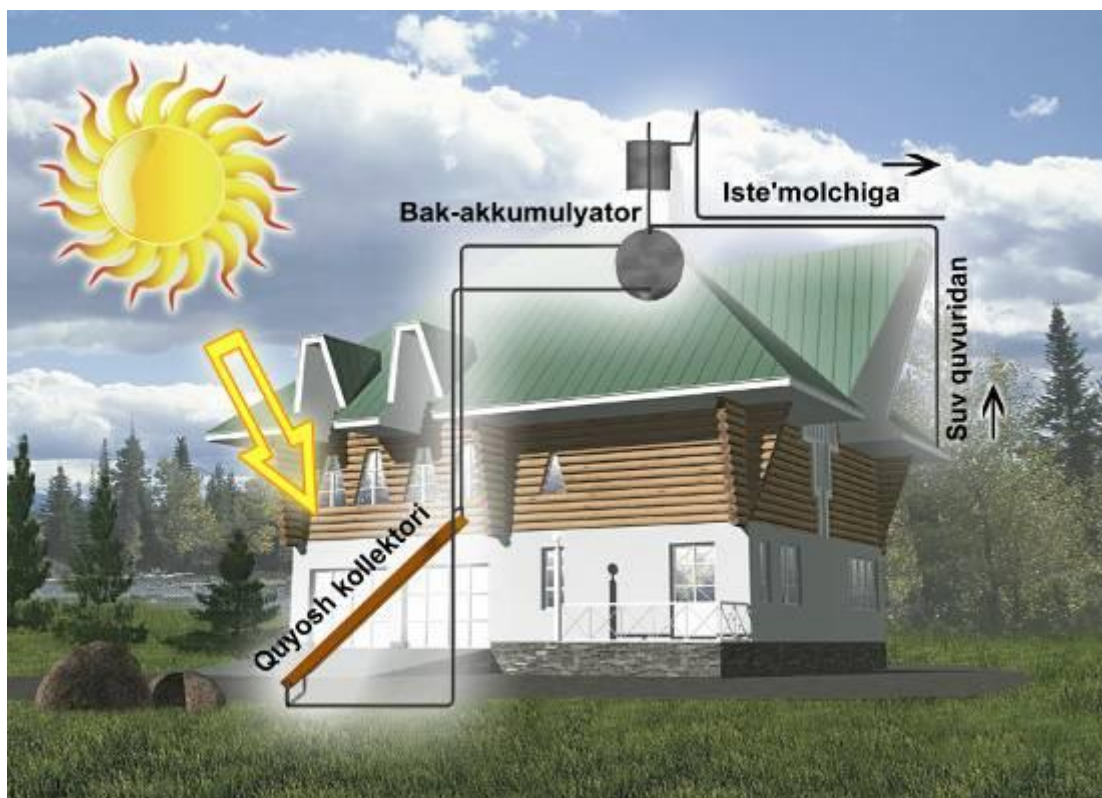


XAYRIDDINOV B.E., XOLMIRZAYEV N.S., SATTOROV B.N.



QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING FIZIK ASOSLARI

O'QUV-USLUBIY QO'LLANMA

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI**

Tuzuvchilar: B.E.XAYRIDDINOV, N.S.XOLMIRZAYEV, B.N.SATTOROV

**QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISHNING
FIZIK ASOSLARI. T.: “FAN” 2010, ____ BET**

Ushbu o‘quv qo‘llanmada fizika kursining nazariy va amaliy mashg‘ulotlarni mavzularda o‘zlashtirilgan bilimlarni ilmiy asosida o‘rganishda “Noan’anaviy va qayta tiklanadigan energiya” manbalaridan, ishlab chiqarishning mahalliy joylardagi materiallardan samarali foydalanishga doir tushunchalar va ma’lumotlar keltiriladi. Quyosh qurilmalarida sodir bo‘ladigan issiqlik fizikaviy jarayonlar, yoqillg‘i energiya tejamkorligiga erishishga doir eksperimental tadqiqotlarning natijalari va matematik hisoblashlar fizikaviy qonunlar asosida yoritilgan. “Quyosh energiyasidan foydalanishning fizik asoslari” maxsus kursidan o‘quv qo‘llanma 5440100 – Fizika, 5440300 – Astronomiya bakalavr yo‘nalishlari talabalari, 5A440108-Molekulyar fizika va issiqlik fizikasi mutaxassisligi magistrarlari, aspirantlar hamda kasb - hunar kollejlarining shu sohadagi o‘qituvchilari uchun mo‘ljallangan.

O‘quv qo‘llanma Qarshi Davlat Unversitetining 2010 yil 1 iyundagi ilmiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan (7-Ė-3 – raqamli bayonnoma)

Taqrizchilar:

R.R.Avezov, Toshkent Davlat Texnika Unversitetining Teplofizika kafedrasining professori, texnika fanlari doktori
T.Sodiqov, Qarshi Davlat Universiteti Fizika va uni o‘qitish metodikasi kafedrasida dotsenti, texnika fanlari nomzodi

MUNDARIJA

KIRISH.

I BOB. NOAN'ANAVIY VA QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARI

1.1-§. Noan'anaviy va qayta tiklanadigan energiya manbalari

1.2-§.Energiya tanqisligi va uning oldini olish yo'llari.

II BOB. QUYOSH ENERGIYASINING FIZIK ASOSLARI

2.1-§. Quyosh energiyasining miqdori va uni o'lchash metodlari.

2.2-§. Quyosh nurlarining spektri.

2.3-§. Quyosh energiyasining fizik asoslari.

2.4-§. Quyosh – yerdagi hayot manbai: quyosh energiyasining joyning geografik kengligiga bog'liqligi. Hozirgi zamonda quyosh energiyasidan foydalanish, fotosintez, atmosferada konveksiya. Quyosh energiyasi va ekologiya masalalari.

2.5-§. Quyosh – ekologik toza energiya manbai.

III BOB. GELIOQURILMALARDA ISSIQLIK-FIZIKAVIY JARAYONLAR

3.1-§. Yorug'likning yutilishi. Buger qonuni. Toza shisha va plyonkada yutilish. Changli yuzada yutilish. Bug' hosil bo'lgan va kondensatsiya qatlamlaridagi yuzada yutilish

3.2-§. Nur energiyasining quyosh qurilmalari, o'simliklar, qurilma ichidagi havo va tuproqda yutilishi.

3.3-§. Havoning fizik xossalari: nisbiy va absolyut namlik, issiqlik sig'imi va entalpiyasi.

3.4-§. Issiqlik o'tkazuvchanlik, nostatsionar va statsionar issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik o'tkazuvchanlikning fizik mohiyati.

3.5-§. Uzatiladigan issiqlik miqdori. Termodinamikaning birinchi bosh qonuni. Ichki energiya. Termodinamik sistemalarning o'zaro ta'siri.

3.6-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Temperaturalarining termodinamik shkalasi. Entropiya.

3.7-§. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli yarim silindrik quyosh issiqxonasidagi radiatsion, temperatura va issiqlik almashinuv jarayonlari.

3.8-§. Quyosh uyining devorlari va boshqa qatlamlari orqali issiqlik uzatish.

IV BOB. PAST POTENSIALLI ISSIQLIK QURILMALARIDA QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISH

4.1-§. Past haroratli quyosh qurilmalari.

4.2-§. Quyosh issiqxona tuproq qatlamida tabiiy akkumulyatsiyalanadigan issiqlik miqdori koeffitsiyentini aniqlash.

4.3-§. Kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i – quyosh energiyasidan dush qurilmasida foydalanishdagi issiqlik-fizikaviy jarayonlatrni optimallashtirish.

4.4-§. Tuproq osti akkumulyatorli quyosh issiqxona – meva quritgichida issiqlik massa almashinuvini modellashtirish.

4.5-§. O'rikri quritish kinetikasini hisoblash.

4.6-§. Organik yoqilg'ilar miqdori va undan past haroratli gelioqurilmalarda foydalanishda hisoblash metodlari.

4.7-§. Konveksiya hodisasi. Gaz va suyuqliklarda konveksiya. Erkin va majburiy konveksiya. Konvektiv issiqlik almashinuvning differensial tenglamasi. Quyosh suv isitgichida konvektiv issiqlik almashinuv.

4.8-§. Issiqlikni rekuperativ o'zlashtirgichli quyosh qavoqizdirgichlar va ulardagi issiqlik-fizikaviy jarayonlar.

4.9-§. Murakkab issiqlik almashish.

V BOB. QUYOSH ENERGIYASINI AKKUMULYATSIYALASH

5.1-§. Issiqlik akkumulyatorlari.

5.2-§. Kimyoviy issiqlik akkumulyatorlari. Kimyoviy elementlarda fazaviy o'tishda kristall gidratlarni erish va qotishidagi issiqlik miqdori.

VI BOB. QUYOSH ENERGIYASINI ELEKTR ENERGIYASIGA AYLANTIRISH

6.1-§. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.

6.2-§. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirish.

VII BOB. QUYOSH QURILMALARIDA NAZARIY VA AMALIY MASALALARNI HISOBBLASH.

7.1-§. Issiqlik almashinuv jarayonlarini o'rganishda o'xshashlik nazariyasini qo'llash.

7.2-§. Tajriba natijalarini qayta ishlash va umumlashtirish.

7.3-§. Ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektorli quyosh dushining issiqlik-fizikaviy jarayonlari va iqtisodiy samaradorligi.

7.4-§. Devorning teplofizik va energetik xossalarini matematik hisoblash va issiqlik yo'qotishini aniqlash.

7.5-§. Parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichining issiqlik-fizikaviy tavsiflari.

7.6-§. Noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanishning kelajak istiqbollari.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

Asosiy shartli belgilar

Q – issiqlik miqdori, Vt ;
 q – issiqlik oqimi, Vt/m^2 ;
 j_0 – quyosh doimiysi, Vt/m^2 ;
 T – absolyut temperatura, K ;
 t – muhitning temperaturasi, $^{\circ}C$;
 C_0 – absolyut qora jism sirtidan nurlanish, Vt/m^2K^4 ;
 ε – nurlanish koeffitsiyenti, Vt/m^2K^4 ;
 E – sirtidan nurlanish intehsivligi, Vt ;
 α – issiqlik almashinuv koeffitsiyenti, Vt/m^2K ;
 β – havo temperaturasi hajmiy kengayish koeffitsiyenti, $1/^{\circ}C$;
 g – erkin tushish tezlanashi, m/s ;
 c – issiqlik sig'imi, kJ/kgK ;
 ρ – zichlik, kg/m^3 ;
 λ – materialning issiqlik o'tkazuvchanligi, Vt/mK ;
 K – issiqlik uzatish koeffitsiyenti, Vt/m^2K ;
 L – vaqt birligida havo sarfi, m^3/s ;
 l – havoni massa birligidagi sarfi, kg/s ;
 τ, t – vaqt, s ;
 U – mahsulot nam saqlami, kg/kg ;
 P – bosim, Pa ;
 μ – kimyoviy potensial, kJ/kg ;
 η – FIK, %;
 χ – nam uzatish koeffitsiyenti, $kg/ms^{\circ}B$;
 φ – havoning nisbiy namligi, %;
 δ – qalinlik, m ;
 ξ – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti,
 S – to'g'ri quyosh radiyasiyasining intensivligi, Vt/m^2 ;
 D – sochilgan quyosh radiyasiyasining intensivligi, Vt/m^2 ;
 R – quyosh radiyasiyasining sochilish intensivligi, Vt/m^2 .

KIRISH

“Quyosh energiyasidan foydalanishning fizik asoslari” maxsus kursi 5440100 – Fizika yo‘nalishi, 5160400 – Energetika yo‘nalishlari o‘quv rejasida fizika va energetikaning hozirgi zamon dolzarb yo‘nalishlariga oid fanlarni o‘qitish uchun 36 soat ma’ruza mo‘ljallangan. Bu kurs quyosh va boshqa noan’anaviy energiyadan amaliy maqsadlarda foydalanishda eng muhim energetik va fizikaviy faktlar, tushunchalar, qonunlar va prinsiplar haqida barcha asosiy ma’ruzalarni o‘z ichiga oladi. Bunda geliofizika va noan’anaviy energiyalardan foydalanishning vujudga kelish tarixi, nazariy-amaliy jihatidan u yoki bu fizikaviy qonunlarga asoslanish prinsiplari, aniq belgilangan holda birga qo‘shib olib boriladi.

“Quyosh energiyasidan foydalanishning fizik asoslari” kursi talabalarda eksperimental asosga ega bo‘lgan maxsus fan degan tasavvur hosil qiladi. Eng muhim geliofizik qonunlar va kashfiyotlar, talabalarni nazariya, g‘oya va ilmiy tadqiqotlarni vujudga kelish jarayonlari bilan tanishtiradi, quyosh energiyasidan amaliy maqsadlarda foydalanish qurilmalarini fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiradi.

Sanoatda, qishloq xo‘jaligida va transportda, barcha ishlab chiqarish jarayonlarida yoqilg‘i issiqligidan va elektr energiyasidan foydalaniladi. Mexanik va elektr energiyasi asosan har xil yoqilg‘ilarni yoqish hisobiga, suv energiyasidan, atom yadro energiyasidan olinadi.

Ma‘lumki, ko‘pchilik energetika resurslarining manbai quyoshdir. Quyosh nurlari yerning 1 m^2 yuzasiga taxminan 1 kVt energiya beradi. Ko‘p million yillar mobaynida bizning yer sharimiz quyosh energiyasini o‘simliklar orqali torf, toshko‘mir va antratsit ko‘rinishida yig‘adi. Shuning uchun yoqilg‘i quyosh energiyasining akkumulyatoridir. Barcha ishlab chiqarish joylarida mahalliy yoqilg‘ilardan neft, toshko‘mir, torf, antratsit, yonuvchi slantslar va har xil briketlardan hamda keng ko‘lamda tabiiy va sun‘iy gazlardan foydalaniladi.

Yoqilg‘i manbalaridan tejab foydalanish mexanik energiyani, binobarin, elektr energiyasini olish narxini kamaytirishga intilish, uzluksiz tiklanuvchi energiya manbai bo‘lgan shamol energiyasidan keng ko‘lamda foydalanishga olib keldi. Hozirgi davrda O‘zbekiston energetika sistemasi 19 ming sanoat, 80 ming qishloq xo‘jaligi, 19 ming kommunal va 3,5 million maishiy iste‘molchilarni energiya bilan ta‘minlaydi¹.

Respublika energetikasi istiqbolda gidroenergetika va issiqlik energetikasi yo‘nalishida rivojlandi. O‘zbekiston energetika sistemasi 37 ta issiqlik va gidravlik elektrostansiyasini o‘z ichiga olib, ularning umumiy quvvati $11,58\text{ mln. MVt}$ ga yetdi. Shundan $9,84\text{ mln. MVt}$ issiqlik elektrostansiyalari, $1,74\text{ mln. MVt}$ gidroelektrostansiyalari hissasiga to‘g‘ri keladi. Asosiy yoqilg‘i energetika resurslari qatoriga, shuningdek, neft, gaz va ko‘mir ham kiradi. Respublikamiz hududida: Farg‘ona vodiysidagi Janubiy Olamushuk, Polvontosh, Chungara, Sho‘rsuv neft konlari, Sho‘rtan, Ko‘kdumaloq, O‘rtabuloq, Zebarda va boshqa ko‘plab neft gaz konlari xalq xo‘jaligiga xizmat qiladi.

Qishloq xo‘jaligi sanoatini bozor iqtisodiyoti talablari darajasida rivojlantirish uchun shamol, yer osti geotermal energiya manbalaridan keng ko‘lamda foydalanishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Shamol energiyasining zahirasi amalda cheksizdir. Respublikamiz olimlarining hisoblariga binoan shamol dvigatellarini ishlash rejimi avtomatlashtirilgan hollarda shamolning tezligi 3 m/s bo‘lsa, yer yuzasining 1 km^2 da o‘rnatilgan shamol dvigatelining quvvati 300 kVt bo‘lganda bir yilda 550 ming kVt soat elektr energiyasini ishlab chiqarish mumkin. Quyosh nuri energiyasidan foydalanish loyihalari yetarli darajada yaxshi barpo etilmoqda. Balandligi 42 gaz , eni 54 gaz bo‘lgan paraboloid sirti o‘lchamlari $6,5\text{--}7,5\text{ m}^2$ bo‘lgan 62 dona tekis ko‘zgular o‘rnatilgan quyosh pechi Parkentda qurib ishga tushirildi. Bu quyosh pechining harorat quvvati 1000 kVt bo‘lib, markazida uning harorati 3000 darajaga tengdir. O‘zRFA elektronika institutida quvvati 1 kVt ga teng bo‘lgan quyosh qahrabo stansiyasi yaratildi. Fizika-texnika instituti olimlari quvvati 300 Vt bo‘lgan, mustaqil ishlaydigan cho‘l mintaqalari uchun moslashtirilgan

¹ Р.А.Захидов «Энергетика стран мира и Узбекистана в XXI веке. //Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики». Т., Фан, 2001. №5-6.,с 27-42.

kichik qahrabo stansiyasini ishlab chiqardilar. Shuningdek, O'zbekiston RFA Fizika-texnika institutining ixtirochilari, olimlari va Qarshi Davlat universiteti olimlari hamkorlikda uylarni qishda isitishga mo'ljallangan geliokollektorlarning eng samarali loyihalarini ishlab chiqib, xalq xo'jaligiga tatbiq etish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qoshidagi "Fan va texnologiya" markazining buyurtmasi bo'yicha O'zRFA energetika va avtomatika instituti akademigi R.A.Zohidov, Fizika-texnika instituti Fizika-quyosh ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi olimlari: akademik S.Lutfullayev, professorlar: R.A.Avezov va Qarshi Davlat universiteti professori B.E.Xayriddinov va dotsent T.Sodiqov rahbarligida quyosh issiqxona va meva sabzavot quritish qurilmasi loyhasini ishlab chiqib, Qarshi tumanidagi "O'zbekiston mustaqilligi" jamoa xo'jaligida ishchi maydoni 2000 m^2 bo'lgan variantni joriy etdilar. Talimarjon GRES ga qarashli issiqxona xo'jaligida quyosh issiqlik akkumulyatorli geliolimonariyaning 1000 m^2 mo'ljallangan loyihasi yaratildi va fermer xo'jaliklari uchun tavsiya etildi. Quyosh energiyasidan foydalanib, qishloq xo'jalik mahsulotlari meva va sabzavotlarni salqin saqlaydigan, meva sharbati va sut mahsulotlarini qaynatuvchi geliopastrilizator qurilmalarining loyihalari ishlab chiqildi. Shuningdek, cho'l mintaqalaridagi suvlarni quyosh chuchitkichlari yordamida tozalash qurilmalarining loyihalari ham buxorolik olimlar tomonidan yaratildi.

Ma'lumki, fizika kursida energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanishi, issiqlik hodisalari, geometrik optika qonunlari, termoelektrik, fotoelektrik hodisalar, fotosintez nurlarning yutilishi, bug'lanish, kondensatsiya, moddalarining agregat holatlari, jismlarning mexanik hamda optik xossalari va boshqalar quyosh energiyasidan foydalanishning asosini tashkil etadi va talabalar tomonidan umumiy fizika kursida o'rganiladi. Fizika va energetika bo'limini bitirib chiquvchilarning bir qismi umumiy ta'lim maktablarida, akademik litseylarda, kasb-hunar kollejlari o'qituvchi yoki magistraturada ilmiy izlanuvchi xodim, kelajakda esa yuqori malakali tadqiqotchilar bo'lib yetishishlari nazarda tutilganligini e'tiborga olib, "Quyosh energiyasidan foydalanishning fizik asoslari" va "Noan'anaviy energiya manbalari" maxsus fanlarining chuqur o'qitilishi, Kadrlar tayyorlash tizimi islohini muvaffaqiyatli amalga oshirishda, eng avvalo, Oliy ta'limning barqaror va aniq maqsadli rivojlanishini ta'minlovchi, islohotlarni chuqurlashtirib joriy etilishida asos bo'lib xizmat qiladi.

Mazkur qo'llanma ilk bora chop etilayotganligi sababli ma'lum kamchilirlardan xoli bo'lmasligi tabiiy. Bu borada o'zlarining qimmatli fikr-mulohazalarini mualliflarga yuborgan hamkasblarga o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

I BOB. NOAN'ANAVIY VA QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA MANBALARI

1.1-§. Noan'anaviy va qayta tiklanadigan energiya manbalari

Turli-tuman shakldagi energiyani ishlab chiqarish va iste'mol qilish tez sur'atlar bilan o'sib bormasa, sanoat va qishloq xo'jaligi, fan va madaniyat taraqqiyotdan to'xtab qoladi. Bashariyat tarixi endigina boshlanib kelayotgan davrda yuz bergan buyuk voqealardan biri olovning kashf etilishi bo'lib, buning natijasida inson yoqilg'idan yashirin energiyani, yorug'lik va issiqlikka aylantirishni bilib oldi. Qadim zamondan boshlab toki XVIII asrning ikkinchi yarmigacha texnika sust rivojlandi. Dvigatel – sun'iy mexanik kuch manbaining yo'qligi buning asosiy sababi edi. Ishlab chiqarish sohasidagi barcha yumushlar odamning bevosita qo'l kuchi bilan bajarilib, hayvonlar kuchidan suv va shamol energiyasidan kamdan-kam foydalanilardi. Bug' mashinasi yoqilg'i energiyasini mexanik harakatga aylantirib bera boshlashi kishilik jamiyatiga katta energetika tarixini ochib berdi.

Fransuz fizigi S.Karno 1824-yilda issiqlik energiyasining mexanik energiyaga aylanishini asoslab berdi. Bashariyat tarixidagi – uchinchi bosqich atom yadrosida yashirinib yotgan bitmas-tuganmas energiya zahirasi ochilishi bilan belgilanadi.

AQSH ning Chikago shahrida atoqli fizik Enriko Fermi (1901-1954 yy.) boshchiligidagi bir guruh olimlar va injenerlar tomonidan 1942-yilning 2-dekabrida qurilgan qurilmada atom energiyasi bevosita issiqlik energiyasiga aylantirildi. Atom yadrosining energiyasi yadro portlatilishi natijasida yuzaga keladi. Metallar – Uran bilan Toriyning atomlaridagi yashirin energiyadan foydalanish ustida tadqiqotlar olib borildi. Birgina Uran tarkibidagi energiya miqdori sayyoramizda mavjud barcha qazilma yoqilg'i zahiralari neft, gaz va ko'mir tarkibidagi energiya miqdoridan 20 marta ortiqdir. Keyingi yillarda sintez reaksiyasi yangi elementlar yadrolari hisobidan ham atom energiyasini hosil qilish mumkinligi kashf etildi.

1954-yilda sobiq SSSR da quvvati 5000 kVt bo'lgan dunyoda birinchi AES qurilib ishga tushirildi. Keyinchalik suv-suv tipidagi qaynash reaksiyalariga o'tilib, Volgada 750 kVt quvvatli reaktor barpo qilindi.

1955-yilda tez neytronlardan foydalanib ishlaydigan atom reaktorlarini yaratish masalasini hal etish ustida katta ilmiy tadqiqotlar olib borildi. Bunday tipdagi reaktorlarda boshlang'ich yadro yoqilg'isidan 1 kg yondirilsa, reaktorda 1,5 kg yangi yadro yoqilg'isi hosil bo'ladi. Bunday tipdagi reaktorlar ko'payishuvchi reaktorlar deyiladi. Bunday reaktorli AES lar 1955- va 1958-yillarda ishga tushirildi. 1 g U^{235} energiyasi 2,7 shartli yoqilg'iga tengdir, bir sutkada 3 kg yadro yoqilg'i sarflanadigan AESning quvvati 1 mln kvt ga teng bo'ladi. Quyosh nurlari har yili yerga bag'oyat ulkan energiya, ya'ni $62 \cdot 10^{16}$ kvt soatga teng energiya olib keladi. Bu energiyaning 60 foizi yer atmosferasi, 25,5 foizi okean va dengiz, 14,5 foizi quruqlikni isitishga sarf bo'ladi. Bundan 2,5 foizi shamolning mexanik energiyasiga, 0,4 foizi daryolar harakatining mexanik energiyasiga, 0,12 foizi turli xil yoqilg'i o'tin, torf, toshko'mir, neft va yonuvchi slanetsning kimyoviy energiyasiga aylanadi. Yerning ko'ndalang qismi yuzasi $127,6 \cdot 10^6$ km² ekanligini e'tiborga olsak, yerga tushadigan quyosh nurining energiyasi $176,6 \cdot 10^{12}$ kVt, demak bir yilda yerga $1,56 \cdot 10^{18}$ kVt soat $\approx 1,6 \cdot 10^{18}$ kVt soat quyosh energiyasi tushadi.

Quyoshning zarrin nurlari yerimizga yiliga 150000 milliard kVt soat shamol energiyasini, 33000 milliard kVt soat suv energiyasini olib keladi. O'rmonlarda esa quyosh nurlari tufayli yiliga 220000 milliard kVt soat energiya to'planadi. Bundan tashqari, quyosh energiyasi tufayli ming-ming yillar mobaynida yer bag'rida ulkan energiya zahiralari jamg'arilgan. Chunonchi, sayyoramiz bag'rida yotgan toshko'mirda 3580000 milliard kVt soat, torfda 480000 milliard kVt soat, yonuvchi slanetslarda 700000 milliard kVt soat, tabiiy gazda 80000 milliard kVt soat energiya zahirasi mavjud. Hozirgi vaqtda insoniyat yiliga bu ulkan zahiralarni mingdan bir

qismidan ham kamrog'ini ishlatadi. Bugungi kunda quyosh ulkan yadro reaktoriga o'xshashligi ma'lum, unda yuqori bosim va haroratda yadro reaksiyasi sodir bo'ladi. Bu reaksiya tufayli vodorod geliy yadrosiga aylanishi jarayonida esa quyosh reaktorining aktiv zonasidagi harorat 10 million darajadan ham ortib ketadi.

Quyoshdagi bu reaksiya sekundiga 560 million tonna geliy ishlab chiqarib, 4 million tonna vodorod energiyasiga aylantiradi. Quyosh energiyasidan foydalanishga olis o'tmishda ham urinib ko'rishgan. Qadimgi yunon olimi Arximed quyoshning nurini ko'zgular sistemasi orqali tushirib, rimliklarning kemalarini yondirib yuborgani to'g'risida tarixda yozib qoldirgan. Quyosh energiyasidan chet mamlakatlarda keng miqyosda foydalanilmoqda. Shimoliy Fransiyaning Odeysda degan joyida fizik-ximik Feleks Tremba boshchiligidagi quyosh elektrostansiyasi qurilgan bo'lib, uning quvvati 1100 kVt, hosil qiladigan harorat esa 3800 darajaga yetadi. 1816-yil islandiyalik Robert Stirling gelioqurilmadan foydalanib ishlaydigan quyosh dvigatelini yaratgan edi. 1954-yil Amerikalik Ges Repot va Bryus Kaymayklar quyosh nuridan bevosita foydalanish uchun samolyot qulayligi to'g'risidagi fikrni aytdi. Oradan 20 yil o'tgach bu g'oyaning to'g'riligini London kollejidagi tadqiqotchilar amalda isbotladilar.

Hozirgi vaqtda jahon fan-texnika taraqqiyoti jadal rivojlanishi munosabati bilan tabiiy zahiralardan xo'jalik maqsadlarida tobora ko'proq foydalanilmoqda.

