy qotishmalar.

Aytish kerakki, eng yahshi termoelektrik asllikka ega material vismut-tellurda ham $Z_T$ qiymati birdan ortmaydi[11,12]. Termoelektrik aslligi past bo'lgan materiallarda termoEYuK past bo'lib, ularni qo'llash chegarasini cheklaydi. Shuning uchun birinchi navbatda termoelektrik asllikni $Z_T$ orttirish uchun ularni termoelektrik samarasini belgilovchi xossalarini optimallashtirish kerak. Bunday usulda termoelektrik xossalarini oz bo'lsada orttirish mumkin. Optimallashtirish uchun quyidagi yo'nalishlarga e`tiborni qaratish lozim:

a) zarra tashuvchilar konsentratsiyasini optimallash;

b) ta'qiq zona kengligini optimallash;

v) material kimyoviy tarkibini optimallash.

g) Kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlikni optimallashtirish.

Bularni har birini alohida ko'rib o'tamiz.

**a) Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini optimallash.**

Termoelektrik material sintez qilish jarayonida legirlash sathini optimal qiymatini tanlash orqali zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini optimallashtirish termoelektrik asllikni maksimum qiymatini ta'minlaydi.

Zaryad tashuvchilarni optimal konsentratsiyasini mavjud bo'lishi shundaki, konsentratsiya ortishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik $\sigma$ ortadi, termoEYuK qiymati esa, aksincha pasayadi. Elektr o'tkazuvchanlikni $n$ konsentratsuyaga bog'lanishi haqiqatan ham

$$\sigma=en\mu_n$$

formuladan ma'lum. Bu yerda $e$ – elektron zaryadi. $\mu_n$ – elektron harakatchanligi. TermoEYuKni konsentartsiyaga bog'lanishi konsentratsiya ortishi bilan tashuvchilar gazini aynishi ro'y berishi bilan bog'liq. Aynigan elektron gaz uchun Fermi sathi $E_F$ o'tkazuvchanlik sohasiga tushadi (elektron yarimo'tkazgich uchun) va quyidagi shart bajariladi:

$$E_F - E_C > kT$$

bu yerda $E_C$–o'tkazuvchanlik zonasi tubi energiyasi, $k$ – Boltsman doimiysi.

Bu holda elektronlar tezligi va energiyasi Fermi sathi energiya qiymati bilan aniqlanadi va temperaturaga bog'liq bo'lmaydi[13,14].

Bunday yarimo'tkazgich uchun temperatura gradiyenti borligi (ikki qarama-qarshi tomon sovuq va issiq uchlari) elektronlar oqimi juda sezilarsiz bo'ladi. Bu esa o'z navbatida EYuK ham sezilarsiz bo'ladi. EYuK qiymati ortishi, o'z navbatida termoelektrik aslligini orttirish bilan yarimo'tkazgich va yarimmetallarda shunday sharoit yaratish mumkinki, sharoitda kuchli aynish bo'lmasin, lekin konsentratsiya yuqori bo'lsin. Shunda optimallashtirish mumkin bo'ladi. Termoelektriklar uchun elektro'tkazuvchanlik termoEYuK va quvvat faktorini elektron kinetik nazariyasi asosida hisoblashlar ko'rsatadiki, $n$-turdagi yarimo'tkazgichlarda quvvat faktorini eng katta qiymatiga Fermi sathi o'tkazuvchanlik zonasi tubida bo'lganda va kuchli aynish bo'lmaganda erishiladi. Shuningdek, muhimi Fermi sathini bunday holatida kovaklar konsentratsiyasi juda kamligi uchun termoEYuKni ortishiga olib keladi[15].

**b) Ta'qiq zona kengligini optimallashtirish.**

Ta'qiq zona kengligi $\Delta E_g$ yarimo'tkazgichlarda elektron spektrlarini fundamental parametrik hisoblanib, uni o'zgartirish orqali termoelektrik xossalarini optimallashtirish mumkin. Hisoblashlarni ko'rsatishicha, aynimagan yarimo'tkazgichlar uchun quyidagi shartlar bajarilishi orqali eng yaxshi termoelektrik xarakteristikalarga erishish mumkin.