Quyosh va shamol energiyasidan xalq xo'jaligida samarali foydalanish maqsadida 1954-yil YUNESKO-Hindiston hamkorligida Dehlida xalqaro simpozium o'tkazildi. 1961-yil BMT Rimda quyosh, shamol va geotermal qurilmalar energetika qurilmalarini takomillashtirish va undan xalq xo'jaligida foydalanishni yanada kuchaytirish bo'yicha navbatdagi xalqaro simpoziumni o'tkazdi. 1972-yil Nigeriyada, 1973-yil Parijda "Quyosh inson xizmatida" mavzusida xalqaro kongresslar o'tkazildi. Bu anjumanlarda quyosh energiyasidan uylarni qish faslida isitish va yozda mikroiklim hosil qilish, quyosh energiyasini elektr energiyasiga va uni issiqlik va elektr energiyaga aylantirish, shamol energiyasini elektr va issiqlik energiyasiga aylantirish, quyosh energiyasini organik xom ashyo energiyalariga aylantirish muammolarini yechish, ularning qurilmalarini ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqildi. 1977-yil quyosh energiyasidan qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritishda samarali foydalanish bo'yicha YUNESKO-Ashxabad ("Quyosh IICHB") da, 1981-yil "Noan'anaviy va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan xalq xo'jaligida foydalanish" mavzusida Toshkent (FTI) da, 1988-yil Dushanbe (FTI) da xalqaro konferensiyalar o'tkazildi. Shuningdek, 2000-2002 va 2003-yillarda Toshkentda, Buxoroda "Innovotsiya" yo'nalishida "Noan'anaviy energiya manbalaridan xalq xo'jaligida samarali foydalanish istiqbollari: muammolar va yechimlar" mavzularida xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlar o'tkazildi. Bu konferensiyalarda ham noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanish darajasini ko'tarish, ayniqsa, qishloq xo'jaligida yangi zamonaviy quyosh qurilmalari yaratish va joriy etish, chorvachilik, parrandachilik xonalarini isitishda quyosh energiyasidan foydalanish, quyosh vannalari, quyosh suv isitgichlari, gelioissiqxonalar, meva quritish qurilmalarining samarali konstruksiyalarini ishlab chiqish, quyosh stirling dvigatellarini takomillashtirish yo'llari ko'rib chiqildi. Quyosh pechi va konsentratrlarining yangi konstruksiyalari va loyihalari namoyish etildi. Rossiya, AQSH, Fransiya, Angliya, Avstraliya, Argentina, Niderlandiya, Hindiston, Germaniya, Isroil, Kanada, Italiya, Yaponiya va boshqa ko'pgina rivojlangan mamlakatlarda noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanish bo'yicha olimlar olib borgan tadqiqotlar yaxshi natijalar bermoqda. Jumladan, Germaniya, Isroil, va AQSH da quyosh energiyasidan foydalanib, 30-35 foiz uylar qish faslida isitilib, yoz oylari sovitilmoqda.

Respublikamizda ham ekologik toza bo'lgan quyosh energiyasidan samarali foydalanish maqsadida Toshkentning Parkent tumanida 3000-3500 °C temperatura hosil qiladigan quyosh pechi qurilib, 1986-yilda ishga tushirildi.

Respublikamiz iqtisodiyotida mineral xomashyo qazib olish va qayta ishlash yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. U sanoat va qishloq xo'jalik ishlab chiqarishini rivojlantirishga katta ta'sir ko'rsatmoqda. O'zbekiston noyob yoqilg'i-energetika resurslariga ega. Qidirib

topilgan gaz zahiralari 2 trillion kubometrغا yaqin, ko‘mir 2 milliard tonnadan ortiq. 160 dan ortiq neft koni mavjud.

Butun dunyoda jami elektr energiyasining 80 foizi issiqlik elektrostansiya (TES) larda ishlab chiqariladi. Yoqilg‘ining kimyoviy energiyasi yonish va issiqlik uzatish yo‘li bilan bug‘ning issiqlik energiyasiga aylanadi. Bug‘ning energiyasi bug‘ trubinalarida trubina reaktorini harakatga keltirib, mexanik energiyaga aylanadi. Generatorda mexanik energiya elektromagnit induksiyasi tufayli elektr energiyasiga aylanadi. Issiqlik elektrostansiyalarida ko‘mir, neft, tabiiy gaz va torfdan yoqilg‘i sifatida foydalaniladi. Ammo energiyaning bu tabiiy turlari zahiralari 80-100 yillargacha yetishi mumkin. Keyin esa energiyaning eng arzon turi oqar daryolar kuchidan, gidroenergiyadan foydalanish mumkin. Bu energiya yetarli darajada emas. Shamol energiyasidan joylarda kichik qurilmalarda foydalanish mumkin. Dengiz qirg‘og‘ida joylashgan ayrim regionlarni energiya bilan ta‘minlashda okean sathining ko‘tarilishi va pasayishidan foydalanish mumkin. Dunyo okeanining suvi turli chuqurliklarda turli haroratga ega bo‘ladi. Bundan tashqari okean ustidagi havo harorati suvning haroratidan farq qiladi. Haroratning bunday farqlanishdan energiya manbai sifatida foydalanish mumkin. Ammo buning uchun qimmatbaho qurilmalar qurish kerak bo‘ladi.

O‘zbekiston energetikasi rivojlanishi uchun uning tabiiy-iqlim sharoitlaridan foydalanish maqsadida qayta tiklanuvchi energetik manbalaridan, xususan, quyosh energiyasi, shamol kuchi, yer osti suvlari harorati va kichik gidroelektrostansiyalardan foydalanish masalalari borasida keng tadqiqot ishlari olib borildi.

1960-yillarda professor G.A.Grinevich, akademiklar S.A.Azimov, G.Y.Umarovlar tomonidan boshlab berilgan bu ishlar O‘zbekiston Fanlar Akademiyasining akademigi R.A.Zohidov va professor R.R.Avezovlar tomonidan davom ettirildi. Bu sohada an‘anaviy energiya bilan birga tiklanuvchi energiyadan kompleks foydalanish va natijada elektr hamda issiqlik energiyalari hosil qilishning oson usullari taklif etilishi xalq xo‘jaligi uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va telemexanizatsiyalash hamda energetik tizimlarda o‘lchov texnikasi, o‘lchash aniqligi, puxtaligi va samaradorligini oshirish, shamol energiyasidan amaliy maqsadlarda foydalanish yo‘nalishidagi tadqiqotlar akademik J.Abdullayev rahbarligida olib borilmoqda. Issiqlik energetikasi va issiqlik texnikasi sohasida yoqilg‘idan foydalanishning yangi texnologiyasi va yondirish usullari hamda issiqlik energiyasidan samarali foydalanish kabi muhim tadqiqotlar ham akademik R.A.Zohidov va professor S.K.Ismatxo‘jayev, K.R.Allayevlar tomonidan yo‘lga qo‘yildi.

Hozirgi paytda energetika tizimlarining samaradorligini oshirish, quvvatini tejash va ekologik sof energetikaning dolzarb muammolari bo‘yicha fundamental va amaliy izlanishlar Markaziy Osiyo hududida energetikaning amaliy ehtiyojlari va talablarini qondirishga qaratilgan.

1.2-§. Energiya tanqisligi va uning oldini olish yo‘llari

Hozirgi kunlarda iste‘mol qilinayotgan energiyaning 80 foizi tabiiy yoqilg‘ilar deb ataluvchi ko‘mir, neft, gazlarni yoqish natijasida olinmoqda. Tabiiy yoqilg‘ilar yana bir necha o‘n yil asosiy energiya manbai bo‘lib qoladi. Keyin esa energiya olishning boshqa yo‘llarini topishga to‘g‘ri keladi.

Tabiiy yoqilg‘ilardan tashqari energiya olishning yana bir manba – bu gidroelektrostansiyalardir. Ammo bunday gidrostansiyalar qurish uchun ko‘plab gektar o‘rmonlardan, yaylov va hosildor yerlardan voz kechishga to‘g‘ri keladi. Gidrostansiyalarning sun‘iy dengizlari bu yerlarni o‘z suvi bilan bosib ketadi. Bu sun‘iy dengizlar atrofidagi yerlar yer ostining sho‘r suvlari ko‘tarilishi natijasida yaroqsiz holga keladi.

Uchinchi energiya manbai, atom elektr stansiyalaridir. Ammo bu stansiyalarning naqadar xavfli ekanligini Chernobil Atom elektrostansiyalarida bo‘lgan falokat yaqqol ko‘rsatdi.

Ammo hayot doim o‘sishda. Xalq xo‘jaligining energiyaga bo‘lgan ehtiyoji tobora o‘sib boraveradi va insoniyat energiya hosil qilishning yangi-yangi yo‘nalishlarini qidirib topishga majbur. Birinchidan, ko‘plab tadqiqotchi olimlarning diqqat e‘tibori hozir noan‘anaviy va qayta

tiklanadigan energiya manbalari deb ataluvchi - quyosh, shamol, geotermal, dengiz suvining ko'tarilishi kabi energiyalardan foydalanish muammolariga qaratilgan.. Ma'lumki, issiqlik ajratish xususiyati $2,93 \cdot 10^4 \text{ kJ/kg}$ yoki $3 \cdot 10^4 \text{ J/kg}$ bo'lgan yoqilg'i shartli yoqilg'i deyiladi. Berilgan yoqilg'ini shartli yoqilg'iga aylantirib hisoblashda va aksincha shartli yoqilg'ini berilgan yoqilg'iga aylantirib hisoblashda kaloriya ekvivalenti deyiladigan kattalikdan foydalaniladi.

$$E = Q_q^i / 29300$$

Bu yerda Q_q^i – yoqilg'ining quyi issiqlik ajratish xususiyati.

Bu turdagi energiyalarning xalq xo'jaligiga qo'shayotgan hissasi kam bo'lsa-da, ammo hozirgi paytda shunday qiziqarli loyihalash ishlari bajarildiki, bu loyihalar amalda qo'llanilsa, energiya olish va foydalanishni tubdan o'zgartirib yuborilishiga imkoniyat yaratiladi.

Ikkinchidan, yangi yoqilg'i bazalarining shimoliy-sharq tomonga siljishi, geologik tadqiqot ishlarining murakkablashgani, iqlim sharoiti og'irligi, yoqilg'i qazib chiqarilayotgan manbalardagi sharoitni qiyinligi, moddiy texnika ta'minotini yetarli emasligi energetika yoqilg'i xom ashyolarini qazib olishni noqulaylashtirdi. Natijada yoqilg'i energetika xomashyosini tannarxi oshmoqda.

Uchinchi muammo xalq xo'jaligida yoqilg'i miqdorining kam bo'lgan turi - neft va gazning ko'p miqdorda ishlatilayotganidir. Ularning yoqilg'i-energetika balansidagi miqdori 70 foizga yetdi.

To'rtinchi muammo ko'mirning energetik ahamiyati va sifatining yomonlashuvi. Bu muammo kelajakda past navli yoqilg'i ko'proq ishlatilgani sari murakkablashib boraveradi.

Beshinchi muammo energiya iste'moli oshishi natijasida atrof-muhitning ifloslanish darajasining oshishi.

Mana shu kabi muammolar noan'anaviy energiya manbalarini keng rivojlantirishga undaydi. Potensial imkoniyatning yuqoriligi, manba bitmas-tuganmas ekanligi, ekologik sofliqi, foydalanish masshtabi qanchalik keng bo'lmasin, sayyoraning yoqilg'i balansiga salbiy ta'sir etmasligi uni o'zlashtirishga qiziqishni oshirmoqda.

Hozirgi kunda qayta tiklanadigan va noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanish sohasida ko'plab texnologiyalar taklif etishganki, ularni bimalol amalga oshirish mumkin. Ammo qayta tiklanadigan va noan'anaviy energiya manbalari (QT va NEM) ning rad qilib bo'lmaydigan ustunliklari bilan bir qatorda u yer yuzida tarqoq ekanligi natijasida olinadigan quvvat uchun sarf-xarajat ham ortib tushadi. Shu sababli hozircha QT va NEM an'anaviy energiya manbalaridan foydalanish odatdagi energiya manbalaridan foydalanish bilan raqobatlasha olmaydi.

Shunga qaramay, ba'zi ilmiy texnikaviy yechimlarni hozirdanoq amalda qo'llash orqali erishilgan yutuqlar ko'rsatadiki, ular yaqin yillardayoq iqtisodiy o'z-o'zini oqlaydi.

Ma'lumotlarga qaraganda, qayta tiklanadigan va noan'anaviy energiya manbalari (QT va NEM) dan foydalanish natijasida 2020-yilga kelib 2,6 mlrd. tonna shartli yoqilg'ini tejash mumkin. Qayta tiklanadigan energiyalarni tadqiq etishni rivojlantirishning asosiy yo'nalishlari va dasturi quyidagilardan iborat:

- a) bug' trubinali quyosh elektrostansiyalarini ishlab chiqarish va ishga tushirish;
- b) avtonom (iste'molchilar uchun fotoelektr) qurilmalarni loyihalash va ishlab chiqarish;
- d) quyosh nuridan foydalanib ishlovchi issiq suv ta'minoti, isitish va havoni kondensatsiyalash sistemalarini loyihalash va qurish;
- e) Geo IES qurish va ishga tushirish;
- f) geotermal issiqlik ta'minotini loyihalash va qurish.
- g) shamol energiyasi agregatlari va shamol elektr stransiyalari (SHES) ni loyihalash hamda ishlab chiqarishga joriy etish (bu borada, ijobiy natijlarga erishilgani diqqatga sazovordir).

Quyosh energiyasi hisobiga issiq suv olish uchun quyosh suv isitish qurilmalaridan foydalanilmoqda. Hozirgi kunda mamlakatimizda bir kunda o'n ikki kub metr suvni quyosh nuri

bilan isitadigan qurilmalar ishlab turibdi. Quyosh energiyasidan qishloq xo'jaligida parnik va issiqxonalarni isitish, mevalarni quritish, limon yetishtirish, uylarni va pillaxonalarni isitishda, beton va temir beton buyumlarni quritishda va bug'lantirib ishlov berishda, kombinatsiyalashtirilgan barabanli quritgichda paxta va donador (bug'doy, no'xat, mosh, va h.k.) qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritishda foydalanilmoqda. Quyosh energiyasidan foydalanib qishda uylarni isitish va yoz oylari sovitish bo'yicha Respublikamiz olimlari professor R.R.Avezov rahbarligida yangi loyihalarni ishlab chiqdilar. Bunday geliouylarning xarakterli tomonlari shundan iboratki, ular qish oylarida, havo bir necha sutka davomida bulutli bo'lib turganida ham, quyoshli kunlarda maxsus issiqlik akkumulyatorlarida to'plangan energiya hisobida isitiladi, ayrim hollardagina isitish manbalaridan foydalaniladi.

Keyingi paytda tibbiyotda quyosh energiyasidan quyosh vannalari yordamida biologik to'qimalarni davolashga alohida e'tibor berilmoqda. Dozalangan quyosh radiatsiyasidan davolashda (gelioterapiyada), shuningdek, organizmni chiniqtirish vositasi sifatida foydalanadilar.

Biologik sistemadan amaliy foydalanish uchun quyosh energiyasini qayta tiklash usullarini loyihalash va uskunalarni ishlab chiqish zarur.

QT va NEM ning asosiy yo'nalishlari quyidagilar:

1. Issiqlik energiyasi. Bu energiyaning asosiy manbalaridan biri quyoshning issiqlik nurlanishi, ikkinchisi esa yer osti issiqligi.
2. Kimyoviy energiya fotosintez mahsulotlari.
3. Mexanik energiya. Shamol, dengiz to'lqinlari, dengiz ko'tarilib-tushishi, dengiz oqimi va h.k.
4. Yorug'lik energiyasi. Quyoshning yorug'lik nuri.

Hozircha amalga oshirilgan tadqiqot ishlari shuni ko'rsatadiki, barcha texnik jihatdan amalga oshirish mumkin bo'lgan QT va NEM texnologiyasini quyidagi alomatlariga qarab bo'laklash mumkin.

- a) iqtisodiy jihatdan hozirdan amalga oshirish mumkin;
- b) iqtisodiy jihatdan yaqin (15-20) yillarda amalga oshirish imkoniyati bor;
- d) iqtisodiy jihatdan 30-40 yillarda amalga oshirish mumkin;
- e) iqtisodiy jihatdan foydalana olish muammo yoki uzoq (40-50) yillardan so'ng mumkin.

II BOB. QUYOSH ENERGIYASINING FIZIK ASOSLARI

2.1-§. Quyosh energiyasining miqdori va uni o'lchash metodlari

Yer shariga har sekunda tushayotgan energiya miqdori quyosh sochayotgan barcha energiyadan 2,2 mlrd. marta kam bo'lib, $17,4 \cdot 10^{17}$ Joul ni tashkil etadi. Bu energiyaning 36 foizini atmosfera qatlamidan qaytaradi, 17 foizini yutib qoladi, qolgan qismigina yer sirtiga yetib keladi. Shu energiyaning yarmi dengiz va okean suvlarini bug'latish uchun sarf etiladi, 1 foizini o'simliklar dunyosi iste'mol etishini hisobga olgan taqdirda ham, qolgan energiya miqdori yiliga $35 \cdot 10^{17}$ kVt-soatni tashkil etadi. Bu esa bir kecha-kunduzda butun insoniyat iste'mol qilayotgan jami energiyadan qariyb 39 ming marta ko'pdir. Bunday katta energiyadan to'liq foydalanish imkoniyati yo'q, albatta.

Shunday bo'lsa ham, $200 \cdot 100 \text{ km}^2$ maydonga tushayotgan quyosh nuri, geliouqurilmalar foydali ish ko'effitsiyenti (FIK)ni hisobga olingan taqdirda 1995-yilda mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan jami energiyaga tengdir.

Quyosh har sekunda 4 mln.tonna yoki yiliga $1,36 \cdot 10^{14}$ tonna miqdordagi massani nurlanish orqali yo'qotib tursa ham, undagi geliyning vodorodga uzluksiz aylanib turishi hisobiga ajralib chiqayotgan nur energiyasi koinotga yana bir necha o'n milliard yillar davomida sochilib turadi. Shuning uchun ham quyosh energiyasi radiatsiyasidan to'liq va samarali foydalanish masalalari tobora muhim o'rin egallamoqda. Yer sirtiga yetib kelayotgan radiatsia

(Q), u parallel nurlar shaklida tushayotgan to'g'ri radiatsiya (S) va atmosfera qatlamidan sochilib kelayotgan (D) radiatsiyalar yig'indisidan iborat:

$$Q = S \sin h^\circ + D \quad (2.1)$$

bunda, h° -quyoshning gorizontga nisbatan balandligi. Bu balandlik joyning geografik kengligiga (φ), quyoshning og'ish burchagi (δ) ga, quyoshning soat burchagi (τ) ga bog'liq bo'lib, bu kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanish esa sferik trigonometriya formulalari orqali aniqlanadi.

Shakldan, radiusi $OA = r$ bo'lgan sferadagi ABC sferik uchburchakning (2.1-rasm) B va C uchlaridagi burchaklari va demak, b va c tomonlari ham 90° C dan kichik bo'lsin. A nuqtadan AB va AC tomonlarga urinma qilib, AD va AE kesmalarni o'tkazamiz.

$\triangle AOD$ dan: $AD = z \cdot \operatorname{tg} c$ va $z = OD \cdot \cos c$.

$\triangle AOE$ dan: $AE = z \cdot \operatorname{tg} b$ va $z = OE \cdot \cos b$.

$\triangle ADE$ va $\triangle ODE$ uchburchaklar uchun kosinuslar teoremasini qo'llaymiz:

$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2 \cdot AD \cdot AE \cdot \cos A$$

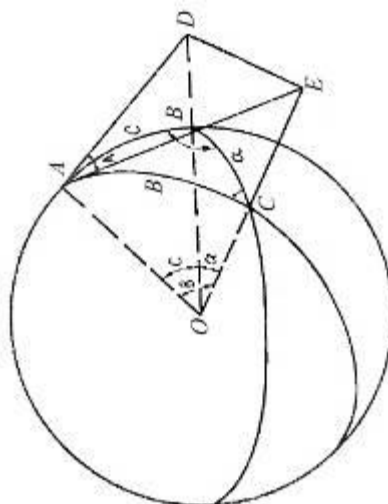
$$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2 \cdot OD \cdot OE \cdot \cos A$$

Bularni o'zaro tenglab, quyidagi holga keltiramiz.

$$2OD \cdot OE \cos A = (OD^2 - AD^2) + (OE^2 - AE^2) + 2AD \cdot AE \cos A \quad (2.2)$$

Qavs ichidagi ifodalar r^2 ga tengligi va (A) ni hisobga olsak,

$$2 \frac{r}{\cos c} \frac{r}{\cos b} \cos a = r^2 + r^2 + 2z \operatorname{tg} c \cdot z \operatorname{tg} b \cdot \cos A$$



2.1-rasm. Sferik uchburchak ABC

Bundan

$$\cos a = \cos c \cdot \cos b + \sin c \cdot \sin b \cdot \cos A$$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

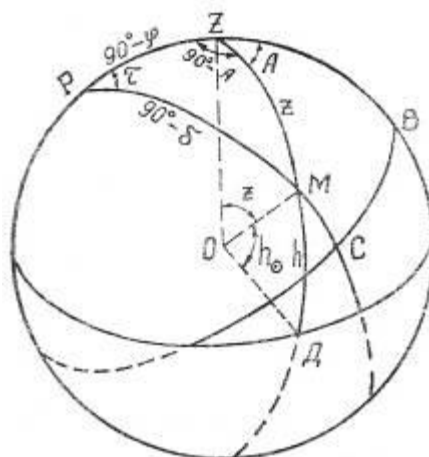
Xuddi shunga o'xshash b va c tomonlar uchun

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

(2.3)

Qutb P , zenit Z va yulduz M (quyosh) lardan tashkil topgan uchburchak PZM ga (2.2-rasm) astronomik yoki paralatik uchburchak deb ataladi. Bu uchburchak tomonlari $ZM = Z$, $PZ = 90^\circ - \varphi$ va $PM = 90^\circ - \delta$ ga tengdir.



2.2-rasm. Astronomik uchburchak PZM.

Qutbdagi burchak $\angle ZPM = Z$ vaqt burchagi va zenitdagisi $PZM = 90^\circ - A$ ga tengdir, bunda A - azimut burchagi. Bu astronomik uchburchak uchun formula (2.3) ni qo'llab, quyosh balandligini hisoblash uchun quyidagi ifodani keltirib chiqarish mumkin:

$$\begin{aligned}\cos z &= \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \varphi) \sin(90^\circ - \delta) \cos \tau = \\ &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau\end{aligned}$$

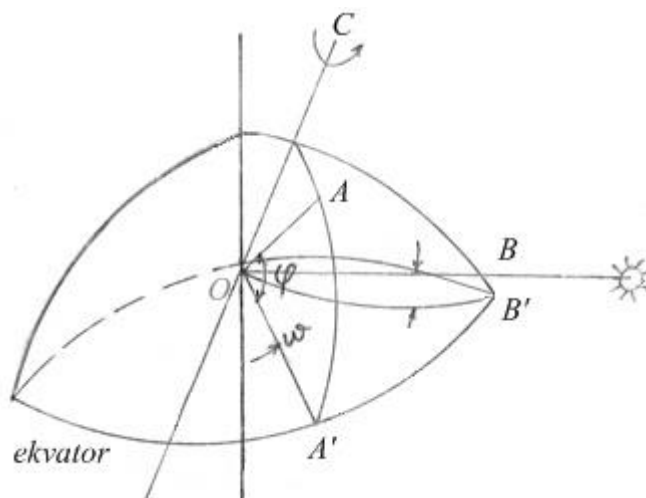
Lekin

$$\cos z = \sin(90^\circ - h) = \sin h$$

bo'lgani uchun

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (2.4)$$

Sferik koordinat sistemasiga nisbatan $A_{(\cdot)}$ va φ , δ , ω larning joylashishi quyidagicha bo'ladi (2.3-rasm).



2.3-rasm. Sferik koordinatada $A_{(\cdot)}$, φ , δ va ω larning joylashishi.

bu yerda ω -soat burchagi. Ekvatorial tekislikka SA ning proyeksiyasi quyosh va yer markazini birlashtirish orqali aniqlanadi. $\omega = 0$ bo'lganda quyosh yarim kunda bo'ladi. Ekvator tekisligida 1 soat 15° ga teng bo'ladi. Quyoshning og'ish burchagi δ , quyosh va yerning markazini birlashtirish natijasida hosil bo'lgan chiziqni ekvator tekisligida proyeksiyasidan hosil bo'ladi. Quyoshning og'ish burchagi δ yil davomida o'zgarib turadi.

Quyosh radiatsiyasining eng katta qiymati 21 iyunda ($\delta = +23^\circ 27'$) eng kichik qiymati esa 21 dekabrda ($\delta = -23^\circ 27'$) erishadi. Yerga yoki biror boshqa sirtga tushgan quyosh nurining bir qismi qaytadi. Sirtan qaytgan radiatsiya oqimi R ning unga tushgan oqim Q ga bo'lgan nisbati shu **sirt albedosi** deb ataladi va $\rho = R/Q$ bilan ifodalanadi.

Masalan, qora baxmal uchun albedo 0,5 %, quruq qum uchun 15-35 %, oq kafel – 75 %, ko'zgu - 85-88 %, alyuminiy - 85-90 % va po'lat albedosi 50-60 % ga tengdir.

Quyosh nuri oqimi radiatsiyasi hamda nur tushgan sirt yoki muhitning radiatsion xossalarni o'rganuvchi meteorologiya bo'limiga **aktinometriya** deb yuritiladi.

To'g'ri quyosh radiatsiyasi aktinometr bilan, sochilgan va yig'indi radiatsiyalari esa pironometrlar bilan o'lchanadi. Qarshi shahrining 1 m² sirtiga yil davomida tushayotgan quyosh nuri energiyasi taxminan 2600-2800 kVt soatni tashkil etadi. Butun O'zbekiston Respublikasi territoriyasiga esa 995 10¹² kVt.soat quyosh energiyasi to'g'ri kelib, u 1995-yil respublikamizda ishlab chiqarilgan barcha energiyadan qariyb 2500 marta ko'pdir. Albatta, har bir kvadrat metr yuzaga bir kunda tushayotgan quyosh radiatsiyasi miqdori joyning geografik kengligiga, uning quyosh nuriga nisbatan og'ish burchagi va oriyentatsiyasiga bog'liqdir. Shunga asosan quyoshning og'ish burchagi

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right), n = 1, 2, 3$$

Quyoshning balandlik burchagi α - gorizont tekislik bilan quyosh nurlari va ularning proyeksiyalari orasidagi burchakdir.

$$\alpha = z + 90^\circ.$$

Quyoshning azimuti α -gorizont tekislik bilan quyosh nurlari proyeksiyasining janubiy yo'nalish bilan tashkil etgan burchagidir.

Asosiy qo'shimchalar orasidagi bog'lanishlar quyidagicha bo'ladi.

1. Zenit burchak:

$$\cos z = \cos \tau \cos \varphi \cos \delta + \sin \varphi \sin \delta \quad (2.5)$$

2. Quyoshning balandlik burchagi - α :

$$\alpha = 90^\circ - Z$$

Shuning uchun $\sin \alpha = \cos Z$.

3. Quyosh azimuti a

$$\sin a = \sec \alpha \cdot \cos \delta \cdot \sin \tau \quad (2.6)$$

Quyoshning yarim [r₅₀] kunida $a = 0$ bo'lsa $\varphi > \delta$, $a = \pi$ bo'lsa $\varphi < \delta$ bo'ladi.

Quyosh yarim kuni $\tau = 0$ bo'lganida maksimal balandlik burchagiga erishadi, ya'ni

$$\alpha_{\max} = \frac{\pi}{2} - |\varphi - \delta|$$

φ ning qiymati shimoliy yarim sharda (+), janubiy yarim sharda (-) bilan olinadi.

δ - yoz faslida $\oplus$ (shuningdek bahordan toki kuzgi teng kunlikgacha).

δ - boshqa oylarda (-).

r - burchak 0-180° gacha yarim tungacha;

Agar $\tau < 90^\circ$ bo'lsa $\oplus$ bo'ladi.

$\tau > 90^\circ$ bo'lsa - bo'ladi.

Quyosh azimuti a (0-180°) da o'zgaradi.

Quyosh nurlarining i tushish burchagi azimut burchagi α_n va gorizontga nisbatan qiyalik burchagi β orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$\cos i = \sin \beta [\cos \delta (\sin \varphi \cos \alpha_n \cos \tau + \sin \alpha_n \sin \tau) - \sin \delta \cos \varphi \cos \alpha_n] + [\cos \delta \cos \varphi \cos \tau + \sin \delta \sin \varphi] \cos \beta$$

Bu yerda φ - joyning geografik kengligi; δ - quyoshning og'ish burchagi; τ - quyosh soat burchagi.

Quyosh nurlarining gorizont tekislikka tushish burchagi i ($\beta=0$) da

$$\cos i = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \tau + \sin \delta \sin \varphi$$

ga teng bo'ladi.

Quyosh nurlarining tik yuzaga tushish burchagi i ($\beta=90^\circ$) da

$$\cos i = \cos \delta (\sin \delta \cdot \cos \alpha_n \cos \tau + \sin \alpha_n \cdot \sin \tau) - \sin \delta \cos \varphi \cdot \cos \alpha_n \quad (2.7)$$

ga teng bo'ladi. Quyosh qurilmasi janubiy yo'nalishda joylashgan bo'lsa

$$\cos i = \sin(\varphi - \beta) \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (2.8)$$

ga teng bo'ladi.

Quyosh nurlarining maksimal o'tishini ta'minlash uchun quyosh qurilmalari optimal burchak bilan qiya holda joylashadi. O'rtacha bir oyda qiya holda joylashtirilgan kollektorga tushadigan quyosh energiyasining miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$Q_{o'rt}^{oy} = kQ \quad (2.9)$$

Bu yerda $Q_{o'rt}^{oy}$ - o'rtacha bir oy davomida gorizont tekislikka tushadigan quyosh energiyasining miqdori, ($MJ/m^2 \cdot kun$) da o'lchanadi; Q - o'rtacha bir oy davomida qiya tekislikka tushadigan quyosh energiyasining miqdori.

$$R = \frac{Q}{Q_p \cdot h} \quad (2.10)$$

Geografik kengligi $\alpha = 50^\circ C$ bo'lgan joy uchun quyosh kollektori gorizont joylashganda o'rtacha bir oyda tushadigan quyosh energiyasining yig'indi miqdorini hisoblash ko'effitsiyenti mavjud bo'lib, bu ko'effitsiyent quyosh energiyasining 30° dan 90° gacha burchak ostida joylashtirilgan qurilmalar (kollektorlar) uchun xizmat qiladi.

Agar kollektorning azimuti $\alpha_k = \pm 15^\circ$ bo'lganda janubiy yo'nalishda nisbatan boshqa yo'nalishlarga quyosh energiyasi miqdori 2 foiz kam bo'ladi. Agar $\alpha_k = \pm 40^\circ$ bo'lsa, bu miqdor 13 % ni tashkil etadi. Shunga asosan o'rtacha oylik quyosh energiyasini gorizontga nisbatan olingan qiymati janubiy yo'nalishda quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$k = \left(1 - \frac{Q_{cor}}{Q}\right) K_n + \frac{Q_{cor}}{Q} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (2.11)$$

ρ - sochilish ko'effitsiyenti (albedo) $\rho = +0,7$ qishda, $\rho = 0,2$ yozda; β - kollektorning gorizontga nisbatan qiyalik burchagi.

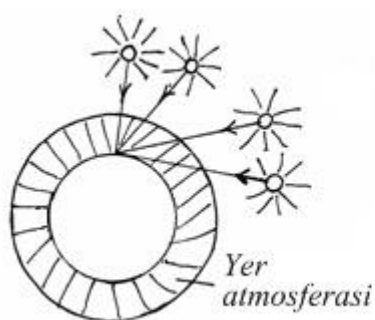
Yil davomida $1 m^2$ yer sirtiga tushayotgan yig'indi radiatsiya miqdori 2500 mln. joul dan (shimolda) 6280 mln. joul gacha (Markaziy Osiyoda) o'zgaradi. Bu energiyadan foydalanib issiq suv olish, korxona va xonadonlarni isitish, suv qaynatish, ovqat pishirish, qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritish, temir beton buyumlarini bug'latish, sho'r suvni chuchitish, xo'jaliklarni elektr bilan ta'minlash, quyosh issiqxonalari qurish kabi qator vazifalarni amalga oshirish mumkin.

2.2-§. Quyosh nurlarining spektri

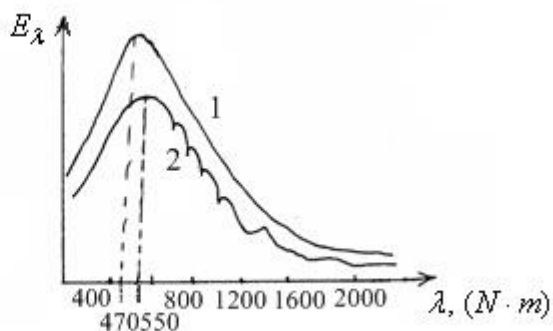
Yer yuzida hayotni ta'minlovchi eng kuchli issiqlik nurlanish manbai quyoshdir.

Yer atmosferasi chegarasidagi yuza birligiga to'g'ri keluvchi quyosh radiatsiyasining oqimi 1350 Vt/m^2 ($1,932 \text{ kal/sm}^2 \cdot \text{min}$) ni tashkil etadi. Bu kattalik **quyosh doimiysi** deyiladi. Atmosferada radiatsiyaning zaiflanishi uning spektral tarkibining o'zgarishiga bog'liq. 2.4-rasmda quyosh turishi eng yuqori bo'lgan holda quyosh nurlanishining yer atmosferasi chegarasidagi (1) va yer yuzasidagi (2) spektri ko'rsatilgan.

Atmosferada radiatsiyaning zaiflanishi uning spektral tarkibining o'zgarishi bilan amalga oshadi. Gorizontga nisbatan quyosh turgan balandlikka ko'ra atmosferada quyosh nurlarining yurgan yo'li ancha katta, maksimal farqlanishi 30 martaga teng chegara ichida o'zgaradi. (2.5 rasm)

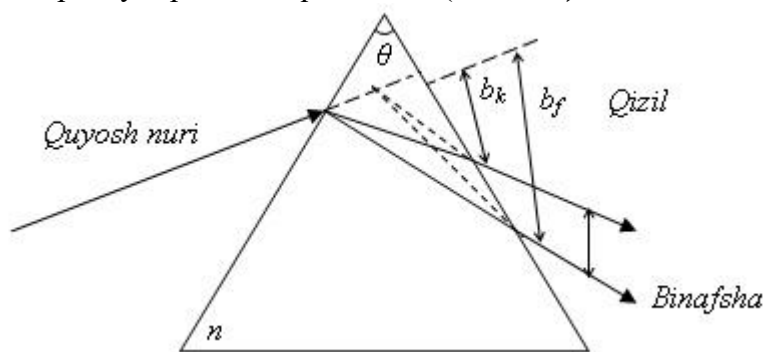


2.4-rasm.



2.5-rasm.

2.5-rasmda egri chiziq 1-absolyut qora jismning spektriga yaqin, uning maksimumi 470 nm to‘lqin uzunligiga mos, bu Vin qonuniga asosan quyosh sirtidagi temperaturani aniqlashga imkon beradi - u 6100 K ga teng. 2-egri chiziq bir necha yutish chiziqlariga ega, uning maksimumi 555 nm yaqinida joylashgan. Quyoshdan to‘g‘ri keluvchi radiatsiya intensivligi aktenometr yordamida o‘lchanadi. Aktenometrning ishlash prinsipi quyosh radiatsiyasi ta‘sirida qoraytirilgan jism sirtlarining isib ketishidan foydalanishga asoslangan. Quyosh nuri spektrini aniqlash ham nur tushayotgan muhit sindirish ko‘rsatkichining qiymatlariga asosan aniqlanadi. Muhitning (yoki atmosferaning) sindirish ko‘rsatkichi yorug‘lik to‘lqin uzunligi (yoki chastotasi)ga bog‘liqdir, chunki turli uzunlikdagi to‘lqinlar ayni shu muhitda turli tezliklar bilan tarqaladi. Shuning uchun bir muhitning o‘zi turli monoxromatik nurlarni turlicha sindiradi. Muhit sindirish ko‘rsatkichining yorug‘lik to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi *yorug‘likning dispersiyasi* deyiladi (*dispersiya* lotincha *sochilish* ma‘nosini bildiradi). Boshqacha aytganda, quyosh nurlarining dispersiyasi deb, yorug‘likning sinishida, interferensiya yoki difraksiyasida spektrga ajralishiga aytiladi. Yorug‘lik to‘lqin uzunligi kamayishi bilan sindirish ko‘rsatkichi ortsa, dispersiya *normal dispersiya* deyiladi, aks holda *anomal dispersiya* deb yuritiladi. Rangsiz shaffof muhitlar (ya‘ni yorug‘likni kam yutuvchi muhitlar) normal dispersiya xususiyatiga ega (binafsha nurlarni (qisqa to‘lqinli) eng kuchli sindiradi). Rangli muhitlarda anomal dispersiya bo‘lishi mumkin, dispersiya tufayli quyosh nuri (oq nur) sindiruvchi muhitdan o‘tganida turli monoxromatik nurlarga ajraladi. Ekranga tushgan bu nurlar dispersiya spektri - turli rangli yo‘llar (polosalar) to‘plamini hosil qiladi. Quyosh nuri ponasimon shakldagi modda, masalan prizmada singanida dispersiya spektri aniq ko‘rinadi (2.6-rasm).



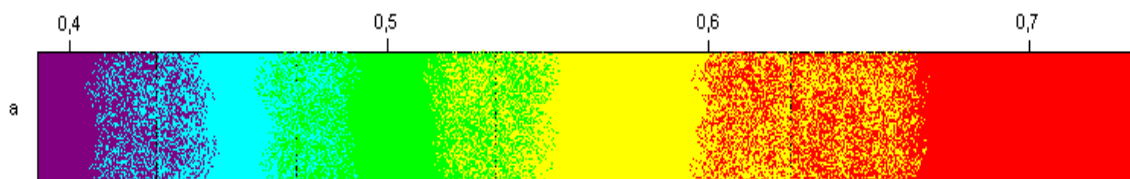
2.6-rasm

2.6-rasmda quyosh nurining shisha prizmadagi dispersiyasi ko‘rsatilgan. Shisha normal diispersiyaga ega bo‘lgani uchun binafsha rangdagi nurning, qizil nurning og‘ish burchagidan katta bo‘ladi. Dispersiya spektrining chekka ranglariga mos keluvchi nurlar orasidagi D burchak dispersiya burchagi deyiladi: spektrning kengligi bu burchakka bog‘liq bo‘ladi va

$$\delta = (n-1)\theta \quad (2.12)$$

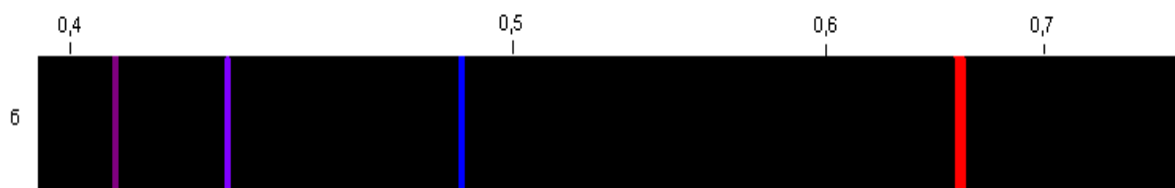
formula bilan aniqlanadi. Spektrlarning tashqi ko‘rinishi yorug‘lik manbaining xossalriga bog‘liq ravishda g‘oyat turlicha bo‘lishi mumkin. 3 ta asosiy spektr turlari bor: tutash spektrlar,

chiziqli spektr va yo‘l-yo‘l spektrlar. Tutash spektrlarda barcha ranglar (to‘lqin uzunliklar) bo‘ladi, shu bilan birga bir rangdan ikkinchisiga o‘tish asta sekin (uzluksiz) bo‘ladi (2.7- a rasm).



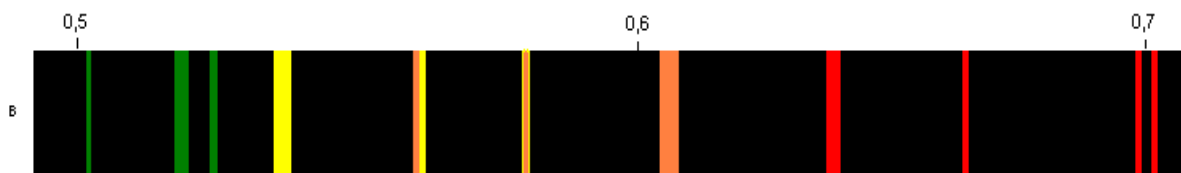
(2.7- a rasm)

Chiziqli spektr bir-biridan keng qora oraliqlar bilan ajralgan qator aniq chegaralangan rangli chiziqdan iboratdir (2.7-b rasm)



(2.7-b rasm)

Har bir chiziqqa bitta aniq yorug‘lik to‘lqin uzunligi mos keladi. Yo‘l-yo‘l spektr alohida guruh bo‘lib joylashgan ko‘p sonli chiziqlardan tuzilgan. Bu guruhlarining har biridagi chiziqlar bir-biriga shuncha yaqin joylashganki, ajrata olish qobiliyati kichik bo‘lgan asbordan kuzatilganda, butun guruh alohida polosa bo‘lib ko‘rinadi (2.7-d rasm).



(2.7-d rasm)

Shunday qilib, har bir yo‘lga yorug‘lik to‘lqinlari uzunligining biror intervali to‘g‘ri keladi.

Chiziqli spektrlarni bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashishdan uyg‘ongan alohida atomlar chiqaradi. Bunga bog‘langan elektronlarning yanada quyi energetik sathlar (orbitalar) ga o‘tishi sabab bo‘ladi.

Yo‘l-yo‘l spektrlarni uyg‘ongan alohida molekullar chiqaradi.

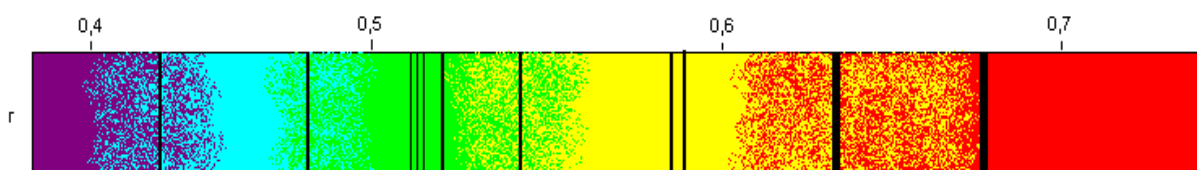
Atomlarda elektronning o‘tishlaridagi kabi molekullarda atomlarning tebranma harakatlaridan ham nurlanish yuzaga keladi.

Tutash spektrlarni ko‘plab o‘zaro ta’sir qiluvchi molekulyar va atom ionlarining to‘plamlari chiqaradi. Bunda zarralarning yuqori toifalari tufayli bo‘ladigan xaotik (tebranma va aylanma) harakati asosiy rol oynaydi. Demak, cho‘g‘langan qattiq va suyuq jismlar va siqilgan gazlarning nurlanish spektrlari tutash spektrlar bo‘lishi yuqorida aytilganlaridan kelib chiqadi. Siyraklangan gazlar (atomlari va molekullari, masalan, qizdirish yoki elektr razryadi bilan qo‘zg‘atilgan gazlar) uchun chiziqli va yo‘l-yo‘l spektrlar xarakterlidir. Shu bilan birga, ko‘p atomli molekullardan tarkib topgan gazlar (kislorod, karbonot angidrid gazi, suv bug‘i va shunga o‘xshashlar) yo‘l-yo‘l spektr, bir atomli gazlar esa (inert gazlar, metal bug‘lari, dissotsiatsiyalangan ko‘p atomli gazlar) chiziqli spektr beradi.

Har bir (siyraklangan gaz yoki bug‘ holatida bo‘lgan) kimyoviy elementning butunlay o‘ziga xarakterli bo‘lgan (spektr chiziqlarining soni, ularning rangi va o‘zaro joylashishi bo‘yicha) nurlanish spektri bo‘ladi. Moddalarning kimyoviy tarkibini aniqlashning spektral metodi (spektral analiz) shunga asoslangan.

Agar tutash spektr beruvchi manbaidan chiqqan spektr dastlab siyraklangan gaz (yoki bug‘) orqali o‘tkazilgan bo‘lsa, bu spektrda shu gazning nurlanish spektri chiziqlari (yoki yo‘llar) paydo bo‘ladi. Bunday tur spektr *yutilish spektri* deb ataladi, uning paydo bo‘lishicha Kirxgof qonuniga muvofiq, gazlarning spektrda o‘zlari qanday chiziqlarni nurlasa xuddi shu chiziqlarni yutishi sabab bo‘ladi.

Quyosh atmosferasi (fotosfera) ning yutish spektri ana shunday yutilish spektriga misol bo‘ladi. Quyoshning tutash nurlanish spektrida qora yutilish chiziqlari ravshan ko‘rinib turadi (2.7 e-rasm), bu chiziqlar *Fraunhofer chiziqlari* deyiladi.



(2.7 e-rasm)

Spektrlarni o‘rganish atomlar va molekulalarda bo‘layotgan jarayonlarni aniqlash, moddalar strukturasini bilishda juda katta ahamiyatga egadir.

2.3-§. Quyosh energiyasining fizik asoslari

Mexanik energiya ko‘p turli energiyalarning bir turidir. Hozirgi vaqtda mexanik energiyadan tashqari kimyoviy, elektromagnit (jumladan nur energiya) yadroviy energiya va energiyaning boshqa turlari ma‘lum. Tabiatda va texnikada energiya hamma vaqt bir turdan ikkinchi turga aylanib turadi. Energiya bir turdan ikkinchi turga o‘tib turadigan jarayonlarga quyidagicha misollar keltirilishi mumkin.

Jarayon yoki asboblari	Energiyaning aylanishida asosiy tur	Aylanadigan tur
Elektr mashina generatori	Mexanik	Elektr
Galvanik element	Kimyoviy	Elektr
Elektro dvigatel	Elektr	Mexanik
Akkumulyatorni zaryadlash	Elektr	Kimyoviy
Foto sintez	Elektromagnit	Kimyoviy
Fotoeffekt	Elektromagnit	Elektr
Yadro reaktori	Yadroviy	Mexanik va elektromagnit va hk.

Bundan tashqari bu aylanish jarayonida molekulalarning uzluksiz va tartibsiz harakati energiyaga (ichki energiyaga) aylanishini ham nazarda tutish lozim. Sistemaning to‘liq energiyasi W sistemaga tegishli barcha tur energiyalarining yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, izolyatsiyalangan sistemada energiyaning qanday turdagi aylanishlari bo‘lmasin, izolyatsiyalangan sistemaning to‘liq energiyasi kattaligi o‘zgarmaydi: $W=const$.

Bunda energiya yaratilmaydi ham, yo‘q bo‘lmaydi ham, energiya bir turdan ikkinchi turga aylanishi mumkin. Bu qoida energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonunining eng umumiy ifodalanishidir yoki izolyatsiyalanmagan sistema energiyasi W ning o‘zgarishi sistema bajargan A ishga tengdir: $\Delta W = -A$.

Agar ish sistemasining o‘zining ichki kuchlari hisobiga bajarilsa $A > 0$, sistemaning energiyasi kamayadi. Agar sistema ishni tashqi kuchlar ustida bajarsa, u holda $A < 0$ va sistemaning energiyasi ortadi.

Energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonuni g‘oyasi 1748-yilda M.V.Lomonosovning materiya va harakatning saqlanish qonunida ifodalanagan.

Energiyaning aylanish qonuni:

- Mexanik va issiqlik jarayonlari (Devi-1800 yil, Karno-1824 yil, Yakobi-1834 yil);
- Ximiyaviy va elektr jarayonlari (Volta-1799 yil);
- Mexanik va elektr jarayonlari (Faradey-1831 yil, Lens-1883 yil);
- Issiqlik va elektro jarayonlari (Pelte-1844 yil, Joul-1841 yil, Lens-1842 yil) hamda (1842-1845 yillar), Gelmgols (1847-yil) larning umumlashtiruvchi tadqiqotlari tufayli energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanishining umumiy qonuni yaratildi. Bu qonunning to‘la-to‘kis ifodasini 1860-yilda Kelvin yakunladi, u “Tabiat kuchi” termini o‘rniga “energiya” terminini kiritdi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning mutlaqo istisnosiz eng umumiy qonunidir.

Biroq bu qonun eng umumiy bo‘lgani uchun ham uning umumiy nazariy isboti yo‘q va faqat xususiy hollar uchun birinchi turdagi abadiy dvigatelni yasash mumkin emasligi energiyaning saqlanish qonunining asoslanishiga olib keldi. Masalan, dastlab tinch turgan m massali sharchaning H balandlikdan yerga tushishda energiyaning saqlanish va aylanish qonunini xususiy isbotini ko‘raylik.

Bu misolda jism - yer sistemasini izolyatsiyalangan sistema deb olishi mumkin. Bu sistemaning to‘liq energiyasi W har qanday hollarda ham yerga tortish potensial energiyasi W_n va jismning kinetik energiyasi W_k ning yig‘indisidan iboratdir.

Boshlang‘ich 1-holatda $W_n = mgH$ va $W_{kj} + W_{ky} = 0$. Shuning uchun

$$W = W_n + W_{kj} + W_{ky} = mgH \quad (2.13)$$

Jismning tushishi jarayonida sistemaning potensial energiyasi kamayib jismning kinetik energiyasiga oshadi. Shu sababli, sistemaning 2-holati uchun quyidagini yozish mumkin:

$$W_n = mg(h - \Delta h) \quad (2.14)$$

$$W_{kj} = \frac{m \vartheta_j^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot 2g(H - h) = mg(H - h) \quad (2.15)$$

$$W_{ky} = \frac{M \vartheta_y^2}{2} = \frac{M}{2} \cdot 2a\Delta h \quad (2.16)$$

Bu yerda Δh - Yerning siljishi, a - shu siljishdagi tezlanish, M - Yerning massasi, ϑ_j, ϑ_y - jism va yerning harakat tezligi. $a / g = m / M$ bo‘lgani uchun $a = mg / M$. U holda

$$W_{ky} = \frac{M}{2} \cdot 2 \frac{mg}{M} \Delta h = mg\Delta h \quad (2.17)$$

Shuning uchun

$$W_2 = mgH \quad (2.18)$$

Demak $W_1 = W_2$, ya’ni sistemaning 1-holatdagi va 2-holatdagi to‘liq energiyasi bir xil ekan. Bu esa energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanishi qonunga mos keladi.

Yer yuzasida birinchi energoresurslarga talab juda katta bo‘lib, u $78 \cdot 10^{12}$ kVt soat yoki 78 trillion kVt soatga teng. 221

Bular quyidagi energiya manbalari hisobida qondiriladi:

- organik yoqilg'ilar;
- suv va atom energetikasi;
- quyosh shamol, dengiz suvi ko'tarilishi, geotermal energiya.

Issiqlikning mexanik ekvivalentiga asosan 1 kJ energiya olish uchun 1 kJ mexanik yoki elektr energiya yetarlidir. Ammo 1 kJ mexanik yoki elektr energiya olish uchun 1kJ dan ortiq issiqlik energiyasi talab etiladi. Hozirgi vaqtda 140-150 *trillion kVt soatga* teng energiyaga ehtiyoj sezilmoqda.

Issiqlik elektrostansiyalarida (IES) yoqilg'ining yongandagi issiqlik energiyasi bug' trubinasini (bug' trubinasida bug'ning boshlang'ich temperaturasi 550-540 °C) harakatga keltirib, mexanik energiyaga aylanadi. O'z navbatida mexanik energiya elektrogeneratorni harakatga keltirib, elektr energiyaga aylanadi. Hozirgi IES larning quvvati 1 Mln 200 ming kVt, FIK - 40-60 % atrofida bo'ladi. Sovuq IES 300 K = 27 °C temperaturada 1 J issiqlik energiya 0,25 J mexanik energiyasini hosil qiladi. Agar yongan yoqilg'ini temperaturasi 1000 K=727 °C bo'lsa, u holda 1 J issiqlik energiyadan 0,7 J mexanik energiya olish mumkin. Hozirgi issiqlik elektrostansiyalarda bug'ning boshlang'ich temperaturasi 540 °C = 813 K. Keyingi yillarda IES qurilishi iqtisodiy samarali bo'lmoqda. IESlarda FIK 60-70 ga yaqinlashmoqda.

GES larning umumiy quvvati 1015 kVt soat yil, 1000 *trillion kVt soat*. Bu miqdor 300 *mlrd.t* shartli yoqilg'i yonganda olinadigan miqdorga tengdir.

Buyuk allomalar Abu Rayhon Beruniy va Mirzo Ulug'beklar tabiat qonuniyatlari sirlarini o'rganib barcha borliqdagi jismlar yo'qolmaydi, faqat bir ko'rinishdan boshqa ko'rinishga aylanib turishini o'z ilmiy asarlarda ta'kidlab o'tganlar. Masalan, yulduzlardagi harakat ularni joy o'zgarishi bilan bog'lab energiyaning saqlanishi va aylanishga doir fikr mulohazalarini o'z asarlarida bayon etganlar. Bu borada mutafakkir olim Mirzo Ulug'bek o'zining "Ziji Ko'ragoniy" asarida energiya saqlanishini yulduzlar olami bilan mukammal yoritib bergan.

2.4-§. Quyosh – yerdagi hayot manbai: Quyosh energiyasining joyning geografik kengligiga bog'liqligi. Fotosintez, atmosferada konveksiya. Quyosh energiyasi va ekologiya masalalari

Quyosh yerdagi hayotning asosiy manbaidir. Quyosh nurlari ta'sirida fotosintez jarayoni ro'y beradi.

Teplitsa va parniklardagi o'simliklarga quyosh va elektr lampalarining nuri ta'sirida ham fotosintez hodisasi amalga oshadi.

Fotosintez jarayonida quyosh energiyasining bir qismi kimyoviy energiyaga aylanadi. Shuningdek, yerdagi organik yoqilg'ilar (ko'mir, neft, torf va boshqalar) ham quyosh ta'sirida fotosintez tufayli paydo bo'lgandir. Quyosh nuri ta'sirida atmosferada suv bug'lari aylanishi hosil bo'ladi va ulkan daryolar oqimini yuzaga keltiradi hamda gidroelektrostansiyalarda elektr energiyani olishni ta'minlaydi. Quyida quyosh va uning energiyasi haqida qisqacha ma'lumotni keltiramiz.

Quyosh sirtida temperatura 6000 K, markazida esa 20 mln gradusni tashkil etadi. Quyoshdan yergacha bo'lgan masofa 150 mln kilometr bo'lib, uning diametri yer diametridan 109 marta katta va massasi esa $2 \cdot 10^{33}$ ga teng. Quyoshning quvvati $3,83 \cdot 10^{23}$ kVt bo'lib, yerga har sekundda $91 \cdot 10^{24}$ *kall* energiya sochadi. Shuning uchun quyoshning massasi har sekundda $4 \cdot 10^6$ t ga o'zgarib turadi. Quyosh har bir sekundda sochadigan nurli energiyasi $91 \cdot 10^{14}$ t neft to'liq yonganida ajratiladigan energiyaga tengdir.

Bunday katta energiya quyosh markazida, to'rtta vodorod yadrosidan geliy yadrosi hosil bo'lishdan iborat termoyadro reaksiyasi natijasida sodir bo'ladi, chunki quyoshda termoyadro jarayoni amalga oshishi uchun hamma sharoitlar mavjud, birinchidan hamma moddalar plazma holatida, ikkinchidan temperaturasi yadrolarni birlashtirish uchun yetarlidir. Aniqlanishicha, quyosh tarkibining 5% ini vodorod tashkil etadi.

Termoyadro reaksiyasi davomida massa deffekti (ortiqcha massa) natijasida quyoshdan juda katta energiya ajralib chiqadi. Shu energiyadan $2,5 \cdot 10^{18}$ *kall/min* qismi yerga yetib keladi, undan 40 foizi atmosferada va kosmik fazoda sochiladi, 16 foizi esa yutiladi.

Quyosh radiatsiyasi intensivligining atmosfera tashqarisidagi kattaligi **quyosh doimiyligi** deyiladi. Quyosh doimiyligi o'rtacha $1,4 \text{ kv/kv.m.ga}$ teng. Atmosferaning yuqori qatlamidagi quyosh energiyasi o'rta hisobda minutga 1 m^3 suvni 2°C gacha isitish quvvatiga ega. Yer sirtiga tushadigan quyosh nurlari o'zining intensivligi bilan xarakterlanadi va ikki qismdan iborat bo'ladi:

1. Quyosh nurlariga nisbatan perpendikular joylashgan tiniq yuzaga tushadigan to'g'ri radiatsiya.

2. Atmosfera, bulut va atrof muhit va boshqalardan sochilgan radiatsiya.

Odatda quyosh nurlarining to'g'ri radiatsiyasi $Q_{\perp}$ va sochilgan nurlarining radiatsiyasi Q^c bilan belgilanadi. To'g'ri va sochilgan nurlar radiatsiyasining yig'indisi ΣQ bilan belgilanadi.