1) $kT$ issiqlik energiyasidan ta'qiq zona kengligi anchagina katta bo'lishi kerak;

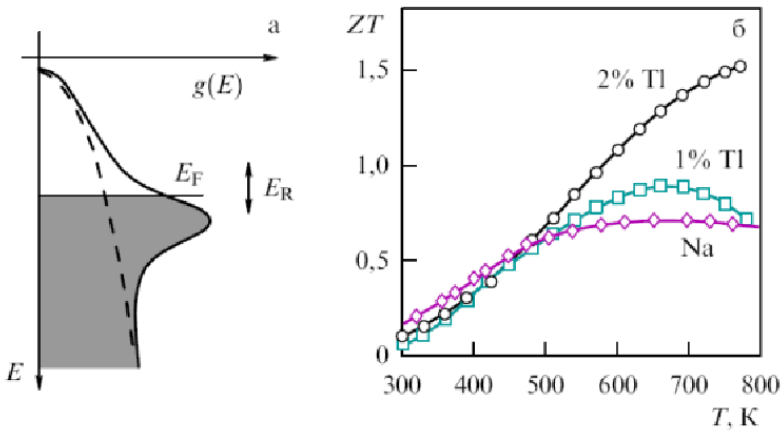
2) Fermi sathi asosiy zaryad tashuvchilarni mumkin bo'lgan zonasi tubiga yaqin joylashtirishi lozim.

Bu shartlar bajarilishi shuni bildiradiki asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi minimal bo'ladi va o'z navbatida termoEYuK monopolyar o'tkazuvchanlik bilan aniqlanib (asosiy zaryad tashuvchilar bilan) maksimal bo'ladi.

**v) Material kimyoviy tarkibini optimallashtirish.**

Material termoelektrik xossalarini kimyoviy tarkibini modifikatsiyalash yordamida yoki ularni qattiq eritmalarini yaratish bilan, yoki bo'lmasa dastlabki materiallar asosida yangi kimyoviy birikma hosil qilish orqali yaxshilash mumkin. *SnTe* va *PbSe* qotishmalari turlicha qattiq eritmalar olishga imkon beradi va ularni issiqlik o'tkazuvchanligi alohida komponentalar issiqlik o'tkazuvchanligidan ancha past bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanlikni pasayishi qattiq eritmani hosil bo'lishida yuzaga kelgan turli defektlarda fononlarni sochilishi evaziga ro'y beradi. Muhimi esa, qattiq eritmalar solishtirma elektr o'tkazuvchanligi issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan sezilarsiz o'zgaradi.

Elektron xususiyatlarini o'zgartirish uchun unga turli kirishmalar kiritish bilan erishiladi. Istiqbolli kirishmalardan tellur-*Te* eng yaxshi hisoblanib, termoelektrik xususiyatni yaxshilaydi. *Te* qo'shilishi termoelektrik xususiyatni yaxshilashga olib kelishini sababi shundaki, ta'qiq zona orasida ~30 *meV* kirishma zonasini hosil qiladi. U taxminan 60 *meV* valent zona shipidan pastroqda bo'lib, kirishma zonasida holat zichligini keskin ortishiga va material termoEYuK qiymatini termoelektrik asllikni deyarli ikki marta oshishiga olib keladi (2-rasm).




**2-rasm. *PbTe* uchun valent zonada elektron holat zichligi (shtrixlangan) va qotishma eritma uchun yaxlit chiziq.**

Hozirgi kunda past issiqlik o'tkazuvchanlikka va yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega materiallar qidirishda materiallar Sleka modeliga tayaniladi. Sleka samarali termoelektrik material sifatida kuchsiz bog'langan atom yoki molekulalardan iborat moddalardan foydalanishni taklif etdi. Bunday atom va molekulalar retlerlar deyiladi. Ular cheklangan hajm ichida erkin aylana yoki tebrana oladi va samarali tarzda fononlarni sochib, panjaraviy issiqlik o'tkazuvchanlikni pasaytiradi. Yuqori elektr o'tkazuvchanlik esa, kichik qutbli kimyoviy bog' bilan kovalent bog'lar bilan ta'minlanadi. Boshqacha aytganda, Sleka g'oyasi issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikni mustaqil, bog'liq bo'lmagan holda optimallashga qaratilgan bo'lib, termoelektrik asllikni maksimal bo'lishiga erishishdan iborat.