2.1-jadvalda perpendikulyar yuzaga tushadigan to'g'ri quyosh nurlari radiatsiyasi qiymatlari keltirilgan (Qarshi shahar kengligi $38^\circ 50'$).

Perpendikulyar yuzaga tushadigan to'g'ri quyosh radiatsiyasining intensivligi kJ/m^2 soat larda berilgan.

2.1-jadval

Oylar	Soatlar						
	12	11-13	10-14	9-15	8-16	7-17	6-18
Yanvar Dekabr	3016,8	2624,0	2639,7	2304,5	1340,8	-	-
Fevral Noyabr	3163,5	3100,0	2933,0	2560,0	1927,4	-	-
Mart, Oktabr	3310,0	3268,2	3079,5	2850,0	2744,5	1361,8	-
Aprel Sentabr	3394,0	3331,0	3226,5	3100,0	2765,4	2304,5	754,4
May, Avgust	3352,0	3381,0				1466,5	890,2
Iyun, Iyul	3310,0	3268,2	3120,5	3105,0	2854,0	2460,0	1880,2

Aprel oyida 1 m^2 perpendikulyar yuzaga kun davomida 344000 *kJ* energiya tushadi, bu esa 1,2 *kg* shartli yoqilg'i yonganda ajraladigan issiqlikka teng. Agar 1 *ga* yuzaga tushadigan energiyani hisoblasak, 1200 *kg* shartli yoqilg'iga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, mamlakatimizning janubida quyosh energiyasidan amaliy maqsadlar uchun foydalanishni asosan quyidagi yo'nalishlar bo'yicha amalga oshirish maqsadga muvofiq:

1. Quyosh energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish.
2. Quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish.
3. Fotosintez.

Bizga ma'lumki, quyosh energiyasidan ratsional foydalanish usullaridan biri - quyosh nuri energiyasini yarim o'tkazgichli fotobatareyalar yordamida elektr energiyasiga aylantirishdir.

Quyosh fotoenergetikasining rivojlanishi bahosi juda arzon va foydali ish koeffitsiyenti katta bo'lgan yarim o'tkazgichli quyosh batareyalar ishlab chiqarish bilan bog'liqdir. Hozirgi vaqtda foydali ish koeffitsiyenti 10-12% bo'lgan *p-n* o'tishli kremniyli fotoelementlar ko'plab ishlab chiqarilmoqda. Bunday fotoelementlar yordamida quyosh nurini elektr energiyasiga aylantiruvchi samarali qurimlar tayyorlanib, ulardan turli maqsadlarda foydalanilmoqda. Quyosh batareyalarida kremniydan yasalgan fotoelementlar alohida o'rin tutadi. Quyosh fotoelementlarining FIK 15-26% gacha ko'tarildi.

Arsened galliy, fosfid galliy, sulfid va tellurid kadmiy asosida quyosh energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantiradigan yangi fotoelementlari joriy qilindi.

Hozirgi kunda P-Al_xCeO_{1-x}-PCaAS-pCaAS sistema asosida olingan getero fotoelementlar yuqori temperaturalarda (100-200)°C va 2000 karra yoritilganlikda ham samarali ishlaydi. Bunday fotoelementlarning 1sm² yuzasidan 2500 karra yig'ilgan quyosh nurida 20-30 Vt elektr quvvati olish mumkin. Yarim o'tkazgichlar asosida yorug'lik energiyasini rivojlantirishda yorug'likni nisbatan kichik yuzaga to'plovchi botiq ko'zguli (konstruktor) moslamalar muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday asboblarda yuzasi quyosh nurini qaytaruvchi metall pardasi bilan qoplangan yengil metallardan yoki shishadan ishlangan botiq ko'zgudan iboratdir. Mamlakatimizda ko'zguli quyosh qurilmalari yordamida elektr energiyasi olish ustida katta ishlar olib borilmoqda.

Jumladan, ulkan quyosh batareyalari yordamida ishlaydigan quyosh elektrostansiyalari qurish loyihalari ishlab chiqarilmoqda. Quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish va undan uylarni isitish va sovitish, issiq suv olish, gelioquritgichlar, issiqxonalar va parniklarni isitishda foydalanish borasida ham ko'pgina yutuqlar qo'lga kiritildi. Quyosh nuri bilan isitiladigan birinchi uy Fransiyada Myoz (Lotaringiya) departamentiga qarashli Ilovansi-le Shatlo qishlog'ida qurildi. Bu uyning janubga qarata qurilgan old devorli qora rangda bo'lgan to'rt qalin beton paneldan iborat, ularning old tarafiga joylashgan uch qatorli oyna tuynuklar issiqxona o'rnini o'taydi. Beton panellardan isitilishi kerak bo'lgan tarafida tuynukchalar bor.

Uy ichidagi issiq havo yuqoriga ko'tarilib, sovib borishi bilan tuynuklar orqali "issiqlikxona"ga o'tadi-da quyosh nuri ta'sirida isiydi. Bunda quyosh nur energiyasi issiqlik energiyasiga aylanib qish faslida uyni va issiqxonani isitadi.

Xuddi shu jarayon yozda teskari yo'nalishda sodir bo'lib, uylarni salqin tutib turishga yordam beradi. Quyosh isitgichlari ishlab chiqarilish va undan sanoatda keng foydalanish borasida ham samarali ishlar olib borilmoqda. Quyosh isitgichlarni ehtiyojga qarab turli hajmda ishlab chiqarish mumkin. Masalan: bir kishining issiq suvga bo'lgan ehtiyojini qondirish uchun yuzi bir yoki bir yarim kvadrat metr bo'lgan isitkich yetarlidir. O'zbekiston Fanlar Akademiyasi Fizika-texnika instituti tomonidan quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish borasidagi ishlar ishlab chiqarishga tadbir etilmoqda. Jumladan, ho'l mevalarni quritadigan quyosh quritgichlarini ishlab chiqib, sinovdan o'tkazilgan. U oyna solingan yog'och romdan tashkil topgan bo'lib, ichki tarafiga qora rangli, qalinligi yarim millimetr, to'lqinsimon metall listlar o'rnatiladi. Romning past tomoniga faner yoki taxta qoqiladi. Ventilyator yordamida romga quyosh nurlarida 60-80°C isigan havo hujayra meva joylashgan kameraga haydaladi, bu havo mevalarning namini olib, yana tashqariga yo'naladi. Ayni paytda issiqlik energiyasi yordamida bu akkumulyatorlar "zaryadlanib" oladi. Tunda va havo bulutli bo'lgan kunlarda bu issiqlikka aylanib, havoni konveksiyasi orqali issiqxonada normal issiqlik rejimini ta'minlaydi. Issiqxona va parniklarda quyosh energiyasining issiqlikka aylanishi natijasida organik yoqilg'i tejaladi. Bundan tashqari quyosh nurlarining o'simlik barglariga tushib, unga yutilib borish jarayoni fotosintez holatini yuzaga keltiradi. Bu jarayon



ko'rinishda amalga oshadi.

Bundan ko'rinadiki, quyosh nurlari bilan birga fotosintez jarayoni bajarilishi uchun karbonat anhidrid (CO₂) gazi ham bo'lishi o'simliklarda havo almashinuvini yaxshilaydi. Demak, quyosh energiyasidan ratsional foydalanish uchun qishloq xo'jaligida gelioqurilmalarni joriy etish muhim ahamiyatga ega bo'lib, bir qism xarajatlar va yoquv ashyolarini iqtisod qilishga olib keladi.

Quyosh energiyasi miqdoriy jihatdan katta bo'lishiga qaramay, undan texnik maqsadlar uchun foydalanish bir qancha noqulayliklar (qiyinchiliklar) tug'diradi.

Birinchiidan, quyosh nurlarining energiyasi yer sharining butun sathi bo'yicha sochiladi. Uni oshirish uchun konsentratorlar yordamida biror kichik yuzaga yig'ish zarur.

Ikkinchidan, quyosh ekliptika bo'yicha bir yil davomida ko'rinma harakat qiladi, natijada uning og'ish burchagi $\delta = -23^{\circ}27'$ dan $\delta = +23^{\circ}27'$ gacha o'zgaradi. Quyidagi 2.2-jadvalda uni oylar bo'yicha o'zgarishi keltirilgan:

2.2-jadval

Oylar	22.XII	15.I	19.II	22.III
δ_0	-23°27'	-21°30'	-11°39'	+0.037
Oylar	30.IV	16.V	15.VII	18.VIII
δ_0	+14°45'	+19°05'	+23°27'	13°08'

Shuni aytish kerakki, birinchidan og'ish burchagi o'zgarib turganligi sababli yer yuziga tushgan energiya miqdori ham o'zgarib turadi (2.2-jadval), ayniqsa geliouylar va gelioissiqxonalarni isitish mavsumi davomida kamayadi, ikkinchidan yoz oylari kunduzi uzoq bo'lganligi uchun, quyosh energiyasining tushish davri ko'p bo'ladi (yer sirti 9 soat davomida yoritilib turadi).

Qish oylari, quyoshning og'ish burchagi manfiy qiymatlarni olgani uchun uning balandligi ham kamayadi. Shu sababli, energiya ko'proq o'tishi uchun energiya qabul qiluvchi yuzalarning gorizontga nisbatan qiyaliklarni o'zgartirib turish kerak, ya'ni quyosh nurlariga nisbatan tik holatda keltirish zarur. Agar gelioqurilma tiniq yuzasining gorizontga nisbatan qiyaligini texnik sabablarga ko'ra o'zgartirish imkoni bo'lmasa, qish paytida ishlashga mo'ljallangan gelioqurilmalarda, masalan, geliouylar, gelioissiqxonalarining qiyalik burchaklari joyning geografik kengligiga qarab $\alpha=90-h$ qilib olinadi. Bu yerda $h=(90+\varphi)+\delta$ qiyalik burchagi katta bo'ladi.

Qarshi shahar geografik kengligi $\varphi=39^{\circ}$ da qish oylari uchun $\alpha_1=62$ ga teng bo'ladi va yoz oylari $\alpha_2=16$ ga teng bo'lishi kerak.

Yoz oylarida suv isitgichlarni, meva quritgichlarni, sho'r suvdan chuchuk suv olish qurilmalarining qiyalik burchaklari odatda kichik bo'ladi.

Quyosh energiyasidan foydalanishning uchinchi kamchiligi - uning ob-havo sharoitiga bog'liq bo'lishidir. Dastavval quyosh energiyasi miqdoriga atmosferaning tiniqligi ta'sir etadi.

Atmosfera tomonidan quyosh nurlarining yutilishi, sochilishi va qaytarilishini hisobga olsak, yer yuzasiga tushadigan qismini Q_m ga teng deb olamiz. Agar quyosh doimiysining (atmosfera chegarasidagi) miqdorini Q_0 desak, ular orasida quyidagicha bog'lanish mavjuddir:

$$Q_m = k^m Q_0$$

bunda, k – atmosferaning **tiniqlik koeffitsiyenti** deyiladi. m – quyosh nuri o'tadigan atmosfera massasi soni.

Ma'lumki, atmosferaning massa soni quyoshning gorizont bo'lgan balandligiga bog'liq, masalan, $\alpha=0$ bo'lganda (quyosh gorizontda $m=1$ ga teng bo'ladi. $\alpha=30^{\circ}$ bo'lsa $m=2$, $\alpha=90^{\circ}$ (quyosh zenitda) bo'lganda $m=35,4$ va hokazoni tashkil etadi.

Yer sirtidagi joylarda, geografik kengligi, iqlimi, joylashishi va boshqalariga qarab bulutli kunlar soni turli xil bo'ladi.

Bunda asosan ikki turli bulutli kunni hisobga oladilar:

- a) to'la bulutli kun;
- b) qisman (yarim) bulutli kun.

Organik yoquv ashyolar va ekologik masalalar

Hozirgi kunlarda organik yoquv ashyolardan (neft, ko'mir, tabiiy gazdan) foydalanishning yana bir salbiy tomoni mavjud. Bunga benzin, ko'mir va boshqalarni ko'plab yoqish natijasida yer atmosferasini ifloslanishi kiradi.

Atmosfera - yerning gazli qobig'i bo'lib, uning massasi $5,15 \cdot 10^{15}$ tonnaga teng, asosiy qismini azot va kislorod tashkil etadi.

Yer atmosferasida azon va uglekisliy gaz kam miqdorida bo'lsa ham ularning yer sirtidagi tirik organizmga ta'siri katta. Masalan, Azon uglekisliy gazi, organizmga zararli ta'sir etuvchi quyoshdan kelayotgan ultrabinafsha nurlarining katta qismini yutadi. Ikkinchi tomondan azon yer sirtidan tarqalayotgan infraqizil nurlarni yutadi, natijada atmosfera yerning keskin sovib ketishiga yo'l qo'ymaydi, ya'ni atmosfera "parnik" effektini beradi.

Havoning eng muhim tarkibiy qismi bo'lgan kislorod odam hayoti uchun muhim rol o'ynaydi: odamda kislorod yetishmaganda nafas olishi, qon aylanishi tezlashadi va yomon oqibatlarga olib keladi. Sayyoramizdagi o'simliklar dunyosi yiliga 150 milliard tonna uglerod gazini o'zlashtirib, atmosfera 25 milliard tonnadan ko'proq kislorod yetkazib beradi.

Yashil o'simliklar havo muhitini tozalovchi tabiiy qurilmadir. Ular havodagi changning to'rtidan uch qismini tutib qoladi hamda sulfid gazining undan ikki qismini yutadi. Insonning hayotiy va ishlab chiqarish faoliyati jarayonida ko'plab kislorod yutiladi, o'simliklar olami esa uning o'rniga karbonat angidrid yutib, kislorod chiqaradi. Shuningdek, o'simliklar mikroiqlim yaratishda ham katta rol o'ynaydi. Binobarin, biz yashil o'simliklar haqida qayg'urar ekanmiz, bir vaqtning o'zida o'zimiz yashaydigan joyning atmosfera havosi sifatini ham yaxshilaymiz.

Atmosfera havosining ifloslanishi deganimizda, havoning tarkibidagi kislorod, azon, uglekisliy gaz va boshqalardan tashqari, zararli gazlarning ko'plab aralashuvini tushunamiz. Asosiy toza havoni bulg'ovchi sohalardan biri avtotransport hisoblanadi. Bundan o'n yil ilgari ma'lumotlarga ko'ra, butun dunyodagi shaxsiy avtomobillarning soni 280 millionta bo'lgan. Aniqlanishiga ko'ra, faqat 200 million avtomobil har yili atmosfera 200 million tonna uglerod oksidi va 20 million tonna azot oksidi chiqarib tashlaydi. Hozirgi kunda ularning miqdori yanada oshgan.

Katta shaharlarda, masalan, Tokioda havoning ko'chalarda ifloslanishi shu darajaga borib yetdiki, chorrahada turib boshqaruvchilar oksigen maskasini kiyib turadilar, unda ham faqat ikki soatgina, ikki soatdan keyin ikkinchilari almashinadilar. Avtomobilning ishlash paytida chiqadigan uglerod oksidi, uglekisliy gaz havoga nisbatan og'irroq bo'lgani uchun, ular doimo yer yuzasi yaqinida to'planadilar. Uglerod oksidining zararli tomoni shundan iboratki, u qondagi gemoglobinnlarga qo'shib organizm hujayralariga yetib borishiga yo'l qo'ymaydi.

Gaz tarkibidagi akrolen, formaldegid, tetraetil qo'rg'oshinlar ham kishi uchun zararlidir.

Navbatdagi atmosfera havosini ifloslaydigan sohalarga issiqlik elektrostansiyalari va qozon qurilmalari kiradi.

Yoqilg'i to'la yonganida chiqarib tashlanadigan zararli mahsulot – oltingugurt oksidi va kul hisoblanadi. Chala yonganda - uglerod oksidi, uglerodlar, qurum hosil bo'ladi.

Issiqlik elektrostansiyalaridan ham chiqarib tashlanadigan zararli moddalarning miqdori katta. Masalan, oyiga 51 ming tonna ko'mir sarflaydigan elektrostansiya qozonidan har kuni 33 tonna oltingugurt angidrid chiqadi, bu esa qulay meteorologik sharoitda 50 tonna oltingugurt kislotaga aylanishi mumkin, shu bilan birga bu qurilmadan qo'shimcha har kuni 40-50 tonna kul chiqarib tashlanadi. Bu chiqarib tashlangan kul elektrostansiya atrofida 5 kilometr radius bo'yicha tarqaladi. Uylarni isitish sistemasidan ham ko'p zararli moddalar chiqarib tashlanadi, shuni aytish kifoyaki, uning yonishdan qolgan qoldiqlarida 30 % dan ortiq zararli modda bo'ladi.

Qora metallurgiya - atmosferani ifloslaydigan sohalardan biri. Bir tonna cho'yan olishda 4,5 kilogramm chang, 2,7 kilogramm sernistiy gaz, 0,1-0,5 kg marganes chiqarib tashlanadi.

Chiqindi moddalar orasida kam miqdorda bo'lsa ham mishyak birikmalari, fosfor, surma, qo'rg'oshin, simob bug'lari, sianli vodorodlar uchraydi.

Qora metallurgiyaning hozirgi zamonaviy zavodlari, o'zlarida ko'mirni koksantiruvchi sexlariga ega. Koks ishlab chiqarish atmosfera havosini chang va uchuvchi birikmalar bilan ifloslaydi. Bir tonna koks olishda 300-320 metr kub koks gazi hosil bo'lib, uning tarkibida 50-63 % vodorod, 20-34 % metan, 4,5-4,7 % uglerod okisi, 1,8-4 % uglekisliy gaz, 5-10 % azot 2-2,6 % uglevodlar va boshqalar uchraydi.

Rangli metallurgiya zavodlaridan changsimon moddalar mishyak, qo'rg'oshin atmosfera chiqarib yuboriladi. Bular ham kishi organizmi uchun zararli. Atmosfera havosiga tarqalgan zararli moddalarning kishi organizmiga ta'siri bo'yicha bir nechta misol keltirish

mumkin. 1948-yilda AQSHning Donora shtatida qurum aralash chang yerga tushadi, natijada 14 ming aholidan 5910 kishi kasallanadi, 20 kishi halok bo'ladi.

Yapon tekshiruvchilari aniqladilarki, havoda sernistiy gaz ko'p bo'lgan joylarda, odamlar bronxial astma bilan kasallanadilar.

Yonishdan qolgan mahsulotlarni yer yuzasiga yaqinlashtirmaslik uchun trubalarni juda baland qilib (250-320) joylashtiradilar.

Shunday qilib, yuqorida aytilganlardan organik yoqilg'ilarni tejab sarflash va yonishdan hosil bo'ladigan zararli gazlar zarrachalarni ushlab qolish muammosiga alohida e'tibor berish kerak.

2.5-§. Quyosh – ekologik toza energiya manbai

XX asrning oxiriga kelib atrof-muhitni muhofaza qilish hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish masalasi eng dolzarb muammoga aylandi. Tabiiy resurslardan qancha ko'p foydalanilsa, ularning zahirasi shunchalik tez kamayadi, ishlab chiqarish chiqindilarning atrof-muhitga tashlanishi ko'payadi. Ishlab chiqarishning rivojlanishi, fan va texnikadagi inqilob juda katta miqdorda yoqilg'i – toshko'mir, neft mahsulotlari, tabiiy gaz, torf va boshqa tabiiy resurslarning ko'plab sarflanishiga olib kelmoqda. Ammo, bu resurslar chegaralangan bo'lib, ularning umumiy zahirolari (hali ochilmagan konlarni ham hisobga olganda, 4-4,5 trillion tonna shartli yoqilg'iga teng) vaqt o'tgan sari tobora kamayib bormoqda. Agarda an'anaviy energiya manbalari hozirgi darajada sarflanaversa, ularning zahirasi atigi 80 yilga zo'rg'a yetar ekan. Misol tariqasida avtomobil sanoatining zararli ta'sirini ko'rib o'taylik: Statistika ma'lumotlariga qaraganda, 2010 yilda dunyo bo'yicha 800-900 million dona atrofida turli rusumdagi avtomobillar ro'yxatga olingan. 2020 yilga borib esa raqamlar 1,8-2,5 ga milliard donaga yetishi taxmin qilinmoqda. Bitta avtomobil yiliga o'rtacha 4 tonna kislorodni zaharlaydi. Uning tutun mo'risidan 800 kilogramm uglerod oksidi, 40 kilogramm azot oksidi va yana 200 kilogramm miqdorida boshqa turdagi zararli moddalar atrof-muhitga tarqaladi. Gap shundaki, avtomobillar mo'risidan chiqayotgan bug' gazlari atmosferaga issiqlikni saqlagan holda tarqalmoqda va sayyoramizda busiz ham jadallashayotgan havo haroratining isishiga turtki bermoqda. Sanoatning jadal rivojlanishi va transport vositalarining ko'payib borayotgani bois atmosferaga chiqayotgan karbonat angidrid gazi miqdori oshmoqda. Masalan, eng ekologik toza mahsulot hisoblangan gazning yonishini olib ko'raylik. Mutaxassislarining fikricha, bir kilogramm tabiiy gaz yonishidan 2,75 kilogramm karbonat angidrid va 2,25 kilogramm suv bug'i hosil bo'ladi. Bir yilda dunyoda o'rtacha 2.2 trillion kub tabiiy gaz va 3.5 milliard tonna neft yonadi. Yoqilg'i moddalar yonishi uchun g'oyat katta miqdorda kislorod sarf bo'lishini hammamiz yaxshi tushunamiz. Chunonchi, bir kilogramm metan yonishi uchun atmosferadan 4 kilogramm miqdorida kislorod sarflanadi. Jahon bo'yicha bu raqamlar yiliga 11 milliard tonnani tashkil etadi. Bir kilogramm benzinning yonishi uchun atmosferadan 3,5 kilogramm, ko'mirning yonishi uchun bindan-da ko'proq kislorod o'zlashtiriladi. Ko'rinib turibdiki, jamiyatning bu kabi ehtiyojlari uchun har yili 35 milliard tonna kislorod sarflanadi. Xususan, O'zbekiston Respublikasidagi barcha tur yoqilg'ilarning sanoat zahirolari 1985-yilda 3039 million tonna shartli yoqilg'ini tashkil etgan bo'lsa, 2012-yilga borib bu ko'rsatgich 1646 million tonnaga tushib qolishi mumkin. Bundan tashqari, bu qazilma boyliklarni qazib olish uchun solishtirma xarajatlarni 1,29 marta ko'paytirish zarur bo'ladi. Chunki bu yoqilg'ilarni kelgusida yanada chuqurroqdan qazib olishga to'g'ri keladi, transport xarajatlari ham orta boradi.

Hisob-kitob paytida energiya sarfi ko'pincha boshqa xarajatlar bilan qo'shib hisoblanadi, energiyani tejashga zarur mablag' ajratish muhim emasdek tuyuladi. Lekin u umumiy xarajatlarning 75 foizigacha bo'lgan qismini tashkil etishi mumkin. Kelajakda energiya narxi osha borgan sari uni tejash uchun sarflangan mablag' samarasi yaqqolroq sezilaveradi. Olimlarning hisoblariga qaraganda 1980-2005-yillar mobaynida kundalik ehtiyojlar uchun sarflangan energiya miqdoriga teng bo'lar ekan. Ekologiya, energetika, demografiya, xomashyo

va oziq-ovqat muammolarini hal etishda fan va texnika yutuqlaridan keng foydalanish, ishlab chiqarishga chiqitsiz va kam chiqitli texnologiyalar joriy etishni talab etadi.

Ma'lumki, butun dunyodagi kabi respublikamizda ham yoqilg'i energetika resurslarining narxi jahon narxiga tenglashib qoldi. 1995-yilda bir tonna shartli yoqilg'i miqdoridagi elektr energiyasining narxi 233 AQSH dollariga teng bo'ldi. Shu miqdordagi elektr energiyasini issiqlikka aylantirish uchun xarajatlarni birga teng deb olsak, bu ko'rsatgich tabiiy gaz uchun 23 ga, mazut uchun 24 ga, ko'mir uchun 30 ga tenglashadi. Bu ko'rsatgich 2015-yilga kelib 326,6 ga yetishi, xuddi shu kabi tabiiy gaz 57,4 dan 77,3 ga, mazut 68,0 dan 85,0 ga, ko'mir 44 dan 55 AQSH dollariga teng bo'lishi kutilmoqda. Shu kunlarda atrof-muhit, atmosfera muammolari eng dolzarb masalalardan biri bo'lib turganda energiya resurslaridan foydalanishda ekologik muammolarni qat'iy hisobga olish eng dolzarb muammodir. Chunki, bir tonna shartli yoqilg'i miqdoridagi elektr energiyasini issiqlikka aylantirishda zararli moddalar ajralib chiqishini 1 kg deb qabul qilsak, u tabiiy gaz uchun 370 kg, mazut uchun 520 kg, ko'mir uchun 780 kg ga teng bo'lar ekan. Bu esa o'z navbatida atrof-muhit ifloslanishining oldini olish uchun ancha qo'shimcha mablag'ni talab etadi. Ya'ni, atrof-muhit himoyasi uchun sarflandigan xarajatlar elektr energiyasidan foydalanganda birga teng bo'lsa, tabiiy gazdan foydalanganda esa ikkiga, mazut va ko'mirdan foydalanganda oltiga teng bo'lar ekan. Atrof-muhitga yetkaziladigan tuzatib bo'lmas zarar, elektr energiyasi bilan birga hisoblaganda, tabiiy gaz uchun ikkiga, mazut uchun to'qqiz, ko'mir uchun o'n ikkiga teng bo'lar ekan. Kelajakni zarur tabiiy sharoitlarsiz, oziq-ovqat va energiyasiz tasavvur qilish kishini dahshatga soladi. Bu muammolarni yechish yo'llaridan biri ana shu maqsadlarda quyosh energiyasidan foydalanish hisoblanadi. O'zga energiyalar (masalan, yadro energiyasi) haqida shuni aytish mumkinki, zamonaviy elektrostansiyalardan oz miqdorda bo'lsa ham, atrof-muhitga, kishi organizmiga salbiy ta'sir etuvchi radioaktiv moddalar ajralib chiqib turadi. Afsuski, hozirgacha radioaktiv chiqindilarni zararsizlantirishning biron-bir samarali usuli ishlab chiqilgani yo'q. Ikkinchi tomondan falokatlar sodir bo'lish xavfi yuqori (masalan, Chernobil AESidagi kabi). Shularni hisobga olib, Respublikamiz Prezidenti I.Karimov: "Ekologik xavfsizlik kishilik jamiyatining buguni va ertasi uchun dolzarbligi, juda zarurligi bois eng muhim muammolar jumlasiga kiradi", (I.A.Karimov. O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari. T.-1997, 115-bet) deb alohida ta'kidlaydi.

Ma'lumki, quyosh ulkan energiya manbai bo'lib, u qayta tiklanadigan va bitmas-tuganmas hamda ekologik toza energiya manbai sifatida boshqa energiya turlaridan ancha afzal.

Quyosh energiyasidan amaliy foydalanish bilan bir qatorda uni to'g'ridan-to'g'ri elektr yoki issiqlik energiyalariga aylantirishning nazariy asoslarini ishlab chiqish sohasida ham sezilarli natijalarga erishildi. Quyosh energiyasini fotoelektrik sintez metodi bilan elektr energiyasiga aylantirishda FIKni 93 foizga yetkazish mumkinligi nazariy jihatdan asoslangan.

Yorug' kunda hozirgi quyosh batariyalarining 1 m² yuzasida 100 dan 200 gacha Vt elektr quvvati olish mumkin va bunda atrof-muhit hech qanday zararlanmaydi. Quyosh batariyalari, shubhasiz toza energiya manbai hisoblanib, ulardan kosmosda ham, yerda ham keng foydalanilmoqda.

Quyosh energiyasidan foydalanish borasida dunyo miqyosida ko'plab ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan bo'lsa-da, bu boradagi ishlarning katta bir qismi asosan tajribalar darajasida qolmoqda. Chunki, quyosh energiyasi energiya manbai sifatida past harorat, issiqlik quvvati zichligining kamligi, vaqt bo'yicha o'zgarishi va boshqa xususiyatlarga egadir. Masalan, bir milliard kVt soat olish uchun quyosh kollektorining yuza maydoni 0,74-0,86 million m² bo'lishi talab etilar ekan. Shuning uchun so'nggi paytlarda quyosh energiyasining amalga joriy etish mumkin bo'lgan sohalari ustida tadqiqotlar olib borishga e'tibor kuchaytirilmoqda. Jumladan, O'zbekistonda ham bu yo'nalishda keng ko'lamda tadqiqotlar olib borilib, qator sohalarda muvaffaqiyatlarga erishildi.