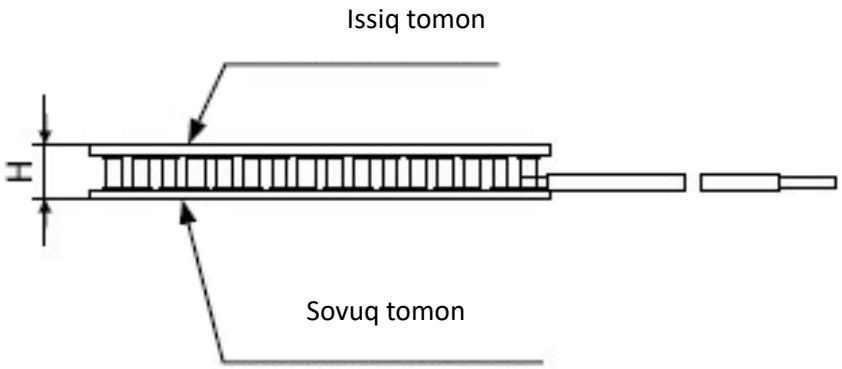
Materiallar orasida "Fononli shisha-elektron kristall" sifatida eng faol o'rganilayotgani to'ldirilgan skutteruditlar va yarimo'tkazgichli klatratlarni aytish mumkin. Skutterudit formulasi quyidagicha $A_xT_4E_{12}$ – bu yerda A–ishqoriy, ishqoriy yer, noyob yer elementlari indiy, qalay, T–o'tish elementlari III - VIII guruh elementlari va E–fosfor, mishyak va surma kabilar bo'ladi. bunday elementlarda $Z_T$–0,4 qiymatigacha bo'lishi mumkin.

Yuqorida aytib o'tilganidek, termoparaning EYuK ko'p hollarda qotishma uchlarining temperaturalar farqiga to'g'ri proportsionaldir. Binobarin, termoparadan temperaturalarni o'lchash uchun foydalanish qulay bo'lishi mumkin. Shuning uchun amalda termoparalardan yuqori va past temperaturalarni o'lchashda, shuningdek, kichik temperaturalar farqini o'lchashda, ya'ni aniq termometrlar sifatida keng foydalaniladi. Bu holda termoparaga ulangan tashqi zanjir faqat sezgir voltmetrdangina iborat bo'ladi, biroq uning shkalasi graduslarga darajalangan bo'ladi . Bunda termoparaning bitta kavsharlangan uchi temperaturasi oldindan ma'lum bo'lgan, masalan, eriyotgan muz ($0^0$C) solingan idishga ikkinchi uchi esa temperaturasi ($t^0$) o'lchanishi kerak bo'lgan ob'yektga joylashtiriladi. Ob'yekt temperaturasi asbob shkalasidagi strelka ko'rsatishiga qarab aniqlanadi.

Yuqori temperaturalarni o'lchashda qo'llaniladigan termoparalar qiyin eruvchi metallardan yasaladi. Masalan, termoplatina va 10% radiy qotishmasidan qilinadi. Bunday termopara $1600^0$C gacha temperaturani o'lchash imkonini beradi.

Hozirgi vaqtda voltning milliondan bir ulushini o'lchay oladigan voltmetrlar yaratilgan. Bu asboblar sezgirligining katta bo'lishini termopara uchlaridagi temperaturalar gradusning mingdan bir ulushigacha juda kichik farq qilganda ham o'lchashga imkon beradi. Bunday asboblar yordamida, masalan, termopara uchlaridan birining yulduz yorug'ligidan isishini bilish mumkin. Temperaturalarning juda kichik farqini o'lchash uchun mo'ljallangan termoparalar qalinligi 0.005 *mm* bo'lgan juda yupqa konstantdan va manganin plastinkalaridan tayyorlanadi. Bunday maqsadlarda ko'p termoparalardan tashkil qilingan termobatareyadan foydalanish qulaydir.

Kuchlanish va quvvatni orttirish uchun shunday termojuftliklar sonini orttirib 3-rasmdagidek ketma-ket ulanishi kerak.




**3-rasm. Termojuftliklar ulanishini yon tomondan ko'rinishi.**

Odatda juda ko'p sondagi tekmojuftlarni bir to'plamga joylab termoelektrik juftliklar modulini yaratiladi.

Bunday termoelektrik modullar yordamida olingan maksimal quvvatga tashqi yuklama va ichki qarshiliklar nisbati

$$m = \frac{R_T}{R_N} \approx 1{,}4$$

bo'lganda erishilishi kuzatilgan.

Termoelektrik generatorlar samaradorligi uning foydali ish koeffitsienti $\eta = P/Q_L$ orqali aniqlanadi.

FIKni oshirish uchun isitilayotgan va sovutilayotgan tomonlarga berilayotgan $Q_L$ va olib ketilayotgan $Q_c$ issiqlik energiyasi farqini orttirish kerak. Elektr quvvati temperaturalar farqining kvadratiga proportsional bo'ladi:

$$P = Q_L - Q_c \approx J^2 R_n \sim \Delta T^2$$

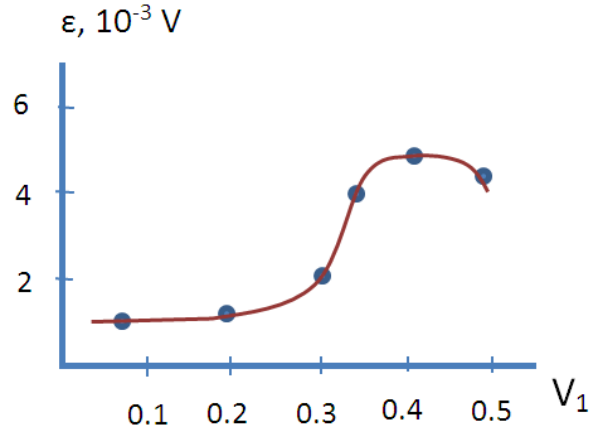
Ko'ramizki, temperaturalar farqini va moduldagi termoelementlar sonini yetarlicha tanlansa, yoritish tizimida samarali ishlatiladigan elektr energiyasi manbaiga ega bo'lish mumkin. Haqiqatdan ham kundalik yoritish tizimidagi uzilishlarni qoplashda energiy si tez tugaydigan sham, fonar va turli akkumulyatorli yoritgichlar o'rniga termoelektrik generatorlardan foydalanib, yuklama qarshilik o'rnida diod lampalar ishlatilsa, ancha qulaylikka va iqtisodiy tejamlikka erishiladi. Aytish kerakki, bu tizimda termoparalar modulini yaratgach, issiq va sovuq temperaturalar farqini hosil qilish muammosini hal etish lozim. Buning uchun bir tomonga xonadonni isitadigan pech, o'choq, batareya va hokazolardan, ikkinchi tomondan atmosfera temperaturasidan foydalanish mumkin. Temperaturalar farqi 50 – $100^0$C bo'lgandayoq EYuK hosil bo'lishi kuzatila boshlaydi va u bir necha to'plamli yorug'lik diodlarini energiya bilan tahminlashga yetarli bo'ladi.

**g) Kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlikni optimallashtirish.**

Mahalliy xom – ashyolar temir karbonili $Fe_2CO_5$, qurum, mis oksidi aralashmalaridan tayyorlangan birikma bilan mis o'tkazgich kontaktlaridagi temperatura farqi $200^0$C atrofida o`rganildi.