Respublikamizda, ayniqsa uning janubiy regionlarida quyoshli kunlar 300 kundan ortiqligi, quyosh energiyasidan turli maqsadlar uchun foydalanish sohasida nazariy va amaliy tadqiqotlarga e'tiborning kuchayishiga sabab bo'ldi, buning uchun esa real imkoniyatlar mavjud.

Quyosh energiyasi ko'plab tabiiy resurslar qatorida O'zbekistonning energiyaga bo'lgan ehtiyojini ancha olis kelajakda ham qondirishga qodir.

Quyosh nuridan sanoat, qishloq xo'jaligi va turmushda foydalanish maqsadida ko'plab ilmiy izlanishlar olib borildi. Quyosh nuridan foydalanib ishlaydigan kichik quvvatli kondensatorlar bazasida cho'ponlar, geologlar uchun geliosuvqaynatgichlar, ovqat pishiradigan gelioqurilma va boshqa ko'plab maishiy ishlab chiqarish qurilmalari yaratilgan. Shunisi quvonarliki, dunyodagi eng ulkan quyosh "tandiri" O'zbekistonda – Parkentda qurildi. Quyosh tandirining harorat quvvati 1000 kVt bo'lib, markazida uning harorati 300°C ga tengdir. Dunyodagi eng noyob quyosh qurilmalaridan biri bo'lgan quvvat jamlovchi bu tandirda yangi ishlab chiqilgan moddalarning isiqlikka chidamliligi sinab ko'riladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, quyosh o'zining energetik resurslari jihatidan bir necha milliard yillar davomida insoniyatni energiya bilan ta'minlash quvvatiga ega. Oziq-ovqat mahsulotlarining hosil bo'lishi uchun zarur bo'lgan fotosintezni amalga oshirishda quyosh radiatsiyasining o'rni beqiyosdir. Quyosh energiyasi ekologik toza energiya turi bo'lib, undan foydalanish atrof-muhitni ifloslantirishga va sayyoramizda issiqlik balansi muvozzatining buzilishiga olib kelmaydi.

Quyosh energiyasida ishlaydigan kombinatsiyalashtirilgan qurilmalar xarajatlarni 30-40 foiz tejash va ishchi kuchini kamaytirishga imkon beradi. Respublikamizda quyosh energiyasidan foydalanib, uy-joylarni isitayotgan hamda issiq suv bilan ta'minlayotgan, quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantiruvchi qurilmalar yirik quyosh pechi va turli tipdagi quyosh batariyalari hamda boshqa gelioqurilmalarning ishlayotganini ko'rish mumkin. Uylarni isitish, issiq suv bilan ta'minlash, yuvilgan ust-boshlarni quritishda, sut va meva sharbatlarni qaynatishda, beton va temir beton buyumlarni bug'latishda, quyosh energiyasining mo'jizakor kuchidan tobora kengroq foydalanilmoqda.

Cho'l mintaqalarida quduqlar suvi sho'r bo'lib, tarkibida og'ir unsurlar mavjud. Bunday suvlar iste'molga yaroqsiz. Geliosuvchuchitgichlar yordamida bunday suvlarni iste'molga yaroqli holga keltirish mumkin. Quyosh nuri yordamida qurilmadagi sho'r suv bug'lantiriladi. Suv bug'lari qurilma tiniq yuzasi – oynaga yoki polietilen plyonkaga urilib, idishlarga oqib tushadi. Bunday ko'chma qurilmaning turli modeli, qurilmalari ishlab chiqilgan va joriy etilgan.

Serquyosh o'lkamizda quyosh nurlaridan tabobatda ham keng foydalanishga e'tibor berilmoqda. Toshkentdagi Semashko nomidagi davolanish maskanida quyosh nuridan foydalangan holda bemorlar turli kasalliklardan xalos qilinmoqda.

O'zbekistonning istiqbolli sohalardan biri - quyosh quvvatidan foydalanib paxta quritish va paxta buntlarini shamollashtirish qurilmalari ishlab chiqish uchun tadqiqotlar va izlanishlar olib borilmoqda. Bu yo'nalishda viloyatimizning bir qator paxta zavodlarida ma'lum yutuqlarga erishilgan. Shuningdek, respublikamizda chigitni plyonka ostiga ekish texnologiyasi tobora keng joriy etilishi munosabati bilan quyosh plyonka qoplamali qurilmalarda chigit ekib, erta bahorda ko'chat tayyorlab, oila yoki jamoa shirkat xo'jaliklari uchun ekishning yangi usullari tavsiya etish maqsadida tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu tadqiqotlar Qashqadaryo viloyat paxtachilik ilmiy-tekshirish instituti olimlari bilan hamkorlikda olib borilishi nazarda tutilgan. Olib borilgan ilmiy tadqiqot natijalari asosida Qarshi tumanidagi "O'zbekiston mustaqilligi" jamoa xo'jaligida 2000 m², Yakkabog' tumanidagi "Turon" jamoa xo'jaligida 1200 m² lik kombinatsiyalashtirilgan quyosh issiqxona-meva quritgichlari va pilla qurti boqish uchun mo'ljallangan gelioqurilmalarning smeta va loyihalari ishlab chiqilib, qurilish ishlari boshlab yuborildi. Qarshi tumanidagi ixtisoslashgan "O'zbekiston mustaqilligi" jamoa xo'jaligida ishchi maydoni bir gektar bo'lgan "Kombinatsiyalashtirilgan quyosh issiqxona-meva quritgichi"ni qurish ishlari qizg'in olib borilmoqda. Bunday gelioqurilmalarda bahor faslida 10 qutigacha pilla qurti boqish, yoz-kuz faslida 100 t gacha davlat standartlariga mos keladigan, sifatli quritilgan qishloq xo'jalik mahsulotlari olish, meva, sabzavot va poliz mahsulotlari yetishtirish, shu bilan 40-50 foizgacha tabiiy yoqilg'i tejashga erishish mumkin. Umuman olganda, gelioqurilmalarda yil davomida ko'kat, sabzavot, mevalar yetishtirish va meva quritish mumkinligini e'tiborga oladigan bo'lsak, gelioqurilmaning 1 m² foydali maydonidan olinadigan iqtisodiy samara (2009-yil narxida) 140-

150 so'm-kg, 1 ga maydon uchun 1,4-1,5 mln so'mgacha yetadi, sarflangan har bir so'm 4,96-5,88 so'm daromad keltiradi. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan bunday gelioqurilmalar Qashqadaryo viloyatining qator xo'jaliklarida qurilgan bo'lib, har bir kv.m sathdan (2009-yil qish, bahor oylari) 448 so'm gektar hisobiga 4,8 mln so'm sof foyda olindi, har mavsumda 200-350 t shartli yoqilg'i tejaldi. Yurtimizda yetishtirilayotgan qishloq xo'jalik mahsulotlarining katta qismi qayta ishlash jarayonining yetarli darajada mukammal emasligi oqibatiga nobud bo'lmoqda. Muammoning dolzarbligini hisobga olib, Buxoro va Qarshi Davlat universiteti olimlari hamkorlikda quyosh nuridan foydalangan holda meva-sabzavot saqlashga mo'ljallangan muzlatgichlar ishlab chiqish uchun Respublika Fan va texnika Davlat qo'mitasi buyurtmasi asosida ish olib bormoqdalar.

Quyosh energiyasidan amaliy foydalanishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqlik ta'minoti sistemalarining xuddi shunday boshqa energiya manbalari bilan kombinatsiyalashtirilishi hisoblanadi. Masalan, umumiy maydoni 200 m² quyosh kollektorli kombinatsiyalashgan quyosh-yoqilg'i qozonxonasi yoz oylari quyosh energiyasi hisobiga 20 t suvni 50 °C gacha qizdirishi va bu bilan 200 kishilik yotoqxonani issiq suv bilan ta'minlashi mumkin. Bu bilan yil davomida 50-55 foiz yoqilg'i iqtisod qilinadi.

Qarshi Davlat universiteti geliopoligonida olimlar, doktorantlar, aspirantlar tomonidan quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan samarali variantlarni ishlab chiqish va qishloq xo'jaligiga joriy etish borasida tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan Quyosh suv qizdirgichlari, geliodushlar, quyosh suv chuchitish qurilmalari, quyosh energiyasini to'plash uchun mo'ljallangan issiqlik akkumulyatorli quyosh parrandaxonalari va qurtxonalari, beton va temir-beton buyumlarni bug'lash-quritish qurimalari, kombinatsiyalashtirilgan quyosh issiqxona quritgichlarda ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Universitetimiz olimlari O'zRFA Fizika-texnika instituti olimlari bilan hamkorlikda qishloq xo'jalik mahsulotlari yetishtirish va quritish uchun mo'ljallangan (SSU-800) gelioissiqxona loyihasini ishlab chiqdilar va bu qurilmani Muborak, Sho'rtan gazni qayta ishlash zavodlari va Talimarjon GRES lari qoshida qurish boshlab yuborilgan. Bundan tashqari bu tadqiqotlar uchun ixtiro patenti olindi. Bu issiqxona-quritgich ikki bo'limdan iborat bo'lib, birinchisi havo qizdirgich akkumulyator, ikkinchisi quritish kamerasidir. Issiqxonaning janubga oriyentirlangan tiniq yuzasi oyna bilan qoplangan. Oynalarning ajoyib xususiyatlaridan biri, u infraqizil nurlarni ichkariga yaxshi o'tkazib, bu nurlarning tashqariga qaytishiga yo'l qo'ymaydi. Ana shu xususiyatni inobatga olgan holda ishchi maydoni 2000 m² bo'lgan issiqxona-quritgich Qarshi tumani "O'zbekiston mustaqilligi" jamoa xo'jaligida qurilmoqda. Uning ishlab chiqarish quvvati bir kecha-kunduzda 2000 kg bo'lib, bir yilda 150-200 tonna shartli yoqilg'i tejaldi.

Issiqxona maxsus issiqlik akkumulyatori bilan jihozlangan, yoz-kuz faslida meva-sabzavot quritiladi, qish-bahor faslida esa qishloq xo'jalik mahsulotlari yetishtiriladi. Qurilma avtomat rejim va kichik mexanizatsiya yordamida ishlanganligi sababli 30 % gacha ishchi kuchi qisqaradi. Bunday gelioquritgichlarda meva quritilganda ularning sirtiga havodagi zararli mikromoddalar deyarli tushmaydi. Ikkinchi tomondan, gelioquritgichlarda quritish muddati ochiq havodagiga nisbatan 3-4 marta tez, ya'ni mahsulot zararli mikromoddalar bilan zararlanib ulgurmasdan yig'ib olinadi. Natijada, hozirgidek atmosfera havosi ifloslangan bir paytda, mevalar ochiq havoda quritilganlariga nisbatan gelioquritgichlarda quritilganlari ekologik jihatidan toza va xavfsiz bo'ladi.

III BOB. GELIOQURILMALARDA ISSIQLIK-FIZIKAVIY JARAYONLAR

3.1-§. Yoruqlikning yutilishi. Buger qonuni. Toza shisha va plyonkada yutilish. Changli yuzada yutilish. Bug' hosil bo'lgan va kondensatsiya qatlamlaridagi yuzada yutilish

Yorug'lik biror muhit orqali o'tganda hamma vaqt u qisman yutiladi, bu yutilish nurlanish energiyasini issiqlikka va boshqa tur energiyalarga aylanishi bilan bog'liqdir.

Yorug'likni zaif yutadigan moddalar shaffof moddalar, kuchli yutadigan moddalar shaffofmas moddalar deyiladi. Biroq, moddalarning bunday bo'lishi nisbiy xarakterga ega, chunki shaffoflik faqat modda tabiatiga emas, balki bu modda qatlami qalinligiga ham bog'liq bo'ladi. Haqiqatdan ham, masalan alyuminiy shaffof emas, suv esa shaffof deb qabul qilingan. Holbuki, alyuminiyning juda yupqa qatlami yorug'likni yaxshigina o'tkazadi, suvning qalin qatlami amalda shaffof emas (okeanning chuqur qatlamlarida amalda to'la qorong'ulik bo'ladi).

Bizga ma'lumki, to'lqin uzunligi λ desak, u holda tekislik davrdagi yorug'likning tezligi $C = \lambda/T$ ga teng bo'lib, $2\pi/T = \omega$ ekanligini nazarda tutsak, $C = \lambda\omega/2\pi$ bo'ladi. Bu yorug'likning tenglamasi

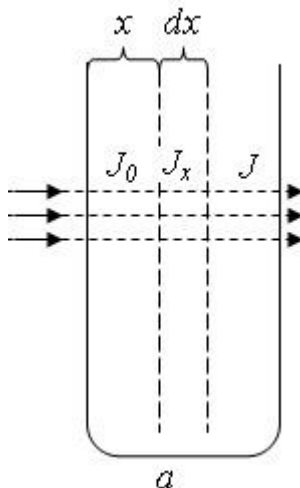
$$x = A \sin 2\pi(t/\tau - y/\lambda) = A \sin 2\pi(yt - y/\lambda) = A \sin(\omega t - 2\pi y/\lambda) \quad (3.1)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Yorug'lik to'lqinining o'tishi muhit zarralarining tebranishi bilan birga sodir bo'lgani uchun to'lqin bilan birga muhit tebranishlar energiyasi ham kuchayadi. To'lqinning vaqt birligi ichida nurga perpendikulyar bo'lgan yuza birligidan olib o'tgan energiya miqdori to'lqin intensivligi bo'lib, jarayonni miqdoriy baholash uchun yorug'lik intensivligi J tushunchasini kiritiladi.

Yorug'likning intensivligi deb (yoki yorug'lik oqimi energiyasining zichligi deb) yorug'likning yorug'lik nuriga perpendikulyar bo'lgan 1 m^2 yuzadan 1 sek davomida olib o'tilgan energiya miqdoriga aytiladi.

Monoxromatik nurlarning parallel dastasi yutuvchi modda, ya'ni toza shisha yoki plyonka plastinka sirtiga perpendikulyar tushayotgan bo'lsin (3.1-rasm).



3.1-rasm

Shisha yoki plyonka plastinka ichida uning sirtidan x masofada dx cheksiz yupqa qatlamda yorug'lik intensivligining o'zgarishi dJ_x qatlamning qalinligiga va qatlamga tushayotgan yorug'lik intensivligiga proporsional bo'ladi:

$$dJ_x = -kJ_x dx \quad (3.2)$$

bu yerda k – shu moddaning yutish qobiliyatini xarakterlovchi yutish koeffitsiyenti bo'lib, qatlamning qalinligiga bog'liq bo'lmaydi. Minus ishorasi dx qatlamda yorug'likni zaiflashtirishini bildiradi. ($dJ_x < 0$) J_x ni (4.2) tenglikning chap tomoniga o'tkazamiz va hosil qilingan ifodani a plastinkaning butun qalinligi ($x=0$ dan $x=a$ gacha hamda $J_x=J_0$ dan $J_x=J_1$ gacha) bo'ylab integrallaymiz.

$$\int_{J_0}^{J_1} \frac{dJ_x}{J_x} = -k \int_0^a dx \quad (3.3)$$

U holda $\ln J/J_0 = -ka$ tenglik kelib chiqadi yoki $J = J_0 e^{-ka}$. Bu yerda J_0 – plastinkaga tushgan yorug'lik intensivligi, J – plastinkadan o'tgan yorug'likning intensivligi (fransuz fizigi Buger 1979-yilda topgan). (3.3) formuladan: $A + 1/k$ bo'lganda $J_0/J = e \approx 2,72$ ekanligi kelib chiqadi.

Shunday qilib, moddaning yutish koeffitsiyenti shu moddaning shu qalinlikdagi qatlamiga teskari kattalik bo'lib, bu qatlamdan o'tganda yorug'lik intensivligi e marta (taxminan uch marta) zaiflashadi.

Turli moddalar uchun yutish koeffitsiyentining qiymatlari turlicha bo'ladi: masalan: normal bosimda k ning qiymati havo uchun $10^{-3}m^{-1}$, shisha uchun $1m^{-1}$, metallar uchun 10^6m^{-1} . Bundan shunday xulosa kelib chiqadiki, yorug'lik intensivligini 3 marta zaiflashtirish uchun $a=1/10^6m=1mk$ qalinlikdagi metal qatlami, $a=1/1m=1m$ shisha qatlami, $a=1/10^{-3}m=1km$ havo qatlami yetarli ekan.

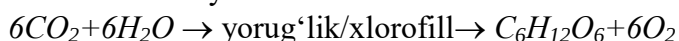
Umuman aytganda, har qanday moddaning ham oz yoki ko'proq darajada selektiv (tanlab) yutish qobiliyati mavjud bo'ladi, ya'ni yutish koeffitsiyentining qiymati yorug'lik to'lqinining uzunligiga bog'liq bo'ladi. Masalan, shisha, suv bug'I, plyonka sirtidagi kondensatsiya infraqizil nurlarni kuchli yutadi. Odatdagi shisha ko'rinadigan yorug'likni yaxshi o'tkazadi, biroq infraqizil nurlarni (to'lqin uzunligi $\lambda > 2mk$) ancha zaiflashtiradi va ultrabinafsha nurlarni ($\lambda < 0,38mk$) deyarli butunlay yutadi. Tirik o'simliklarning barglari ko'rinuvchi spektrning yashil ($0,52mk < \lambda < 0,60mk$) va to'q qizil ($\lambda > 0,70mk$) sohaslaridan tashqari butun sohasini kuchli yutadi: bunday yutishga barglarida bo'ladigan pigment xlorofill (yashil barg) sabab bo'ladi.

Yorug'lik filtrlari – shisha plastinkalar va ma'lum bo'yoq moddasi aralashgan jelatin plyonkalarining ishlashi tanlab yutishga asoslangan. Yorug'lik filtri spektrning qandaydir bir aniq qismini o'tkazadi, qolgan barcha qismlarini esa yutib oladi. Parnik effekti deb ataladigan hodisa ham tanlab yutishga asoslangan. Parnik tuprog'i odatda uchta issiqlik manbaidan qizitiladi: bulardan birinchisi parnik ramalari oynalaridan yoki polietilen plyonka sirtidan erkin o'tuvchi ko'rinadigan yorug'lik, ikkinchisi biologik yoqilg'i va uchinchisi maxsus (suv yoki elektr) isitish sistemalaridir. Qizigan tuproq temperaturasi uncha yuqori bo'lmay, u infraqizil nurlanish ko'rinishdada bo'ladi. Biroq aytib o'tganimizdek, oyna infraqizil nurlarni yutadi. Shu tufayli tuproq nurlanayotgan energiyaning ancha qismi issiqlikka aylanadi va parnikni qizdirishga xizmat qiladi. Shunday qilib, oynalar uzun to'lqinli nurlanish bilan parnikdagi issiqlikni isrof bo'lishidan himoya qiladi. Keyingi yillarda parnik, issiqxona limonariylarni tiniq yuzalar bilan qoplashda oyna o'rniga shaffof polimer – poliamid plyonkalar qo'llanilmoqda. Oynadan farq qilib, bu plyonka faqat ko'rinadigan nurlargina emas, balki ultrabinafsha nurlarni ham o'tkazadi va infraqizil nurlarni kuchli (90 %) yutadi. Shu bilan birga juda elastik, yengil, yetarlicha mustahkam va ko'pga chidaydi. Plyonkaning bu sifatleri ayrim nodir o'simliklarni muhofaza qiladigan vaqtincha konstruksiyalar qurishga imkon beradi.

Poliamid plyonka ostida parnik effekti oyna ostidagidan kuchliroq bo'ladi. Poliamid plyonkalardan (va boshqa ba'zi shaffof polimerlardan) foydalanish qishloq xo'jalik ekinlarining hosildorligini oshirish va hosil sifatini anchagina yaxshilashga imkon beradi. Yorug'likning har qanday moddaga ta'siri, jumladan, uning fiziologik ta'siri ham yorug'likning yutilishi bilan bog'liqdir.

Yerda yorug'lik ta'sirida bo'ladigan jarayonlardan eng muhimi shubhasiz fotosintezdir. Fotosintez noorganik moddalarning organik moddalarga aylanishidir.

Fotosintez xlorofill yutgan quyosh nuri ta'sirida bo'ladi va unda gazsimon kislorod ajraladi. Fotosintez murakkab oksidlanish-qaytarilish reaksiyasidir, uni oraliq zvenolarsiz shunday shartli tenglama ko'rinishida yozish mumkin:



Taxminiy hisoblarga qaraganda yer sharidagi quruqlik va suv o'simliklari har yili fotosintez vositasida 450 mlrd. tonnaga yaqin organik moddalar hosil qilar ekan. Fotosintez organik moddalar hosil qilib atmosferani karbonat angidrid gazidan tozalaydi va kislorod bilan boyitadi. Shu yo'l bilan fotosintez sayyoramizda hayot mavjud bo'lishi uchun zarur sharoit yaratadi. Yorug'lik hayvon organizmlariga ham ta'sir ko'rsatadi. Jumladan ularning ko'rish organizmiga va teri qatlamiga ham ta'sir qiladi. Ko'rinadigan va infraqizil nurlar asosan terining sirtini qizdiradi. Ultrabinafsha nurlar tashqi qatlamiga fotokimyoviy reaksiyani vujudga keltiradi, buning natijasida qo'ng'ir pigment hosil bo'ladi. "Kuyish" – bu pigment melanin deb ataladi va

ultrabinafsha nurlarni kuchli yutib, organizmning ulardan tashqari ta'siridan saqlaydi. Ultrabinafsha nurlarning kuchsiz (normal) ta'siri organizmga foydali ta'sir ko'rsatadi: uning yuqumli kasalliklariga qarshiligini kuchaytiradi va modda almashinuvini yaxshilaydi. Odam, hayvon va o'simliklar uchun yorug'lik zarur hayot faktoridir, chunki uning yetishmasligi yoki bo'lmasligi organizmning normal faoliyatini buzadi, yorug'lik yetishmasligini boshqa qanday ta'sirlar (isitish, ovqatlanish va shunga o'xshashlar) bilan kompensatsiyalab bo'lmaydi.

Masalalar yechish namunalari

1-masala. Yorug'lik nuri yassi parallel shisha plastinkaga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida tushmoqda (4.2-rasm) va undan dastlabki yo'nalishga parallel tarzda chiqmoqda. Shishaning sindirish ko'rsatgichi $n=1,5$. Agar nurlar orasidagi masofa $BC=l=1,94$ cm bo'lsa, plastinkaning qalinligi qancha

Yechilishi. Plastinkani o'rab olgan muhitni havo deb faraz qilamiz, uning sindirish ko'rsatgichi 1 ga yaqin. U holda yorug'likning sinish qonuniga $\sin\alpha/\sin\gamma=C_1/C_2=n_2/n_1=n_{2,1}$ asosan shisha plastinkada nurning sinish burchagi β ni topamiz:

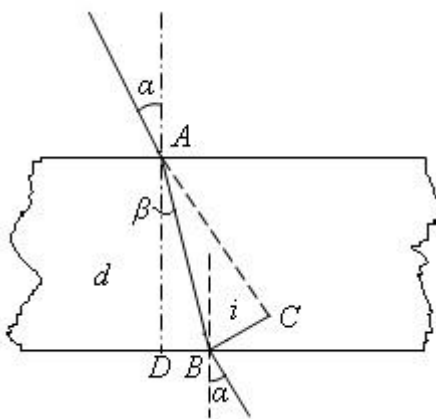
$$\sin\beta=\sin\alpha/n=0,5/1,5=0,333; \quad \beta=19^\circ30'$$

Bundan ABD va ACB to'g'ri burchakli uchburchaklardan quyidagini yozish mumkin:

$$\alpha=AB\cos\beta \text{ va } \tau=A\sin(\alpha-\beta)$$

birinchi tenglikni ikkinchisiga bo'lib, plastinka qalinligini topamiz.

$$\alpha = \frac{\ell \cdot \cos\beta}{\sin(\ell - \beta)} = \frac{1,94 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \cos 19^\circ 30'}{\sin 10^\circ 30'} = 0,1$$



3.2-rasm.

2-masala. Spektrning chekka qizil nuri uchun shishaning sindirish ko'rsatgichi $n_1=1,510$ ga, chekka binafsha nurlari uchun $n_2=1,531$ ga teng. Egrilik radiuslari $R_1=R_2=R=15$ sm bo'lgan ikki yoqlama qavariq linzaning qizil va binafsha nurlari uchun fokuslar orasidagi $\Delta\ell$ masofani aniqlang.

Yechilishi. Bu masala linzaning xromatik aberratsiyasi haqidagi masaladir. Shuning uchun linzaning fokus masofasini aniqlash uchun keltirib chiqarilgan ushbu

$$f=R_1R_2/(n-1)(R_1+R_2)$$

formulaga muvofiq linzaning fokus masofasi

$$f=R_1R_2/(n-1)(R_1+R_2)$$

Linzaning qizil va binafsha nurlar uchun fokus masofalarini mos ravishda f_1 va f_2 bilan belgilaymiz, u holda quyidagini yozish mumkin.

$$\Delta f_1 - f_2 = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{n_1 - 1} - \frac{1}{n_2 - 1} \right) \frac{R(n_2 - n_1)}{2(n_1 - 1)(n_2 - 1)} =$$

$$\frac{0,15 \text{ m} \cdot 0,021}{2 \cdot 0,51 \cdot 0,531} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 5,8 \text{ mm}$$

3-Masala. Biologiyada ishlatiladigan mikroskop obyektivining fokus masofasi $f_{ob}=2\text{ mm}$, okulyarining fokus masofasi $f_{ok}=4\text{ sm}$, mikroskop trubasining optik uzunligi $\ell=18\text{ sm}$. Mikroskopning kattalashtirishini va obyektivdan buyumning tasvirigacha bo'lgan α masofani aniqlang.

Yechish. Mikroskopning optik sxemasidan foydalanamiz. Ma'lumki, mikroskopning umumiy kattalashtirishi N obyektiv va okulyar kattalashtirishning ko'paytmasiga teng:

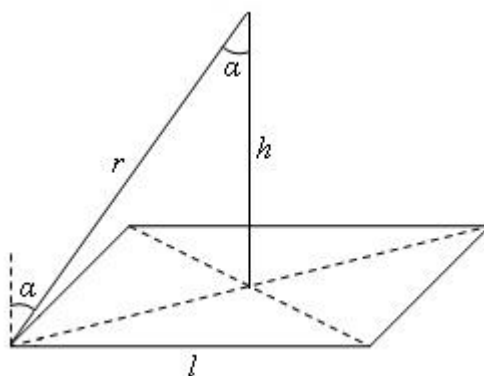
$$N = \frac{\ell L}{f_{ob} \cdot f_{ok}} = \frac{18\text{sm} \cdot 25\text{sm}}{0,2\text{sm} \cdot 4\text{sm}} = 562,5$$

ga teng, bu yerda $L=25\text{ sm}$ aniq ko'rinish masofasi. Demak,

$$d = f_{ok} + t + f_{ob} - L = 4\text{sm} + 18\text{sm} + 0,2\text{sm} - 25\text{sm} = -2,8\text{sm}$$

ekanligi kelib chiqadi (minus ishora tasvirning buyum bilan birga obyektivning bir tomonida joylashganligini ko'rsatadi).

4-masala. Yorug'lik ekinlarini parvarish qilishga doir eksperimentlarda gelioissiqxonadagi ekin maydonda tomoni $\ell=160\text{ sm}$ bo'lgan kvadrat shaklidagi maydonda o'sayotgan bodringlar qo'shimcha yoritiladi (3.3-rasm). Yorug'lik manbai sifatida maydon markazi ustiga $L=4\text{ m}$ balandlikka osilgan $J=500$ sham yorug'lik kuchi beradigan cho'g'lanish lampasidan foydalaniladi. Ko'chat ekilgan maydonning maksimal va minimal yoritilganligi qanday bo'ladiq



3.3-rasm

Yechilishi. Sirtning nuqtaviy yorug'lik manbai hosil qilgan, yoritilganligi yorug'lik kuchiga, yorug'likning bu sirtga tushish burchagi kosinusiga to'g'ri proporsional, sirtgacha bo'lgan masofaning kvadratiga esa teskari proporsionallik formulasi: $E = \frac{J \cos \alpha}{R^2}$ dan

foydalanamiz. Bu yerda, α -nurlarning tushish burchagi, R -yorug'lik manбайдan yoritilayotgan joygacha bo'lgan masofa. Maksimal yoritilganlik E_{mak} ekin maydonining o'rtasida bo'lishi ravshan, bu joy uchun $\alpha=0$ va shuning uchun

$$E_{mak} = \frac{J \cos 0^0}{h^2} = \frac{500\text{sham}}{16\text{m}^2} = 31,25\text{sh}$$

Minmal yoritilganlik E_{min} - ekinning burchak qismlarida lampadan $\tau = \frac{h}{\cos \alpha}$ masofada bo'ladi.

Bu joy uchun $\tan \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2h} = \frac{16\text{m} \cdot 1,4}{2 \cdot 4\text{m}} = 0,28$ bundan $\alpha=15^040'$ U holda

$$E_{min} = \frac{J \cos \alpha}{\tau^2} = \frac{J \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{500\text{sham} \cdot 0,963}{16\text{m}^2} = 27,61\text{sh}$$

Shisha va polimer plyonkalarining mexanik va optik xossalari

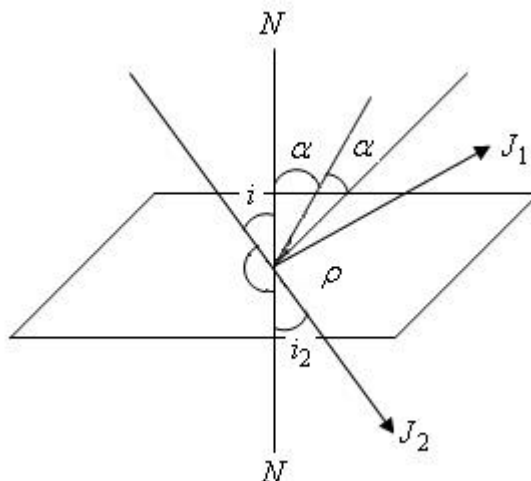
Quyosh qurilmalarini ishlashi nurlanish oqimini tiniq yuzalarda yutilishi bilan aniqlanadi. Nurlanish oqimi qabul qiluvchini yoritilganligiga va qurilmaning tiniqligiga bog'liq bo'ladi. Odatda tiniq yuza bir yoki bir necha qatlamdan iborat bo'lishi mumkin. Tiniq yuzalar (polimer

plyonka, shisha h.k) ni optik xarakteristikasi ularni tarkibiy tuzilishiga, qatlamlariga bog'liq bo'ladi.

Qatlam bir qavat bo'lganda, unga tushadigan nur oqimining bir qismi shu qatlamdan sochiladi (3.4-rasm.), bir qismi yutiladi, qolgan qismi tiniq yuza orqali o'tadi. Tiniq yuzaga tushuvchi parallel nurlar oqimi nurlarning ikkinchi manbai sifatida qaralishi mumkin. Yorug'likning oqim kuchi J bunda berilgan yo'nalishdagi nurlanishini xarakterlaydi. Tiniq yuzaga tushuvchi nur tushish yo'nalishidagi burchak bilan sochiladi va ma'lum bir qismi to'g'ri o'tadi. Bunday jarayonda nurlanish xarakteristikasi yorug'lik kuchi orqali belgilanadi. Odatda tiniq yuza to'liqsimon bo'lib, bu sirtga tushuvchi parallel nurlarning bir qismi sochiladi, qolgan qismi esa yutiladi va bir-biridan uzoqlashib tarqaladi. Nurning berilgan yo'nalishi bo'yicha tushishi natijasida ravshanlik ko'effitsiyenti – sochilish asosiga, tiniq yuzaning nurni qutblantirishiga, nurning spektr tarkibiga, tushish burchagiga, azimutga bog'liq bo'ladi.

Tiniq yuza orqali o'tuvchi nurning ravshanligi B va nurning yuzadan sochilishi ρ quyidagicha ifodalanadi.

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{B_1}{B_0} \\ \rho &= \frac{B_2}{B_0} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$



3.4-rasm

B_1 va B_2 lar tiniq yuzadan o'tuvchi va sochiluvchi nurning energetik yorqinligiga ega. B_0 – tiniq yuzadan faqat sochiladigan yoki o'tadigan nurning ravshanligi deyiladi.

$$B_0 = \frac{E}{\pi} \quad (3.5)$$

bu yerda E – tiniq yuzaning energetik yoritilishini bildiradi.

T , t va $\bar{B}$ – tiniq yuza orqali to'g'ri va sochilgan nur o'tkazishning to'la ko'effitsiyentlaridir. A – nur yutish ko'effitsiyenti. R , τ va ρ – tiniq yuzalardan sochilgan nurning to'la qiymatini ifodalovchi ko'effitsiyenti va uning to'g'ri, sochilgan qismini ifodalovchi ko'effitsiyentlardir. Bu kattaliklar quyidagicha bir-biri bilan bog'langandir.

$$\left. \begin{aligned} T + A + R &= 1 \\ T + t + \bar{B} & \\ R &= \tau + \rho \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Termodinamikaning II qonuniga asosan A.A.Gernin quyidagicha bu ifodalarni bir-biriga bog'laydi.

$$\left. \begin{aligned} t_D &= t_{-D} \\ \bar{B}_D &= \bar{B}_{-D} \\ T_D &= T_{-D} \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

$$\left. \begin{aligned} \overline{B}_{ij} &= \overline{B}_{ji} \\ t &= t_{-i} \\ \rho^{ij} &= \rho_{ji} \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

i, j va d – indeksda qo'yilgan kattaliklar. i – burchak ostida tushuvchi nurni xarakterlaydi. j -burchak ostida sochiluvchi nurni xarakterlaydi. d – ideal nurlanishni xarakterlaydi.

Agar belgining indeksiga ikkitadan shu harflardan qo'yilsa, u birinchi holda nurlarni tiniq yuzaga tushishini va ikkinchi belgilardagi ikkitadan qo'yilgan indekslar sochilgan nurni xarakterlaydi. Tiniq yuzaning bir tomonini yuza tomoni ikkinchi tomonining orqa tomoni deyiladi. (–) minus ishorasi nurning yuza qismga emas, orqa qismga tushishini xarakterlaydi.

(3.7) va (3.8) formulalar ko'rsatadiki, tiniq yuzaning nur o'tkazish koeffitsiyenti quyosh radiatsiyasining sochilgan qismi tiniq yuzaning qaysi tomoniga tushishiga bog'liq bo'lmaydi.

3.2-§. Nur energiyasining quyosh qurilmalari, o'simliklar, qurilma ichidagi havo va tuproqda yutilishi

O'zbekiston quyoshli kunlari eng ko'p (280-300 kun) bo'ladigan o'lkadir. Shuning uchun bu yerda quyosh nuri energiyasidan foydalana bilishning katta imkoniyatlari mavjud. Olimlarning olib borgan ilmiy izlanishlaridan ma'lumki, respublikamiz hududiga yil davomida to'g'ri keladigan energiya $4,86 \cdot 10^{14}$ kVt soatga teng. Bunday ulkan energiyadan to'g'ri va samarali foydalanish borasida katta ilmiy tekshirish va tajriba ishlari olib borilib, yaxshi natijalar olinmoqda.

Hozirgi vaqtda O'zbekistonda va boshqa serquyosh o'lkalarda quyosh nuri (radiatsiyasi)dan parnik, issiqxona, meva va sabzavotlar quritish qurilmalarida, sho'r suvni chuchuk suvga aylantirish uchun mo'ljallangan qurilmalarda, suv o'tlari (xlorells) yetishtirishga mo'ljallangan qurilmalar, qish faslida uylarni isitish va yoz oylari mikroiklim yaratish uchun mo'ljallangan, parrandalar va chorva mollari boqiladigan xonalarni isitish va chigitga ishlov berish, fotoelementlar yordamida elektr energiyasi olish, xonadonlar, shifoxonalarni issiq suv bilan ta'minlashda ishlatiladigan suv isitgich va suv qaynatgich qurilmalarida foydalanilmoqda.

Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan bunday qurilmalarning ayrimlari Toshkent, Buxoro, Samarqand, Qarshi, Fargona, Urganch, Guliston kabi shaharlarda sinab ko'rilib, ularning ba'zi turlari texnik maqsadlarda, qishloq xo'jaligida va uy-ro'zg'orda foydalanish uchun mo'ljallangan. Masalan, Qarshi Davlat universiteti geliopoligonida qurilgan gelioissiqxona, meva-sabzavot quritishga mo'ljallangan quyosh quritgichlari, pilla qurti boqish va uylarni qishda isitishga va yoz oylari mikroiklim yaratishga mo'ljallangan qurilmalardan samarali foydalanilmoqda. Jumladan, yer osti issiqlik akkumulyatori ikki nishabli quyosh issiqxona meva quritgichi bir qavat tiniq shisha bilan qoplangan, ishchi maydoni 250 m^2 , quyosh nurlari o'tadigan tiniq yuzasi 325 m^2 bo'lib, undan samarali foydalanilmoqda. Tiniq yuza orqali kun davomida (qish faslida) o'tadigan o'rtacha quyosh nurining miqdori $36 \cdot 10^6$ kVt ga teng. Uning 75-80 foizi qurilma ichiga o'tadi. Shundan 40-45 foizi ichkaridagi havoni isitishga, 20-25 foizi tuproqni, 10-15 foizi o'simliklarni va qurilma devorini isitishga sarf bo'ladi. Quyosh issiqxonasi ichiga o'tgan radiatsiyaning o'simlik barglariga yutilib, ichki energiyaga aylanadigan qismi 2 ga bo'linadi: 1-qisqa to'lqinli radiatsiya (QTR) yoki *quyosh nurining integral qiymati* deyiladi va unga $\lambda_{\text{yb}}=0,3-4,0 \text{ mkm}$ to'lqin uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlar mos keladi; 2-uzun to'lqinli radiatsiya (UTR) nur yoki issiqlik nuri to'lqinlari $\lambda_y > 4,0 \text{ mkm}$ to'lqin uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlar mos keladi.

Shuningdek, QTR ultrabinafsha ($\lambda < 0,4 \text{ mkm}$), ko'rinadigan ($\lambda = 0,4-0,75 \text{ mkm}$) va infraqizil nurlar ($\lambda > 0,75-4,0 \text{ mkm}$) ga bo'linadi. Bunda, infraqizil nurlarning o'zi ham ($\lambda = 0,75-1,2 \text{ mkm}$) va ($\lambda > 1,2 \text{ mkm}$) ga ajratiladi.

O'simlik bargiga tushgan Q quyosh radiatsiyasining T qismi yutiladi, A qismi sochiladi va R qismi esa o'tib ketadi. Demak,

$$Q=A+R+T \quad (3.9)$$

$A=Q-(R+T)$ ga nurning sochilish koeffitsiyenti deyiladi.

$R=Q_R/Q$ ga nurning yutuliush koeffitsiyenti deyiladi.

$T=Q_T/Q$ ga nurning yutilish koeffitsiyenti deyiladi.

Quyosh radiatsiyasining o'simlik bargida yutiladigan qismi ichki energiyaga aylangan foydali qismi deyiladi va solishtirma yutilish quyidagicha ifodalanadi:

$$K = \frac{1}{Cd} \ln \frac{J_0}{J} \quad (3.10)$$

bu yerda, C – barg tarkibining konsentratsiyasi, d – bargning qalinligi, J_0 – tushuvchi quyosh radiatsiyasi, J – o'tuvchi quyosh radiatsiyasi.

Bu koeffitsiyentni aniqlashda yuzaga keladigan qiyinchiliklarni bartaraf etish uchun o'simlik bargiga yutiladigan quyosh radiatsiyasini, R va T larni tajribada o'lchash orqali aniqlash qulaylik yaratadi. O'simlikning rivojlanishi uchun sarflanadigan quyosh radiatsiyasi unga tushadigan energiya orqali ifodalanadigan statsionar balans tenglamasi

$$(J_1+J_2)A=Q_f+Q_m+Q_k+Q_x+Q_z \quad (3.11)$$

orqali ifodalanadi. Bu yerda, Q_f – fotofiziologik jarayon, Q_m – transpiratsiya, Q_k – o'simlik bargi va harakatlanadigan konvektiv issiqlik almashinuv, Q_x – fluoressensiya, Q_z – bargning uzun to'liqindagi radiatsion balansi.

Demak, gelioissiqxonalarda o'simlikda nur energiyasi statsionar balans energiyaga aylanishini (3.10) va (3.11) formulalarga asosan

$$Q_y = K(J_1 + J_2)A = \frac{1}{cd} \ln \frac{J_0}{J} (J_1 + J_2)A \quad (3.12)$$

formula yordamida hisoblash mumkin.

Nur energiyasining tuproqda tarqalishi va yutilishini hisoblash

Quyosh energiyasi (radiatsiyasi) tuproq sirtiga tushishi natijasida tuproq qatlamining g'ovakligiga muvofiq ma'lum qalinlik qismini isitadi va issiqlik to'liqlari sifatida tarqaladi. Albatta, quyosh nuri tuproqni qizdirish darajasi tuproq g'ovakligiga, issiqlik o'tkazuvchanligiga, tuproq sirtidagi havo temperaturasiga va tuproq namligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun quyosh issiqlik energiyasini tuproqda tarqalishi va yutilishini hisoblash uchun quyidagi issiqlik balansi tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$a \frac{\partial t_T(x_1 \tau)}{\partial x^2} = \frac{\partial t_T(x_1 \tau)}{\partial \tau} \quad (3.13)$$

$$Q_{yut}(\tau) + \lambda \frac{\partial t_T(x, \tau)}{\partial x} - a_{TCK} [t_{TC}(\tau) - t_{TCK}(\tau) - \theta] \quad (3.14)$$

bu yerda, Q_{yut} – quyosh energiyasining tuproq yuza qatlamida yutiladigan qismi, $t_{T,C}$ – tuproq sirti temperaturasi, t_{TCK} – tuproq sirti yaqinidagi havo temperaturasi, a – tuproqning temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, λ – tuproqning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, α_{TCK} – tuproq sirtqi qatlamining issiqlik berish koeffitsiyenti, τ – vaqt.

(3.13) formulani chegaraviy shartiga tuproqni h_T – chuqurlik bo'yicha o'zgarmasligi qabul qilingan:

$$t_T(\tau)_{x \rightarrow \infty} = const \quad (3.15)$$

Shunga asosan tuproqning issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini davriy havo issiqlik oqimi ta'sirida qanday ifodalanishini keltiramiz:

$$t_{TC}(x, \tau) = \bar{t}_{TC} + \ell^{-x} \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \left[\vec{t}_{TC1} \cos(\omega\tau - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}) + \vec{t}_{TC2} \sin(\omega\tau - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}) \right] \quad (3.16)$$

bu yerda t_{TC} – tuproq sirti temperaturasining o'rtacha miqdori; ω – yerning quyosh atrofida aylanish burchak tezligi; t_{TC1}, t_{TC2} – koeffitsiyentlar; ℓ – natural logarifm asosi.

Agar tuproq sirti tekis (ya'ni $X=0$) bo'lsa, u holda (3.16) tenglama

$$t_{TC}(\tau) = \bar{t}_{TC} + \vec{t}_{TC1} \cos(\omega\tau) + \vec{t}_{TC2} \sin(\omega\tau) \quad (3.17)$$

ko‘rinishda ifodalanadi. Bu yerda, t_{TC1} va t_{TC2} koeffitsiyentlarni aniqlashda garmonik analiz usuliga asosan tuproqda temperaturaning sutkalik tebranishi, quyosh energiyasi issilik oqimini tuproqda yutilishini quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$Q_{yur}(\tau) = Q_{y_0} + Q_{y_1} \cos(\omega\tau) + Q_{y_2} \sin(\omega\tau) \quad (3.18)$$

$$t_{TXT}(\tau) = \bar{t}_{T_0} + \bar{t}_{T_1} \cos(\omega\tau) + \bar{t}_{T_2} \sin(\omega\tau) \quad (3.19)$$

$$\lambda \frac{\partial t_T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) \cos(\omega\tau) + \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) \sin(\omega\tau) \quad (3.20)$$

$$a_{TCK}(\bar{t}_{TC} - \bar{t}_{TCK}) = -a_{TCK}\bar{t}_{TC} + a_{TCK}\bar{t}_{TC_1} \cos(\omega\tau) - a_{TCK}\bar{t}_{TC_2} \sin(\omega\tau) + \\ + a_{TCK}\bar{t}_{TX_0} + a_{TCX}\bar{t}_{TX_1} \cos(\omega\tau) + a_{TCK}\bar{t}_{TX_2} \sin(\omega\tau) \quad (3.21)$$

(3.18)-(3.21) formulalarni (3.14) formulaga qo‘ysak,

$$Q_{p_{0+}} + Q_{p_{1-}} \cos(\omega\tau) + Q_{p_{2-}} \sin(\omega\tau) - \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) \cos(\omega\tau) + \\ + \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) \sin(\omega\tau) - a_{TCK}\bar{t}_{TC_0} - a_{TCK}\bar{t}_{TC_1} \cos(\omega\tau) - \\ a_{TCK}\bar{t}_{TC_2} \sin(\omega\tau) + a_{TCK}\bar{t}_{TC_0} + a_{TCK}\bar{t}_{TC_2} \cos(\omega\tau) + \\ a_{TCK}\bar{t}_{TC_2} \sin(\omega\tau) - \mathcal{G} \quad (3.22)$$

Bu formulani o‘zgaruvchilarga ajratib yechsak, quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$Q_{y_0} - a_{TCK}\bar{t}_{TC_0} + a_{TCK}\bar{t}_{TX_0} - \mathcal{G} \\ Q_{y_1} - \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) - a_{TCK}\bar{t}_{TC_1} + a_{TCK}\bar{t}_{TX_2} - \mathcal{G} \\ Q_{y_2} + \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{TC_1} + \bar{t}_{TC_2}) - a_{TCK}\bar{t}_{TC_2} + a_{TCK}\bar{t}_{TX_2} - \mathcal{G} \quad (3.23)$$

Bu tenglamani $\bar{t}_{TC_0}$, $\bar{t}_{TC_1}$ va $\bar{t}_{TC_2}$ larga nisbatan yechsak

$$\bar{t}_{TC_0} = \frac{Q_y}{a_{TCK}} + \bar{t}_{TC_0} \quad (3.24)$$

tenglik hosil bo‘ladi.

Demak, $\bar{t}_{TC_1}$, $\bar{t}_{TC_2}$ koeffitsiyentlarni hisoblash tenglamalari :

$$\bar{t}_{TC_1} = \frac{\lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (Q_{y_1} + Q_{y_{21}}) + a_{TCX} Q_{y_2} + a_{TCX} \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{T_1} + \bar{t}_{T_2}) + a_{TCX}^2 \bar{t}_{T_1}}{\lambda^2 \frac{\omega}{a} = 2\lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} + a_{TCX}^2} \quad (3.25)$$

$$\bar{t}_{TC_2} = \frac{\lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (Q_{y_1} + Q_{y_2}) + a_{TCX} Q_{y_2} + a_{TCX} \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} (\bar{t}_{T_1} + \bar{t}_{T_2}) + a_{TCX}^2 \bar{t}_{T_2}}{\lambda^2 \frac{\omega}{a} = 2\lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} + a_{TCX}^2} \quad (3.26)$$

yordamida olinadi.

Yil davomida tuproq sirtidagi havo o‘zgarishini, quyosh energiyasini shu tuproq qatlamida yutilishini hisoblashda Toshkent sharoitida tuproqning nur yutish koeffitsiyentini 0,7 ga tengligini e‘tiborga olib, quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$\bar{t}_T = 13,3 + 11,4 \cos(\omega\tau) + 7,4 \sin(\omega\tau) \quad (3.27)$$

$$Q_y = 119 + 53 \cos(\omega\tau) + 15 \sin(\omega\tau) \quad (3.28)$$

(3.24)-(3.26) formulalardan olingan natijalarni:

$$\bar{t}_{TC_0} = 18,8 \quad \bar{t}_{TC_1} = 12,9 \quad \bar{t}_{TC_2} = 9,2$$

kabi aniqlab, tuproq temperaturasi o‘zgarish umumiy tenglamasini

$$\bar{t}_T(x, \tau) = 18,8 + \ell^{-x} \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \left[12,9 \cos\left(\omega\tau - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) + 9,2 \sin\left(\omega\tau - x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \right] \quad (3.29)$$

ko‘rinishda ifodalash mumkin.

Quyosh issiqxonasidashi havo va tuproq temeperaturasining davriy o'zgarish energiyasini akkumulyatsiyalash.

Quyosh issiqxonalarida qish oylarida kechasi havo temperaturasi keskin pasayib ketmasligi uchun nur energiyasini to'plovchi qurilma zarur bo'ladi. Bu masalani to'la hal etmasdan turib quyosh issiqxonalarini muvaffaqiyatli ishlashini ta'minlab bo'lmaydi.

Quyosh energiyasini to'plash (akkumulyatsiyalash) uchga bo'linadi: birinchi, butun yoz davomida to'planib, qishda sarflash; ikkinchi-mavsumli to'plash, bunga kuz oylari to'plab, qishda sarflash; uchunchi - sutkalik to'plash, bunga qish oylarida kunduzi quyosh bo'lganda to'plab, kechasi sarflash kiradi. Quyosh energiyasini to'plash bo'yicha V.A.Mixinop, M.Tepkes, N.I.Gavrilov, N.I.Vilnovskiy, K.A.Kitoryan, Y.N.Yoqubov, R.Y.Rbakova, R.R.Avezov, T.A.Sodiqov, M.D.Kim, B.E.Xayriddinov, A.B.Vardiashvili, V.D.Kim va boshqa ko'plab olimlar ilmiy tekshirish ishlarini olib borganlar.

Qarshi Davlat universiteti geliopoligonida qurilgan akkumulyatorli gelio-issiqxonalarda sutkalik akkumulyatsiyalash masalasi o'rganilgan. Qurilib ishga tushirilgan quyosh issiqxonasida quyosh energiyasi quyidagi qismlarda to'planadi. Birinchidan, tuproqli, qayroq toshli akkumulyatorlarda; ikkinchidan, issiqxona tuprog'ida va devorda; uchinchidan, o'simlik va konstruksiya elementlarida to'planadi. Tuproqli akkumulyatorda issiqlik almashish yuzasi katta bo'lishi uchun maxsus tokchalarda joylashtirilgan. Temperatura davriy o'zgarib turadigan hollar uchun issiqlikni akkumulyatsiyalash bir necha olimlar tomonidan o'rganilib, har xil usullar berilgan. Masalan, to'playdigan material ustida temperatura sinusoidal o'zgarsa, u holda yarim davr ichida berilgan yuzadan o'tib, akkumulyatsiyalanadigan issiqlik miqdori:

$$Q_{q/r} = 0,80 \sqrt{\lambda c \gamma \tau} \cdot F \cdot t_m \quad (3.30)$$

orqali aniqlanadi. Shuningdek, davriy issiqlik ta'sirida energiya akkumulyatsiyalanishini A.M.Shklover, G.Greberva, S.Erk, A.Shak, A.V.Pikov, T.A.Sodiqov, A.B.Vardiashvili, Y.N.Yoqubov, R.R.Avezov, L.R.Rbakova va boshqalar tekshirganlar.

Gelioissiqxonaga o'tgan nur energiyasining bir qismi kun davomida tashqi muhitga issiqlik o'tkazish yo'li bilan beriladi, bir qismi esa akkumulyatsiyalanadi. Akkumulyatsiyalangan energiya bir necha tashkil etuvchilardan iborat:

$$Q_a = Q_a^m + Q_a^g + Q_a^q + Q_a^{yk} \quad (3.31)$$

bu yerda Q_a^m – quyosh issiqxonasi tuprog'ida to'plangan issiqlik miqdori; Q_a^g – issiqxona devorida to'plangan issiqlik miqdori; Q_a^q – akkumulyatorda to'plangan issiqlik miqdori; Q_a^{yk} – o'simliklarda to'plangan va bug'lanishga sarf bo'lgan issiqlik miqdori.

Quyosh issiqxonasida havo haroratining o'zgarishi nostatsionar holda bo'ladi. Issiqxona havosi quyosh energiyasi ta'sirida qiziganda uning bir qismi to'planadi, soviganda esa akkumulyatsiyalangan energiya hisobidan issiqlik beriladi. Hisoblash uchun issiqxona tuprog'i, devori va akkumulyatorda temperatura to'liqlarining o'zgarishini bilish kerak.

Gelioissiqxona sharoitida temperatura va nur energiyasining doimiy o'zgarib turishi, u bilan bog'liq bo'lgan tuproqda va devorda nur yutilishi hisobida temperatura to'liqlarini akkumulyatsiyalaydigan jismlarga o'tishini analitik yo'l bilan aniq hal etib bo'lmaydi.

Shuning uchun ham biz temperatura to'liqlarining o'tishini aniqlash uchun E.Shmidtning chetki ayirmalar usulidan foydalanishimiz mumkin.

Bu usul bo'yicha berilgan tuproq yoki yassi devor Δx qalinlikdagi bir xil qatlamlarga bo'linadi va tuproqning teplofizik xossalari λ , c , γ , asosida (3.34) formula yordamida vaqt intervali $\Delta \tau$ aniqlanib, har qaysi vaqt intervalidan keyingi temperaturalarning taqsimlanishi hisoblab chiqiladi. To'planayotgan energiyani hisoblash uchun issiqxona ekin maydoni, kichik palchalarni hisobga olmaganda, yarim chegaralangan jism shaklida bo'ladi.

Mazkur holda Schmidt tenglamasida faqatgina konvektiv issiqlik almashinish hisobga olinmasdan, balki nurlanish yo'li bilan issiqlik almashish ham kiradi. Jismlar chegarasidagi shartlar, issiqxonadagi temperatura egri chizig'i va quyosh energiyasining kelishiga binoan har bir $\Delta \tau$ moment uchun hisoblanadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (3.32)$$

Shmidt usuli bo'yicha

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2} \quad (3.33)$$

bilan almashtiriladi, bunda

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma}$$

ga teng bo'lib, jismlarning temperatura o'tkazuvchanligi deyiladi. $\Delta\tau$ -ixtiyoriy olinmasdan quyidagi ifoda bilan bog'langandir:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta x^2}{2a} \quad (3.34)$$

Shu bilan birga jism chegarasidagi temperatura o'zgarishi ma'lum bo'lmaganda, har bir qo'shni qatlamdagi temperatura quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_{(n+1)\Delta\tau, m\Delta x} = \frac{(m+1)\Delta x + t_{m\Delta\tau}(m-1)\Delta x}{2} \quad (3.35)$$

bu yerda n , $\Delta\tau$ -vaqt bo'lagining nomeri, m -qatlam nomeri.

Quyosh issiqxonasidagi havo haroratining o'zgarishi ma'lum bo'lsa, issiqlik to'planayotgan tuproq chegarasi ma'lum bo'lmasa, unda konveksiya orqali berish koeffitsiyenti, yutilgan nur energiyasi miqdori va jismning fizik xossalari orqali quyidagi formuladan hisoblab chiqiladi:

$$t_{n\Delta\tau, O\Delta x} = \frac{\gamma\Delta x t_{havo} \lambda t_n \Delta\tau, \Delta x + Q_0 \cos i A_s \Delta x}{\lambda + \gamma\Delta x} \quad (3.36)$$

bu yerda: λ -tuproqning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti; c -tuproqning issiqlik sig'imi; γ -tuproqning zichligi; Q_0 -tushuvchi nur energiyasi miqdori; i -nurning tuproq sirtiga tushish burchagi; A_s -tuproqning tushayotgan nurni yutish koeffitsiyenti; $Q_0 A_s \cos i$ – tuproq tomonidan yutilayotgan nur energiyasi miqdori.

Bu usul bilan issiqxona tuprog'ida issiqlik to'lqinlarining tarqalishini o'rganish orqali unda kun davomida to'planadigan energiya miqdorini hisoblashga erishiladi. Demak, quyosh issiqxonasining tuprog'ida to'plangan energiyani

$$Q_a^T = C\gamma W_{nc} \Delta\bar{t}_1 \quad (3.37)$$

formuladan foydalanib hisoblaymiz.

Bu yerda C - o'rtacha temperaturaga tegishli tuproq issiqlik sig'imi, γ -zichlik, W_{nc} – isigan qatlamning hajmi, $\Delta\bar{t}_1$ – isigan qatlamning o'rtacha temperaturasi.