Kiritiladigan nanozarralar o'lchamlari, shakli, konsentratsiyasiga bog'liq holda o'tkazuvchanlikni o'zgarishi kuzatilib to'ldiruvchi nanozarralarni ma'lum kritik konsentratsiyasida o'tkazuvchanlik keskin ortadi va bu holatda issiqlik o'tkazuvchanlik deyarli o'zgarmay qoladi deb faraz qilish mumkin. Chunki, nanozarralar o'lchamlari issiqlik uzatishda faol hisoblangan fononlar to'lqin uzunliklari tartibida bo'lgani uchun fononlar nanozarralarda sochilib, issiqlik uzatilishi qiyinlashadi. Natijada temperaturalar farqini saqlab turish ancha osonlashadi va EYuK qiymati barqaror bo'ladi. Bu ham mahalliy mineralga metal oksidi kiritib o'tkazuvchanlikni kirishma konsentratsiyasiga bog'lanishini tekshirdik. Natijalar 4-rasmda keltirilgan.

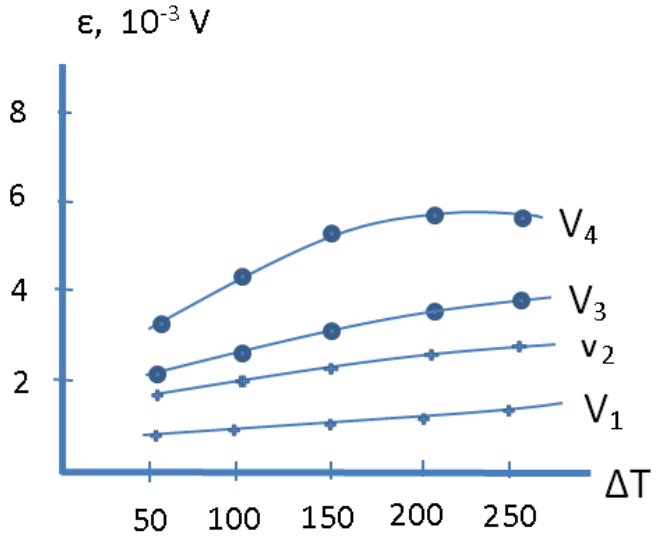
Ko'rinadiki, temir karbonilini ulushi ortib 0.4V qiymatga yetganda o'tkazuvchanlik keskin ortadi. Aytish kerakki, bu holatda ham kompozit strukturalanishi yuz bermagan bo'lishi mumkin. Shuning uchun issiqlik o'tkazuvchanlik ortishi kuzatilmasligi kerak. Haqiqatan ham doimiy 200 $^0$C ga teng. Temperaturalar farqiga teng temperaturada mis bilan tutashuvidagi EYuK qiymatlari o'lchanganda V=0.4 hajmiy ulushdagi qiymatda EYuK o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Buni oqim nazariyasi doirasida tushinish mumkin.




**4-rasm. Namuna bilan *Cu* tutashuvida, ΔT=200⁰C da hosil bo'lgan EYuK qiymatini temir karbonili hajmiy ulushiga bog'lanishi.**

Yangi olingan natijalardan ko'rinadiki, elektr o'tkazuvchanlik metall oksidli zarralarni hajmiy ulushi ortgani sari 0.4 qiymatgacha juda sekin va 0.4 qiymatda keskin tog'ri ortadi. Bu oqim nazariyasiga ko'ra namuna hajmida o'tkazuvchan zarralarni uzluksiz tutashuvchi yuz berganidan dalolat beradi. Lekin bu holatda issiqlik o'tkazuvchanlikni bu kabi ortishi kuzatilmaydi degan asosda namunani asosda tutashuvga keltirib, ularni uchlarida 200⁰C temperature farqini hosil qildik. Buning uchun bir tomonini xona temperaturasida, ikkinchi tomoni qaynayotgan yog'ga tushirib temperaturalar farqini doimiy ushlandi. Har bir namuna uchun hosil bo'lgan EYuK qiymatini temir karbonili zarralarini hajmiy ulushiga bog'lanishi 5-rasmda ko'rsatilgandagi ko'rinishda bo'ldi. Undan ko'rinadiki, o'tkazuvchan modda nanozarralari konsentratsiyasini optimallash 0.4 hajmiy ulushga teng bo'lib, shunday usulda tayyorlangan namunalardan termoEYuK qiymati nisbatan yuqoriroq bo'lgan termomateriallar olish mumkin ekan.

Bular asosida yana temir karbonilni turlicha hajmiy ulushlarida tayyorlangan namunalardagi EYuK hosil bo'lishini temperaturalar farqiga bog'lanishi o'rganildi.