Quyosh issiqxonasining tuprogi o'ziga xos regenerativ qurilma hisoblanadi, chunki issiqlik almashinish bu holda ham ikki davrga bo'linadi: birinchi davrda issiqlik eltuvchi havo tomonidan issiqlik tuproqqa beriladi va unda akkumulyatsiyalanadi. Ikkinchi davrda esa tuproq soviy boshlaydi va issiqlik havoga beriladi hamda quyosh issiqxonasida mikroiklim shu usul bilan ham yaratilishiga erishiladi.

Jo'yaklardagi tuproqda issiqlik to'lqinlarining taqsimlanishini hisoblash. Ma'lumki tuproqda quyosh nurini (energiyasini) akkumulyatsiyalash (to'plash)ni Furrye qonuniga asosan hisoblash mumkin:

$$q_r(\tau) = -\lambda \left. \frac{\partial t_{\Pi}}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (3.38)$$

bu yerda, $\partial t_{\Pi}/\partial x$ – tuproq sirtida temperaturaning o'zgarish gradiyenti, λ - tuproq sirtiga yaqin qatlamda issiqlik o'tkazuvchanlik.

Shuningdek jo'yakli qiya tuproq qatlami uchun $t_{\Pi}(x, \tau) = \text{const}$ chegaraviy holda issiqlik o'tkazuvchanlik bilan bog'liq differensial tenglamani quyidagi ko'rinishda ifodalash va yechib hisoblash mumkin:

$$t_{\Pi}(x, \tau) = t_{\Pi_0} + e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \left[t_{\Pi_1} \cos(\omega\tau - x) \sqrt{\frac{\omega}{2a}} + t_{\Pi_2} \sin(\omega\tau - x) \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right] \quad (3.39)$$

(3.38) formuladan $\frac{\partial t_{\Pi}}{\partial x} \Big|_{x=0}$ kattalikni (3.39)ga qo'yamiz:

$$q_F(\tau) = \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \left[(t_{\Pi_1} + t_{\Pi_2}) \cos(\omega\tau) - (t_{\Pi_1} - t_{\Pi_2}) \sin(\omega\tau) \right] \quad (3.40)$$

Shunga asosan yil davomida tushadigan quyosh nurining akkumulyatsiyalanish oqimini yarim tebranishi hisobida quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$Q_z = \int_{\tau_1}^{\tau_2} q_F(\tau) \cdot \partial \tau \quad (3.41)$$

Buning uchun (3.41) formulani

$$q_F(\tau) = \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2} \left[\frac{t_{n_1} + t_{n_2}}{\sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2}} \cos(\omega\tau) - \frac{t_{n_1} - t_{n_2}}{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2} \sin(\omega\tau) \right] \quad (3.42)$$

ko'rinishga keltiramiz.

(3.42) ni (3.41) ga qo'yamiz:

$$\begin{aligned} q_F(\tau) &= \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2} [\cos(\omega\tau) \sin(\omega\tau) \cos \varphi] = \\ &= \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \sin(\omega\tau + \varphi) \partial \tau \end{aligned} \quad (3.43)$$

olamiz. $q(\tau)$ ni (3.41)ga qo'yamiz:

$$Q_z = \lambda \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \sqrt{\frac{a}{\omega}} \cdot \frac{2}{\omega} \sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2} = 2c\rho \sqrt{\frac{a}{\omega}} (t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2) \quad (3.44)$$

va qiyasimon jo'yaklarga tushadigan quyosh energiyasi miqdorini aniqlash imkoniyatiga ega bo'lamiz. Bu yerda $\sqrt{t_{n_1}^2 + t_{n_2}^2}$ ifoda jo'yak qiyaligidagi tuproq qatlamida temperatura amplitudasining maksimal o'zgarishini xarakterlaydi. Hisoblashlardan:

$$C = 830 \frac{J}{kg \cdot K}, \quad \rho = 1340 \frac{kg}{m^3}, \quad \alpha = 0,0032 \frac{m^2}{soat}, \quad (3.45)$$

$$t_{n_1} = 15,4 \quad \text{va} \quad t_{n_2} = -5,5$$

$$Q_z = 2 \cdot 830 \cdot 1340 \sqrt{\frac{0,0032}{0,262} (15,4^2 + 5,5^2)} = 4036,4 \frac{kJ}{m^2 \cdot s}$$

Bu miqdor tekis tuproq sirtiga tushib yutiladigan quyosh energiyasining 31 foizini tashkil etadi. Tuproq qiyasimon jo'yak bo'lsa, $t_{n1}=20,3$ va $t_{n2}=8,6$

$$Q_z = 2 \cdot 830 \cdot 1340 \sqrt{\frac{0,0032}{0,262} \cdot (20,3^2 + 8,6^2)} = 546,0 \frac{kJ}{m^2 \cdot s} \quad (3.46)$$

Bu esa tuproqda yutiladigan quyosh energiyasining 42,6 foizini tashkil etadi. Ko'rinish turibdiki, qiyalangan jo'yaklarga tushadigan quyosh energiyasi tekis tuproq sirtiga nisbatan ancha yuqori miqdorda yutilib akkumulyatsiyalanar ekan. Shuning uchun xulosalab aytish mumkinki, qishloq xo'jalik o'simliklarini yetishtirishda plyonka ostida paxta ekish jarayonida tuproqqa tushadigan va yutiladigan quyosh nuri(energiyasi) e'tiborga olinsa, tuproqda issiqlik to'liqlari keng hajm va chuqurlikda tarqalishiga erishiladi. Bu esa o'simlikning rivojlanishi uchun yetarli temperatura va nur energiyasi bilan ta'minlanish imkonini beradi.

3.3-§. Havoning fizik xossalari: nisbiy va absolyut namlik, issiqlik sig'imi va entalpiyasi

Quruq havoning suv bug'i bilan aralashmasi nam havo deyiladi. Atmosfera havosining tarkibi kislorod, azot, karbonad angidrid va turli inert gazlar hamda suv bug'idan iboratdir. Atmosferadagi quruq havo tarkibining 77 % ini azot (N_2), 21 % ini kislorod, 1,4 % ini argon, neon (Ar, Ne) va boshqa inert gazlar va 0,05÷0,06 % ini karbonad angidrid tashkil etadi.

Quruq havoning to'yingan suv bug'i bilan aralashmasi to'yingan nam havo deyiladi. Quruq havoni o'ta qizdirilgan suv bug'i bilan aralashmasi to'yinmagan nam havo deyiladi.

To'yinmagan nam havoni (temperaturasini pasaytirib) sovitib borsak, uning tarkibidagi o'ta qizigan bug' to'yingan holatga o'tadigan temperatura shudring nuqta deyiladi.

Nam havo uchun ideal gaz qonunlari qo'llaniladi. Masalan, qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritish jarayonida havodagi suv bug'i miqdori o'zgarib turadi, ammo quruq havo miqdori o'zgarishsiz saqlanadi, shuning uchun, barcha hisoblashlar 1 kg quruq havo miqdoriga nisbatan olinishi maqsadga muvofiqdir.

Parsial bosim P_k bo'lganda, 1 m³ nam havodagi bug' massasiga son jihatidan teng bo'lgan, bug' zichligiga absolyut namlik deyiladi.

Namlikni o'lchash usullari turli xil bo'lib, moddalarning fizik xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, quyosh qurtxonalarida namlikni o'lchash uchun ko'pincha «psixrometr» va «shudring nuqtasi» deb nomlangan metodlardan foydalaniladi. Bundan tashqari parnik yoki teplitsalarning tuproq qatlamlaridagi temperatura TETS-2 elektron termometr va namlik «dielektrik singdiruvchanlik» asperatsion psihrometr hamda o'ta yuqori chastotali o'lchov asboblardan keng foydalaniladi. Bu metodlar namlikni texnologik jarayon davomida uzluksiz avtomatik o'lchash imkonini beradi. Quyosh qurtxonalaridagi havo turli gazlar va suv bug'ining aralashmasidan iborat bo'lib, undagi atmosfera bosimining bir qismini suv bug'i bosimi tashkil qiladi. Havodagi suv bug'ining mavjud miqdoriga muvofiq havo namligi va bosimi o'zgarib turadi. Ma'lum sharoitda quyosh qurtxonasida pilla qurtini oxiri uxlashiga yaqinlashib qolgan paytlarida tut bargidan suv bug'ini intensiv hosil bo'lishi jarayonida xonadagi havoning biror qismi to'yingan bug' bilan qoplangan bo'lsa, boshqa bir qismi suv bug'iga kam to'yingan bo'lishi mumkin. Havoning bug'ga to'yinishi har xil bo'lishi temperaturaga ham bog'liqdir. Masalan, 1m³ hajmdagi havo namligi 100 % bo'lishi, yani havo bug'ga to'yingan bo'lishi uchun bug' temperaturasi 100⁰C, to'yingan bug' bosimi P_0 760 mm simob ustuniga, yoki 760·133,3 = 100308 N/m² ≈ 10⁵ N/m² ga teng bo'lishi kerakligi aniqlangan. Boshqa temperatura sharoitlarida bug' bilan tuyingan havo bosimi P_0 va namligi ham o'zgarib turadi. Shunday sabablarga ko'ra havo namligi tushunchasidan foydalaniladi.

Havoning nisbiy namligi φ bir xil temperatura sharoitida havodagi suv bug'i bosimining (P) to'yingan havo bosimiga (P_0) nisbati orqali aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} \quad (3.47)$$

φ - kattalik foizlarda yoki nisbiy birliklarda ifodalanadi, ya'ni $0 \leq P \leq P_0$, u holda $0 \leq \varphi \leq 100$ foiz (yoki mos ravishda $0 \leq \varphi \leq 1$). Quruq havo uchun $\varphi=0$, to'yingan havo uchun $\varphi = 100\%$.

Havoning nisbiy namligini o'lchashning psihrometrik metodi bilan tanishamiz.

Psixrometrik metod. Bunda havoning nisbiy namligi psihrometr deb ataladigan maxsus asboblardan yordamida o'lchanadi. Eng sodda psihrometr ikkita bir xil termometrlardan tuzilgan ikki trubkali psihrometrdir. Ulardan biri tekshirilayotgan havo temperaturasini o'lchaydi va quruq termometr deb ataladi. Ikkinchi termometrning simobli kosachasi nam mato bilan o'ralgan va matoning uchi suvli idishga tushirilib qo'yilgan bo'ladi, namlangan termometr deb ataladi.

Tashqi havo harorati ta'sirida suvning mato orqali bug'lanishi termometrni sovitadi. Havoning nisbiy namligi qancha yuqori bo'lsa, bunday bug'lanish shuncha sekin bo'ladi. Havodagi nisbiy namlik 100% bo'lganda suv umuman bug'lanmaydi va quruq termometr temperaturasi hul termometrning temperaturasiga teng bo'lib qoladi. Nisbiy namlikni aniqlashda psihrometrning bu xususiyatidan foydalaniladi. Havo yoki gazsimon moddalarning nisbiy

namligi, quruq va nam termometrlar ko'rsatgan temperaturalar farqi $\theta_q - \theta_n$ asosida maxsus psixrometrik jadval (3.1-jadval) orqali topiladi. Nisbiy namlik

$$P = P' - A \cdot (\theta_q - \theta_n) \cdot P_{bar}$$

yoki

$$P = P' - K_n \cdot P_{bar} \quad (3.48)$$

psixrometrik formulaga muvofiq ham hisoblash mumkin.

Bu yerda P -havodagi suv bug'ining bosimi; N/m^2 ; P' -nam termometr ko'rsatadigan temperaturadagi to'yingan bug' bosimi; N/m^2 . $K_n = A \cdot (\theta_q - \theta_n)$ -psixrometrik koeffitsiyent; P_{bar} - barometrik atmosfera bosimi; A - psixrometrik kattalik. $\frac{1}{C^0}$

3.1-jadval.

Temperatu- raning psixrometrik farqi	Quruq termometr ko'rsatkichiga muvofiq havoning nisbiy namligi, %							
	0	10	16	20	30	40	50	60
0,5	91	94	96	96	97	97	97	97
1,0	82	88	91	91	93	94	95	95
2,0	65	78	81	82	86	88	90	90
3,0	48	65	72	74	79	82	84	85
4,0	33	54	62	66	72	77	79	81
5,0	20	44	54	58	66	71	74	77
6,0	-	34	46	51	61	66	70	73
8,0	-	15	30	36	50	56	62	66
10,0	-	-	16	24	40	48	54	60
12,0	-	-	-	11	30	40	47	52
14,0	-	-	-	-	20	32	41	46
16,0	-	-	-	-	13	25	34	40
18,0	-	-	-	-	-	19	29	35
20,0	-	-	-	-	-	-	12	30
25,0	-	-	-	-	-	-	12	20
30,0	-	-	-	-	-	-	-	11

Nisbiy namlikni topish uchun:

- 1) Havodagi suv bug'ining bosimi P ning qiymati formula (3.48) ga muvofiq hisoblanadi;
- 2) Bug' bilan to'yingan havo bosimi P_0 psixrometrik jadvallardan topiladi;
- 3) So'ngra $\varphi = \frac{P}{P_0}$ bo'yicha havoning nisbiy namligi hisoblanadi.

Psixrometrik kattalik A ning qiymati psixrometrning konstruktsiyasi, nam termometrning yonidagi gaz yoki havoning harakat tezligi $\mathcal{G}$ va atmosfera bosimi P_{bar} ga bog'liq ravishda aniqlanadi va psixrometrik jadvaldan topiladi. Agar havo yoki gaz tezligi $\mathcal{G} > 0,5 m/s$ bo'lsa, A ning qiymati emperik formula

$$A = 10^{-5} \cdot \left(65 + \frac{6,75}{\mathcal{G}} \right) = 10^{-5} \cdot \left(65 + \frac{6,75}{2,5} \right) = 10^{-5} \cdot 67,7 \quad (3.49)$$

orqali hisoblab topiladi. Bunda $\mathcal{G}$ - nam termometr yonidagi havo yoki gaz harakatining tezligi.

Agar $\mathcal{G} < 0,5 m/s$ bo'lsa, A ning qiymati 4.2-jadvaldan topiladi.

$\mathcal{G}, m/c$	0,11	0,14	0,16
A	$0,836 \cdot 10^{-3}$	$0,730 \cdot 10^{-3}$	$0,738 \cdot 10^{-3}$
$\mathcal{G}, m/c$	0,21	0,33	0,41

A	$0,722 \cdot 10^{-3}$	$0,710 \cdot 10^{-3}$	$0,690 \cdot 10^{-3}$
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Amalda suv bug‘ini nam termometr temperaturasi bo‘yicha bosimi P' va quruq termometr temperaturasi bo‘yicha bosimi P psixrometrik jadvalardan topiladi. Psixrometrik metod bo‘yicha nisbiy namlikni hisoblashni quyidagi misollardan ko‘rish mumkin:

Berilgan: atmosfera bosimi $P_{bar}=99300 \text{ N/m}^2$;

quruq termometrning ko‘rsatishi $\theta_k=30^\circ \text{C}$

nam termometrning ko‘rsatishi $\theta_h=22^\circ \text{C}$

nam termometr atrofidagi havo harakatining tezligi $g=2,5 \text{ m/s}$;

a) havoning nisbiy namligini psixrometrik formula bo‘yicha hisoblash;

1) formula (4.49) bo‘yicha A ning qiymati topiladi:

$$A = 10^{-5} \cdot \left(65 + \frac{6,75}{g} \right) = 10^{-5} \cdot \left(65 + \frac{6,75}{2,5} \right) = 10^{-5} \cdot 67,7$$

2) nam termometr ko‘rsatishi $\theta_h=22^\circ \text{C}$ ga muvofiq psixrometrik grafikdan P' ni topamiz:
 $P'=2,62 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$.

3) shundan so‘ng psixrometrik formula bo‘yicha P ni topiladi.

$$m = m^1 - A \cdot (\theta_h - \theta_k) \cdot m_p = 2,62 \cdot 10^3 - 67,7 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 99300 =$$

$$= 2,62 \cdot 10^3 - 537,9 = 2092,2 \text{ N/m}^2 \quad (3.50)$$

quruq termometr ko‘rsatishiga ($\theta_k=30^\circ \text{C}$) muvofiq bug‘ bilan to‘yingan havodagi suv bug‘i bosimini ham psixrometrik grafikdan topiladi. ($P=4,2 \cdot 10^3$). Endi havoning nisbiy namligini topish mumkin:

$$\phi = \frac{P}{P_0} = \frac{2092,2}{4200} = 0,49816 \approx 50\%$$

$\phi=50\%$ havoning nisbiy namligi;

b) havoning nisbiy namligini psixrometrik jadvaldan topish:

$\Delta\theta=30-22=8^\circ \text{C}$, $\theta_k=30^\circ \text{C}$ va $g=2,5 \text{ m/s}$ bo‘lganda 3.1-jadvaldan havoning nisbiy namligini $\phi \approx 50\%$ topiladi.

Amalda nisbiy namlikni o‘lchash va nazorat qilishni avtomatlashtirish uchun oddiy termometrlar o‘rnida termoparalar yoki qarshilikli termometrlardan tuzilgan psixrometrlardan foydalaniladi. Psixrometrik koeffitsiyent A ning o‘zgarmas bo‘lishini ta‘minlash uchun havo yoki gaz tezligini o‘zgarmas ravishda va $3-4 \text{ m/s}$ dan kam bo‘lmasligini sun‘iy ravishda ta‘minlab turiladi. Buning uchun ventilyatordan foydalanish mumkin.

“Shudring nuqtasi” metodi: havo tarkibida bug‘ bo‘lgani uchun o‘zgarmas havo bosimi sharoitida u sovitilsa, ma‘lum temperaturada θ_T havodagi bug‘ shudringga aylanadi. Bu temperatura “Shudring nuqtasi” deb ataladi. Shudring nuqtasi temperaturasi θ_T ma‘lum bo‘lsa, shudring nuqtasining to‘yingan suv bug‘i bosimi P_T ni psixrometrik grafik orqali aniqlash mumkin. Shuningdek, namlikka tekshirilayotgan havo bosimi o‘zgarmas $P_V=const$ bo‘lganda uning bug‘ga to‘yingan bosimi P_0 ma‘lum havo temperaturasi R_k ga muvofiq psixrometrik jadval yoki grafiklardan topiladi. Shundan so‘ng havoning nisbiy namligini aniqlash mumkin bo‘ladi.

$$\phi = \frac{P_{sh}}{P_V} \cdot 100\% \quad (3.51)$$

Havoning shudring nuqtasi temperaturasi θ_T ni topishni avtomatlashtirish uchun amalda gigrometrlardan foydalaniladi.

Nam havo tarkibidagi suv bug‘i massasi M_b ni, quruq havo massasi M_x ga nisbatiga havoning nam saqlashi deyishadi d bilan belgilanadi hamda kg/K mollarda o‘lchanadi.

$$d = \frac{M_b}{M_x} \quad (3.52)$$

Ideal gazning holat tenglamasi asosida quruq havo va suv bug'i massalarini aniqlab (3.51) formulaga qo'yamiz:

$$d = \frac{P_b \cdot V}{R_b \cdot T} : \frac{m_x \cdot V}{R_x \cdot T} = \frac{R_x \cdot P_b}{R_b \cdot m_x} = \frac{M_b \cdot m_b}{M_x \cdot m - m_b} \quad (3.53)$$

Agar $P_b = \varphi \cdot P_0$, $M_b = 18,06 \text{ kg/mol}$ va $M_x = 28,95 \text{ kg/mol}$ bo'lsa, u holda

$$d = \frac{18,06}{28,95} \cdot \frac{\varphi \cdot P_0}{P - \varphi \cdot P_0} = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_0}{P - \varphi \cdot P_0} \quad (3.54)$$

Havo suv bug'i bilan to'la to'yintiriladigan holatda ($\varphi = 1,0$) keladigan bo'lsa, havoning nam saqlashligi maksimal miqdorga yetadi.

$$d_{Maj} = 0,622 \cdot \frac{m_0}{m - m_0} \quad (3.55)$$

Qaynash temperaturasida, agar to'yingan bug'ning bosimi P_0 atmosfera bosimi P ga teng bo'lib qolsa, $d \rightarrow \infty$ ga intiladi.

Nam havoning issiqlik sig'imi va entalpiyasi

Izobarik jarayonda nam havoning issiqlik sig'imi C_p , 1 kg quruq havoning 1 kg nam havoga nisbatan aniqlanadi. U 1 kg quruq havo issiqlik sig'imini, d kg bug' miqdori yig'indisiga teng bo'ladi:

$$C_p = C_{px} + d \cdot C_{p\phi} \quad (3.56)$$

Termodinamik hisoblashlar jarayonidanam havo katta bo'lmagan temperatura oralig'ida izobarik jarayonidagi solishtirma issiqlik sig'imi o'zgarmas,

$$C_{px} = 1,00 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} = \text{const},$$

Suv bug'ining izobarik jarayondagi solishtirma issiqlik sig'imini $C_{p\phi} = 2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} = \text{const}$ deb belgilash mumkin. Bu holda (4.56) formula

$$C_p = 1,0 + 2d \quad [\text{kJ/(kg} \cdot \text{K)}] \quad (3.57)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Nam havoning entalpiyasi ham gaz aralashmasining entalpiyasi kabi, 1 kg quruq havo va d kg suv bug'i tartibida aniqlanadi:

$$h = h_x + d \cdot h_\phi \quad (3.58)$$

1 kg quruq havoning entalpiyasi

$$h_x = C_{px} \cdot t = i \quad [\text{kJ/(kg} \cdot \text{K)}] \quad (3.59)$$

ga teng bo'ladi.

1 kg bug'ning entalpiyasini (kJ/kg) hisoblashda suvning 0°C dagi bug'lanish issiqligi 2500 kJ/kg ga teng deb qabul qilingan. Bug'ning issiqlik sig'imi esa $-2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ teng bo'lib, uning entalpiyasi:

$$2500 + 2t \quad (3.60)$$

Bunda

$$h = t + (2500 + 2t) \cdot d \quad (3.61)$$

formula yordamida aniqlanadi.

3.4-§. Issiqlik o'tkazuvchanlik, nostatsionar va statsionar issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik o'tkazuvchanlikning fizik mohiyati

Issiqlik uzatish tushunchasi beshta asosiy fizik kattalik bilan xarakterlanadi.

1. Issiqlik oqimi - (Q) deb vaqt birligida ma'lum sirtidan o'tayotgan Q_0 issiqlik miqdoriga aytiladi, ya'ni

$$Q = \frac{Q_0}{\tau}, \quad \left[\frac{J}{s} = Vt \right] \quad (3.62)$$

bo'ladi. Demak, Q birligi $Vt, kVt, \dots$ da o'lchanadi.

2. Issiqlik oqimi zichligi (q) yoki solishtirma oqim (ayrim vaqtlarda issiqlik zo'riqishi deb ham ataladi) deb, vaqt birligida yuza birligidan o'tadigan issiqlik miqdoriga aytiladi, ya'ni

$$q = \frac{Q_0}{F \cdot \tau}, \quad \left[\frac{J}{m^2 \cdot s} = \frac{VT}{m^2} \right] \quad (3.63)$$

bo'ladi. Bundan tashqari issiqlik oqimining zichligi $\frac{kVt}{m^2}, \frac{IVt}{m^2}$ larda ham o'lchanadi.

3. Harorat maydoni. Fazo nuqtalarining (yoki jism nuqtalarining) haroratlari majmuiga *haroratlar maydoni* deyiladi.

Agar haroratni t deb belgilasak, bu t nuqtaning turish joyini ifodalaydigan koordinatalar x, y, z va vaqt τ ga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun

$$T = f(x, y, z, \tau) \quad (3.64)$$

ko'rinishida ifodalanadi. Bu tenglama uch o'lchamli maydon haroratini ifodalaydi.

(3.64) tenglamada - vaqt va koordinatalarga bog'liq bo'lgan harorat maydoniga nostatsionar harorat maydoni deyiladi. Bunday vaqtga bog'liq bo'lgan jarayonlarga nostatsionar jarayonlar deyiladi. Agar t harorat o'zgarishi τ ga bog'liq bo'lmasa, statsionar maydon va statsionar jarayonlar deyiladi. Bu holda (3.64) tenglama

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (3.65)$$

ko'rinishida ifodalanadi va uch o'lchamli statsionar harorat maydonini xarakterlaydi.

Agar harorat maydoni faqat tekis sirt uchun aniqlanishi lozim bo'lsa, bunday holni ikki o'lchamli maydon deyiladi va temperatura maydon nostatsionar va statsionar holatlarga mos ravishda $t = f(x, \tau)$ va $t = f(x)$ ko'rinishida ifodalanadi.

4. Izoterma chiziqlari. Jismning bir xil temperaturali nuqtalarini tutashtiruvchi chiziqqa *izoterma chizig'i* deyiladi. Agar jism sirtining hamma nuqtalarining temperaturasi bir xil qiymatga ega bo'lsa izotermik sirtlar deb aytiladi.

Izotermik sirtlar tekislik, silindrik sirt, shar sirti, ellipsoid sirt va boshqa shakllarda bo'lishi mumkin. Agar F_1, F_2 izotermik sirtlar temperaturalari t_1 va t_2 hamda $t_2 > t_1$, bo'lsa, termodinamikaning ikkinchi qonuniga asosan Q issiqlik miqdori F_1 dan F_2 ga o'tadi. Bu issiqlik miqdori Q sirtlar temperaturalarining farqi $\Delta t = t_2 - t_1$ va sirtlar orasidagi Δx masofaga bog'liq.

Boshqacha aytganda Δt ortganida va Δx kamayganda, ya'ni $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ ortganda Q ning miqdori ortadi.

5. Harorat gradiyenti. Izotermik sirtlarga o'tkazilgan normal (x) yo'nalishida sirtlar orasidagi masofa bir birlikka o'zgarganda temperaturani qanchaga o'zgarishini ifodalaydigan kattalikka *harorat gradiyenti* deb aytiladi.

Ta'rifdan kelib chiqadiki, temperatura gradiyenti $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ ifodaning $\Delta x \rightarrow 0$ dagi limitiga teng, ya'ni

$$gradt = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) = \frac{\partial t}{\partial x} \quad (3.66)$$

bundan $gradt_x - x$ yo'nalishdagi temperatura gradiyenti deb ataladi va temperaturadan x bo'yicha olingan hosilaga teng degan xulosa chiqadi. Demak, issiqlik oqimi va temperatura gradiyenti vektorlari bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan ekan.

Temperatura gradiyenti uch o'lchamli maydonlarda

$$gradt_x = \frac{\partial t}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial t}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial t}{\partial z} \vec{k} \quad (3.67)$$

ko‘rinishda ifodalanadi. Ikki o‘lchamli maydon uchun

$$\text{grad}t_x = \frac{\partial t}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial t}{\partial y} \vec{j} \quad (3.68)$$

ko‘rinishida va bir o‘lchamli maydon uchun esa

$$\text{grad}t_x = \frac{\partial t}{\partial x} \vec{i} \quad (3.69)$$

shaklida ifodalanadi. Bunda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ birlik vektorlardir.

Nostatsionar holatda issiqlik o‘tkazuvchanlik. Furiye qonuni

Issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan issiqlik ko‘chirish hajm bo‘yicha temperatura taqsimlanishiga bog‘liq bo‘ladi. Vaqt birligida jismning barcha nuqtalarida temperaturaning bir xil bo‘lishiga temperatura maydoni deyiladi. Yuqorida aytganimizdek, jismning temperatura taqsimlanishi vaqt birligida uch x, y, z koordinatalarning funksiyasi sifatida (3.64) formula bilan ifodalanadi. Agar jismning temperaturasi vaqt birligida o‘zgarmasa: $t=f(\tau)$ bunday holat statsionar holat yoki jismning temperatura maydoni statsionar deyiladi.

Agar jismning temperaturalari aniqlanadigan nuqtalar vaqt birligida o‘zgarib boradigan bo‘lsa, jismning bunday holatiga $t=f(\tau)$ nostatsionar holat yoki bunday temperatura maydoniga nostatsionar temperatura maydoni deyiladi. Jismning barcha nuqtalarida temperatura bir xil bo‘lsa, bunda maydondagi temperatura izotermik deyiladi.

Agar jismning temperaturasi izotermik yuzadan temperatura o‘sishiga tomon yo‘nalishda bo‘lsa, jismning bunday temperatura o‘zgarishiga gradiyent temperatura deyiladi. Furiye qonuniga asosan issiqlik uzatish uchun beriladigan issiqlik oqimining zichligi temperatura gradiyentiga proporsional bo‘ladi.

$$q = \lambda \text{grad}t \quad (3.70)$$

bu yerda λ - issiqlik uzatish koeffitsiyenti.