**5-rasm. EYuK qiymatini temir karbonili zarralarini hajmiy ulushiga bog'lanishi.**

5-rasmdan ko'rinadi, EYuK qiymati V=0.4 ulushda temperatura ortgan sari o'zining maksimal qiymatiga erishilib, temperaturalar farqini yanada ortirilsa barqarorlanib so'ng pasayadi. Natijalar tahlilidan kelib chiqadiki, kompozit namunada perkolatsiya nazariyasiga mos holda o'tkazuvchanlik V= 0,4 ulushda keskin ortadi. Aytish kerakki, bu holatda kristallanish darajasi past va tartibsizliklar kuchliligi evaziga issiqlik o'tkazuvchanlik ham past bo'ladi. Shuning uchun EYuK maksimal bo'ldi. Keyingi ortishlar issiqlik o'tkazuvchanlikning ortishiga olib kelib, EYuKni pasayishiga olib keladi.

**Xulosa**

1. Uch kalsiyli alyuminat mineralga o'tkazuvchan nanozarralar kiritilib yaratilgan kompozit namunalarda Zeebek effekti kuzatilishi temir karbonilli to'ldiruvchiga ega namunalarda boshqalariga nisbatan sezilarli darajada bo'ladi va to'ldiruvchi konsentratsiyasi mineral hajmiy ulushiga teng va yuqori bo'lganda o'zining maksimum *E*=0,08V qiymatiga temperaturalar farqi (100-150) ⁰C bo'lganda erishiladi.

2. Zeebek koeffitsientini katta qiymatlariga keramik birikmalardan tayyorlangan eritmalarda erishilayapgani ko'p adabiyotlarda e'tirof etilayapgan bo'lsada, hali bu yo'nalishda katta izlanishlar olib borilishi lozim, chunki birikmalar tayyorlash texnologiyasi va tabiati juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'lib, ular mahalliy xom – ashyolar asosida olinganda yagona samaraliroq bo'lishi mumkin.

3. Mahalliy xom – ashyolar asosida tayyorlangan keramik birikmalarni termoelektrik yurituvchi kuchni temperaturalar farqiga bog'lanishi o'rganilganda temir kabonili $Fe_2CO_5$, qurum, mis oksidi aralashmalaridan tayyorlangan birikma bilan mis o'tkazgich kontaktlaridagi temperatura farqi $200^0C$ atrofida bo'lganda 0.1 – 0.5 voltga qadar qiymatga erishildi.

4. Yuqori koeffitsientli termoelektrik modullar yaratilishini iloji boricha tezlatib, issiqlik elektr stantsiyalarida ulardan foydalanishni rejalashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов / Н.Н.Жмыхов, Л.С.Гальбрайх, А.В.Акулич и др. – Минск: Высщая школа, 2013. – 587с.

2. Михайлин Ю.М. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 720 с.

3. Мийченко И.П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 374 с.

4. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика. СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.

5. Холден Д. Термоэластопласты. - СПб.: Профессия, 2011. – 720 с.

6. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416 с.

7. Практикум по технологии переработки и испытаниям полимеров и композиционных материалов / А.Н.Садова, В.Г.Бортников, Н.Е.Земкин и др. – М.: Колос С, 2011. – 191 с.

8. Шерышев М.А. Производство изделий из полимерных листов и пленок. - СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 556 с.

9. Грелльманн В. Испытания пластмасс / В.Грелльманн, С.Зайддлер. - СПб.: Профессия, 2010. – 715 с.

10. О.Н.Иванов. Термоэлектрические наноматериалы. Белгород 2013.

11. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы / А.А.Елисеев, А.В.Лукашин. - М.: Бином, 2010. - 456 с.

12. Ксантосс М. Функциональные наполнители для пластмасс. / Под ред. В.Н.Кулезнева. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 462 с.

13. Пахаренко В.А. Пластмассы в строительстве / В.А.Пахаренко, В.В.Пахаренко, Р.А.Яковлева – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 350 с.

14. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты. - СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 736 с.

15. Михайлин Ю.М. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 822 с.