λ ning o‘lchov birligi $[Vt/sm \cdot K]$, minus ishora esa issiqlik oqimining zichligi q vektorining yo‘nalishi $\text{grad}t$ - temperatura gradiyenti vektorining yo‘nalishiga qarama-qarshiligini bildiradi.

Issiqlik oqimining zichligi q ning n -normal yo‘nalishidagi proyeksiyasi:

$$q_n = q \cos \varphi = -\lambda \text{grad}t \cos \varphi \quad (3.71)$$

tenglama bilan aniqlanadi. Bunda

$$\lambda \text{grad}t \cos \varphi = \frac{\partial t}{\partial n}$$

yoki

$$q_n = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (3.72)$$

ko‘rinishda ifodalash mumkin. Shuningdek dF yuzali jismning beradigan issiqlik oqimi δQ_n , n -normal yo‘nalishda ya‘ni yuzaga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lsa:

$$\delta Q_n = q_n dF = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right) dF \quad (3.73)$$

ko‘rinishda ifodalanadi. (3.73) ni integrallasak

$$Q = \int_F \delta Q_n = - \int_F \lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right) dF \quad (3.74)$$

ga teng bo‘ladi.

(3.70) formula, Furiye qonunining matematik ifodalanishida jismning issiqlik o‘tkazuvchanlik formulasi quyidagicha

$$\lambda = \frac{q}{\text{grad}t} \quad (3.75)$$

Gazlar molekulyar kinetik nazariyasiga asosan gazlarda issiqlik o'tkazuvchanlik, molekulalarning intensiv harakat tezligiga bog'liq bo'ladi. Temperatura ko'tarilishi bilan gaz molekulalarining issiqlik harakat tezligi ortadi va molekulalar harakati kamayadi.

Eng yaxshi issiqlik o'tkazuvchi gaz bu vodoroddir. Uy temperaturasida vodorodning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda \approx 0,2 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$. Og'ir gazlarda esa issiqlik o'tkazuvchanlik kichik bo'ladi.

Uglerod ikki oksidining issiqlik o'tkazuvchanligi $\lambda \approx 0,02 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$, havoniki $\lambda \approx 0,025 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ ga teng.

Metallarda erkin elektronlarning issiqlik harakati tufayli issiqlik o'tkazuvchanligi gazlardagiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Eng yaxshi issiqlik o'tkazuvchi metallarga kumush va mis kiradi. $\lambda \approx 400 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ kumush uchun; $\lambda \approx 50 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ mis uchun.

Ammo metallar aralashmasidan iborat jismlarga issiqlik o'tkazuvchanlik sof metallarga nisbatan kichik bo'ladi. Shuningdek metall bo'lmagan qattiq jismlarni ham issiqlik o'tkazuvchanligi kichik bo'lib, $\lambda \approx 10 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ atrofida bo'ladi. Paxta qoplamali qatlamlarning issiqlik o'tkazuvchanligi $\lambda < 0,25 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ bo'ladi. Pishirilmagan g'ishtning issiqlik o'tkazuvchanligi $\lambda \approx 1 \text{ Vt/(M}\cdot\text{K)}$ ga yaqin bo'ladi.

Statsionar holatda issiqlik o'tkazuvchanlik.

Qalinligi δ va tomonlaridagi temperaturalar t_1 va t_2 bo'lgan yassi devor ($t_1 > t_2$) orqali issiqlik oqimini qaraymiz. Temperatura yassi devor qalinligi bo'yicha o'zgaradi, ya'ni bir o'lchamli x - koordinata bo'yicha o'zgaradi. Bu holda

$$\text{grad } x_5 \text{ } dt/dx \quad (3.76)$$

Formulani yassi devor orqali statsionar jarayonda bo'ladigan issiqlik o'tkazuvchanlik uchun ifodalasak

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (3.77)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

Yassi devor orqali statsionar rejimda q - issiqlik oqimi zichligini taqsimlanishi o'zgarmasdan saqlanadi. Bunda yassi devorning issiqlik o'tkazuvchanligi λ

$$\bar{t} = 0,5(t_1 + t_2) \quad (3.78)$$

temperaturaga bog'liq bo'lmaydi. Bu holda t temperatura:

$$-\frac{q}{\lambda} = \frac{dt}{dx} = \text{tg } \gamma = \text{const} \quad (3.78)$$

x koordinataga chiziqli bog'langan bo'ladi. (3.77) formulaning chap tomonidagi t ni t_1 va t_2 bo'yicha integrallaymiz:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = -\frac{q}{\lambda} \int_0^{\delta} dx \quad (3.80)$$

hamda q -issiqlik oqimini zichligini hisoblaymiz:

$$q = (t_1 - t_2) \frac{\lambda}{\delta} \quad (3.81)$$

yoki

$$Q = qF = (t_1 - t_2) \frac{\lambda F}{\delta} \quad (3.82)$$

tenglik olinadi. Bu formula yassi devor orqali uzatiladigan issiqlik miqdorini hisoblashdagi asosiy formuladir. Bu yerda $\frac{\lambda F}{\delta}$ - yassi devorning issiqlik o'tkazuvchanligi deyiladi.

Bu kattalikka teskari miqdor esa $\frac{\lambda F}{\delta} = \left[\frac{K}{Bm} \right]$ - termik qarshilik deyiladi va R_λ bilan belgilanadi. Agar bu kattalikni e'tiborga olsak, (4.82) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q = (t_1 - t_2) / R_\lambda \quad (3.83)$$

va bu elektrotexnikadagi *Om* qonuniga o'xshaydi.

1-misol. Qalinligi 200 mm, balandligi 2,5 m va uzunligi 2 m bo'lgan yassi beton devor tomonlaridagi temperaturalar $t_1=20^\circ\text{C}$, $t_2=10^\circ\text{C}$ ga teng. O'tadigan issiqlik oqimi Q ni aniqlang. Beton devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti $\lambda=1\text{Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ga teng.

$$Q=(t_1-t_2)\frac{\lambda F}{\delta} \quad F=IH$$

Yechish: $Q=(20+10)\cdot 1\cdot 2,5\cdot 2/0,2=750\text{ Vm}$.

2-misol. Yassi devordan o'tadigan issiqlik oqimining zichligi $q=100\text{ Vt}/\text{m}^2$, devorning qalinligi $\delta=20\text{ mm}$, devor tomonlaridagi temperaturalar farqi $\Delta t=20^\circ\text{C}$ bo'lsa, yassi devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlang.

$$\text{Formula} \quad q=(t_1-t_2)\frac{\lambda}{\delta}; \quad \lambda=\frac{q\delta}{t_1-t_2}$$

Yechish: $\lambda=\frac{100\cdot 0,25}{20}=0,25\text{ Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Agar yassi devor qatlami bir nechta bo'lsa, u holda (3.83) formuladan foydalanib, ko'p qatlamli devor orqali uzatiladigan issiqlik oqimini hisoblash mumkin. Masalan, binoning pishirilgan g'ishtdan tayyorlangan devori va uning sirti sement-qum aralashmali suvoq hamda uning sirti bo'yoqlansa uch qatlam hosil qiladi. Bu uch qatlamlarning issiqlik uzatish qarshiliklarining yig'indisi umumiy issiqlik uzatish qarshiligiga teng bo'lib:

$$R_\lambda=\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}=\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F\lambda_i} \quad (3.84)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

Bu formulani e'tiborga olib, (3.83) formulani ko'p qatlamli devor uchun quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q=\frac{t_1-t_{(n+1)}}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}}=\frac{t_1-t_{(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{F\lambda_i}} \quad (3.85)$$

Har bir qatlamda temperatura taqsimlanishi chiziqli, ammo umumiy qatlamga nisbatan egri qiyalikni hosil qiladi. (3.79) formuladan

$$\text{tg}\gamma_i=-q/\lambda_i=-\frac{Q}{(F\cdot\lambda_i)}$$

Tajribalar ko'rsatadiki, statsionar rejimda qatlamlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari har xil bo'ladi, temperatura taqsimlanishi ham har xil bo'lib, issiqlik oqimi zichligi o'zgarmasdan qoladi. Bu esa issiqlik saqllovchi materiallarda muhim ahamiyatga egadir. Shunga asosan temperatura o'zgarishini qatlam oxiridagi qiymati:

$$t_{(k+1)}=t_1-Q\sum_{i=1}^n R_{\lambda i} \quad (3.86)$$

formula yordamida aniqlanadi.

Agar issiqlik o'tkazuvchanlikni silindrsimon devorlarda aniqlanishi talab etilganda, undan o'tadigan issiqlik tashuvchining temperaturasi bilish zarur bo'ladi. Ko'p hollarda tsilindrsimon trubalardan issiq suv, bug' yoki issiq havo harakatlanadigan (oqadigan) rejimlarni o'rganishga to'g'ri keladi. Bunday hollarda dastlab silindrsimon truba devorlari bo'ylab issiqlik taqsimlanishini o'zgarmas temperaturada hisoblanadi. Trubaning ichki va tashqi sirtlaridagi temperaturalar bir o'lchamli holatda o'rganiladi. Silindrik quvurning r radiusi bo'yicha temperatura o'zgarib, bo'ylama va silindrik truba perimetri bo'yicha temperatura o'zgarmaydi. Shuning uchun bu holda

$$t=\frac{dt}{dr} \quad (3.87)$$

tenglik mos keladi. Bunda Furiye qonuni

$$q = -\lambda \left(\frac{dt}{dr} \right) \quad (3.88)$$

yoki

$$Q = Fq = -2\pi r \ell \lambda \left(\frac{dt}{dr} \right) \quad (3.89)$$

orqali ifodalanadi.

(3.89) tenglamani silindrik devor qalinligi bo'yicha integrallab, issiqlik oqimini aniqlaymiz. Bunda $q = \frac{Q}{F} = \text{const}$ $F = 2\pi r \ell$ tenglikni e'tiborga olinadi. Demak $Q = -2\pi r \ell \lambda dt$ yoki

$$dt = -\frac{Q}{2\pi \lambda l} \cdot \frac{dr}{r} \quad (3.90)$$

$$\int dt = -\frac{Q}{2\pi \lambda l} \cdot \int \frac{dr}{r}$$

$$t = -\frac{Q}{2\pi \lambda l} \ln \frac{1}{r} + C \quad (3.91)$$

Silindrik quvurlarda temperaturani radius bo'yicha o'zgarishi logarifmik qonun asosida amalga oshar ekan. (3.90) tenglamani t_1 va t_2 , hamda r dan r_1 , r_2 gacha integrallab, silindrik trubalar devoridan uzatiladigan issiqlik oqimini aniqlaymiz:

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi \lambda l} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{t_1 - t_2}{R_\lambda} \quad (3.92)$$

bu yerda

$$R_\lambda = \frac{1}{2\pi \lambda l} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad (4.93)$$

bo'lib, silindrik devorning termik qarshiligini hisoblash formulasi deyiladi.

Ko'p qatlamli silindrik devorlardan uzatiladigan issiqlik oqimini hisoblashda, barcha qatlamlarning termik qarshiliklarini e'tiborga olib,

$$Q = \frac{t_1 - t_{(n+1)}}{\sum_{i=1}^n R_{\lambda i}} = \frac{t_1 - t_{(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i l} \ln \frac{d_{(n+1)}}{d_i}} \quad (3.94)$$

ko'rinishda ifodalaymiz.

Olib boriladigan tadqiqotlar sharsimon jismlarda amalga oshiriladigan bo'lsa, u holda sharning ichki temperaturasi t_1 , tashqi qismidagi temperatura t_2 bo'lsa va ichki radius r_1 , tashqi radius r_2 ga teng bo'lsa, sferik koordinatalar sistemasida shar sirtiga uzatiladigan issiqlik oqimi

$$Q = q \cdot F = -\lambda F \left(\frac{dt}{dr} \right) = -\lambda 4\pi r^2 \left(\frac{dt}{dr} \right) \quad (3.95)$$

formula yordamida aniqlanadi. Bu formulani t_1 va t_2 , r_1 dan r_2 gacha integrallaymiz:

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = \frac{Q}{4\pi \lambda} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} \quad (3.96)$$

Bundan, shar devor orqali uzatiladigan issiqlik oqimi Q ni:

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{4\pi \lambda} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{t_1 - t_2}{R_\lambda} \quad (3.97)$$

tenglama yordamida hisoblash mumkin.

Issiqlik o'tkazuvchanlikning fizik mohiyati va qo'llanilishi.

Demak sharsimon jismlar, tuproq osti issiqlik akkumulyatorlari uchun ishlatiladigan qayroq toshlarda sutka davomida temperatura o'zgarishini hisoblashda yechiladigan masalalarning fizik mohiyatiga asosiy e'tiborni qaratish lozim bo'ladi.

Shuning uchun kunduz kunlari gelioissiqxona-quritgichlarda ishlatiladigan qayroq toshlar, silindrik quvurlarda issiqlik tashuvchi massa havo harakati bilan bog'liq holda temperatura o'zgarishiga erishadi.

Kechalari harorat pasayishi bilan teskari jarayon amalga oshadi. Bunday jarayonlarda temperatura taqsimlanishiga muvofiq issiqlik oqimini hisoblash bilan sodir bo'ladigan teplofizik masalani yechilishiga erishiladi.

3.5-§. Uzatiladigan issiqlik miqdori. Termodinamikaning birinchi bosh qonuni. Ichki energiya. Termodinamik sistemalarining o'zaro ta'siri

Jismlarda issiqlik holatini obyektiv baholashda quyidagi fikrdan foydalaniladi:

Yakkalangan sistemani tashkil qiluvchi jismlarda issiqlik o'zgarishlaridan boshqa o'zgarishlar yuz bermayotgan bo'lsa, yetarli darajada uzoq vaqt bir-biriga tegib turgandan keyin, ularning temperaturasi bir xil bo'lib qoladi. Temperaturalarni o'lchash mana shu fikrga asoslangan. Temperaturani o'lchash uchun ixtiyoriy fizik kattalik bilan temperatura orasidagi munosabatdan foydalanish mumkin. XVIII asrning birinchi yarmida ba'zi olimlar jism temperaturasining ortishiga molekulalarning harakati sabab bo'ladi, deb hisoblaganlar. M.V.Lomonosov jismlarning issiqlik holatlarini molekulalarning aylanma harakatlari bilan bog'laydi va bu harakat moddaning hamma agregat holatlari uchun birdan-bir umumiy harakatdir, deb hisoblaydi.

M.V.Lomonosov 1944-yilda yozgan "Issiq va sovuqning sababi haqida mulohaza" nomli asarida issiqlik molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy qoidalarini bayon qiladi hamda misollar yordamida o'sha davrdagi teplorod nazariyasini tanqid qiladi.

Teplorod nazariyasiga ko'ra, issiqlik yo'qdan bor bo'lmaydigan va bordan yo'q bo'lmaydigan va teplorod deb ataladigan moddadir. Teplorod faqat issiqroq jismlardan sovuqroq jismlarga o'tadi, deb hisoblangan. Issiq jismda teplorod ko'p, sovuq jismlarda kamroq, degan nazariya XIX asrning o'rtalarigacha saqlanib keldi.

Teplorod nazariyasi asosida kalorimetrik o'lchash metodi rivojlandi va uzatilayotgan Q issiqlik miqdori tushunchasi vujudga keldi. Birinchi kalorimetrik o'lchashlar 1750-1751 yillarda Sankt-Peterburgda G.V.Rixman tomonidan o'tkazildi.

Uzatilgan issiqlik miqdori tushunchasini quyidagi tajriba yordamida tushuntirish mumkin. Bir xil idish olib, bu idishga T_0 temperaturali bir xil hajmda suv olinadi. Tarkibi har xil, ammo massalari teng m bo'lgan, masalan temir va qo'rg'oshin olib, ular T temperaturagacha qizdiriladi. (Bunda $T > T_0$ ekanligi ta'minlanishi lozim). Bu jismlardan birinchi jismdagi suvni birinchisiga, ikkinchisini idishning ikkinchisidagi suvga solinadi va jismlar bilan suvning temperaturasi tenglashguncha kutib turiladi. Kuzatishlar natijasida temir solingan suv qo'rg'oshin solingan suvga qaraganda ko'proq isiganligi ma'lum bo'ladi. Bundan qo'rg'oshinga qaraganda temir ko'proq Q issiqlik miqdori berdi deb tushuntirish mumkin.

Shuningdek, bir xil tartibga ega bo'lgan jismlar bilan tajribalar o'tkazib, jismning massasi qancha katta bo'lsa va jism dastlab qanchalik yuqori temperaturagacha isitilgan bo'lsa, suvga shuncha ko'p miqdorda issiqlik uzatilishini aniqlash mumkin. Shu tajribalar asosida jismga berilgan yoki olingan issiqlik miqdori ΔQ jism temperaturasining ΔT o'zgarishiga va uning m massasiga muvofiq bo'ladi deb qabul qilindi:

$$\Delta Q = cm\Delta T \quad (3.98)$$

c -kattalik solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi. Uzatilgan issiqlik miqdorining birligi (J) sifatida $1g$ suvning temperaturasini $1C^\circ$ ga orttirish uchun unga berilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdori olingan.

M.V.Lomonosov va G.V.Rixman birgalikda 1744-yilda uzatilgan ΔQ issiqlik miqdorini kalorimetrik tajribalar asosida tekshirish natijasida issiqlik balansi (balans-fransuzcha muvozanat

demakdir) qonunini kashf etdilar: Soviyotgan barcha jismlarning bergan issiqlik miqdorlari $\sum_1^n Q_{ber}$ ning yig'indisi isiyotgan barcha jismlar olgan issiqlik miqdorlari $\sum_1^n Q_{ol}$ ning yig'indisiga teng:

$$\sum_1^n Q_{ber} = \sum_1^n Q_{ol} \quad (3.99)$$

Masalan: Sovuq suv T_1 temperaturadan Q gacha isiganda olgan issiqlik miqdori:

$$Q_{ol} = cm_1(q - T_1) \quad (3.100)$$

Issiq suv T_2 temperaturadan Q gacha sovuganda bergan issiqlik miqdori:

$$Q_{ber} = cm_2(T_2 - q) \quad (3.101)$$

Bundan:

$$cm_1(q - T_1) = cm_2(T_2 - q) \quad (3.102)$$

tenglamani tuzamiz. Bu tenglamada suv aralashmasining oxirgi temperaturasi q quyidagicha tenglama yordamida aniqlanadi:

$$q = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} \quad (3.103)$$

Bu formulani G.V.Rixman keltirib chiqargan. XVIII asrning oxiri va XIX asrning boshlarida eksperimental materiallar tobora ko'proq to'planganligi sari, teploterod nazariyasining M.V.Lomonosov tomonidan ko'rsatilgan kamchiliklari, ya'ni ishqalanish kuchlari ish bajaranda jismlarning isish dalilini tushuntira olmasligi borgan sari aniq sezila boshladi. 1843-1978-yillar oralig'ida o'tkazilgan ko'plab tajribalar asosida jismlarga bir kalloriya issiqlik berib qancha isitish mumkin bo'lsa, ularni ish bajarish yordamida isitish uchun $4,18 \cdot 10^7 \text{ erg} = 4,19 \text{ J}$ ish bajarish kerak bo'lishini ko'rsatadi; aksincha qandaydir jismlardan olingan issiqlik hisobiga mexanik ish bajarilganda, bir kaloriya hisobiga hamma vaqt $4,1840 \text{ J}$ mexanik ish hosil bo'ladi. Bu tajribalar natijasida uzatilgan issiqlik miqdori bilan ish orasida umumiy ekvivalentlik mavjud ekanligi aniqlandi. Uzatilgan issiqlik miqdori bilan ish orasidagi ekvivalentlik mexanik energiyaning saqlanish qonunini umumlashtirishga imkon beradi. Sistema mexanik energiyaning o'zgarishi sistemaga tashqaridan ta'sir qiluvchi kuchlarning va ichki ishqalanish kuchlarining bajargan ishiga proporsional bo'ladi.

Sistemaning bir holatdan boshqa holatga o'tishi ham tashqi ta'sirlar natijasida ro'y beradi. Bu tashqi ta'sirlarga faqat tashqi kuchlarning ΔA ishigina emas, biror ΔQ issiqlik miqdorining berilishi va boshqa ta'sirlar ham kiradi.

Tajribalar shuni ko'rsatdiki, agar sistema tashqi ta'sirlar natijasida ma'lum 1 holatdan 2 holatga o'tsa, bu o'tishning mumkin bo'lgan hamma usullari uchun tashqi ta'sirlar mexanik ekvivalentlarining yig'indisi bir xil bo'ladi.

Tashqi ta'sirlar mexanik ekvivalentlarining mana shu yig'indisi $\sum \Delta A_1$ energiyaning o'zgarishini aniqlaydi:

$$U_2 - U_1 = k \sum \Delta A_1 \quad (3.104)$$

Bunda U_1 va U_2 sistemalarning mos ravishda I va II holatlaridagi energiylari, k -proporsionallik koeffitsiyenti.

Agar sistemaning I holatidagi energiyaning U_1 ga teng deb hisoblasak, II holatdagi U_2 energiya (4.104) formulaga asosan

$$U_2 = U_1 + k \sum \Delta A_1 \quad (3.105)$$

ga teng bo'ladi.

Demak, $\sum \Delta A_1$ yig'indi I holatdan II holatga o'tish usuliga bog'liq emas, undan II holatda ham energiya tamomila aniq U_2 qiymatga ega bo'ladi, degan xulosa kelib chiqadi. Bu energiya holatining bir qiymatli funksiyasi bo'ladi, ya'ni holat qaysi parametr bilan aniqlansa, energiya ham o'sha parametrlar bilan bir qiymatli ravishda aniqlanadi. Agar qandaydir ta'sirlar natijasida sistema avval I holatdan II holatga o'tsa, keyin yana I holatga qaytsa, uning energiyesi avvalgi qiymatga qaytadi. Demak, energiyaning o'zgarish va saqlanish qonuni eng umumiy

ko‘rinishda quyidagicha ta’riflanadi: Sistema energiyasining sistema bir holatdan boshqa holatga o‘tgandagi o‘zgarishi, sistemaning kuzatilayotgan o‘tishiga sabab bo‘lgan barcha tashqi ta’sirlar mexanik ekvivalentlarining yig‘indisiga proporsional bo‘ladi.

Aylanma jarayonda, ya’ni jarayon oxirida sistema boshlang‘ich holatga qaytadigan jarayonda barcha tashqi ta’sirlar mexanik ekvivalentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘ladi va energiya o‘zgarmay qoladi.

Energiyaning mana shunday umumiy ko‘rinishda ifodalangan saqlanish qonuni termodinamikaning birinchi bosh qonuni deb yuritiladi.

Energiyaning issiqlik o‘tkazuvchanlik yo‘li bilan uzatilishi amalda katta rol o‘ynagani uchun ΔQ issiqlik miqdorini uzatishga olib keladigan ta’sirlarni ajratamiz. U holda termodinamikaning birinchi bosh qonuni quyidagicha matematik tenglama ko‘rinishida ifodalanadi:

$$\Delta U = k' \Delta Q - k \Delta A \quad (3.106)$$

bunda, ΔU -sistema ichki energiyasining o‘zgarishi; ΔQ -sistemaga uzatiladigan issiqlik miqdori; ΔA -tashqi ta’sirlar mexanik ekvivalentlarining yig‘indisi yoki sistemaga ta’sir etuvchi barcha tashqi kuchlar ishlarining yig‘indisi.

Agar (3.106) formuladagi k va k' koeffitsiyentlarning har ikkalasi birga teng bo‘lsa, (3.106) formula quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\Delta U = \Delta A + \Delta Q \quad (3.107)$$

Ichki energiyaning o‘zgarishini cheksiz kichik deb hisoblab, (3.107) formulani

$$dU = dA + dQ \quad (3.108)$$

ko‘rinishda ifodalaymiz.

Biroq ΔQ - issiqlik miqdori sistemada ro‘y beruvchi jarayonga bog‘liq bo‘lgani uchun, issiqlik sig‘imi ham jarayon xarakteriga bog‘liq bo‘ladi. Bitta sistemaning o‘zi unda ro‘y beruvchi jarayon turiga qarab bir qancha issiqlik sig‘imlariga ega bo‘lishi mumkin. Demak, tekshirilayotgan aniq jarayon uchun unga mos issiqlik sig‘imi qabul qilish lozim va bu issiqlik sig‘imlari jismning bevosita o‘lchanishi mumkin bo‘lgan termodinamika holatini tashkil etadi. Termodinamikada adlatda quyidagi izojarayonlarga to‘g‘ri keluvchi issiqlik sig‘imlari ko‘p ishlatiladi:

Hajm doimiy (izoxorik) bo‘lgandagi issiqlik sig‘imi:

$$C_V = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_V = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right)_V \quad (3.109)$$

va bosim doimiy (izobarik) bo‘lgandagi issiqlik sig‘imi:

$$C_P = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right)_V + \left[\left(\frac{\Delta U}{\Delta V} \right)_T + P \right] = \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)_P \quad (3.110)$$

(3.109) va (3.110) formulalardan foydalanib C_P va C_V lar orasidagi munosabatni aniqlash mumkin:

$$C_P - C_V = \left[\left(\frac{\Delta U}{\Delta V} \right)_T + P \right] = \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)_P \quad (3.111)$$

Ma’lumki, ideal gazning ichki energiyasi faqat temperaturaga bog‘liq bo‘ladi, $U=U(T)$, shuning uchun

$$\left(\frac{\Delta U}{\Delta V} \right)_T = 0 \quad (3.112)$$

ga teng.

Termik holat tenglamasidan esa $P = RT / V$.

Bundan:

$$\left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)_P = \frac{R}{P} \quad (3.113)$$

Demak, ideal gaz uchun:

$$C_P - C_V = R \quad (3.114)$$

(3.114) ifoda Mayer formulasi deb yuritiladi.

Masala: Quyosh sovitish mashinasining og'ir porsheni ostidagi silindrik idishda 20 g is (uglekislota) gazi mavjud. Gaz 20 °C dan 10 °C gacha isitilsa, unga qancha issiqlik miqdori beriladi? Gaz isiganda hajmni o'zgarmas deb hisoblasak:

$$C_v = 6,864 \frac{\text{kkal}}{\text{grad.mol}}$$

$$Q = \frac{m}{M} C_v (T_2 - T_1) + \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) = \frac{m}{M} (T_2 - T_1) (C_v + R)$$

$$Q = 354, \text{ kkal} \approx 354,64,19 \text{ J.}$$

Nur yutish va chiqarish bilan issiqlik almashinish

Fizika kursidan ma'lumki, yuqori temperaturada energiya issiqlik tarzida uzatish shu bilan xarakterlanadiki, bunda qizdirilgan jismlarning atomlari ko'p miqdorda nur energiyasi chiqaradi. Issiqlik nurlanishini tashuvchi muhit nurlanishning boshqa ko'rinishlarida bo'lganidek, atrofda fazoda yorug'lik tezligida tarqaluchi elektromagnit to'lqinlardir.

Issiqlik nur chiqarish bilan uzatish jismlarni bir-biriga bevosita tegishini talab qilmaydi va ular o'rtasida oraliq anchagina masofada bo'lganda ham bu jarayon amalga oshishi mumkin.

Jismlardagi nurlanish to'lqin uzunligi λ mikronning ulushidan to bir necha kilometrgacha bo'lgan har xil uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlarning tebranishidan iborat. Issiqlik texnikasida uchraydigan temperaturalarda issiqlik nurlanishi va jismlarni nur yutishi spektr to'lqinlari uzunligini $\lambda = 0,4 \div 400 \text{ mk}$ oralig'iga mos keladi.

Nurlanishning xossasi to'lqin uzunligiga bog'liq. **Masalan:** $\lambda = 0,4 \div 0,8 \text{ mk}$ li elektromagnit to'lqinlar spektrining ko'rinadigan qismiga to'g'ri keladi, to'lqin uzunligi $\lambda > 0,8 \text{ mk}$ bo'lgan qismi infraqizil nurlanishga, $\lambda < 0,4 \text{ mk}$ bo'lgan qismi esa ultrabinafsha nurlanishga to'g'ri keladi.

Ammo yuqoridagi xulosalardan kelib chiqib, nurlanishning umumiy qonunlarini keltirish mumkin. Fizika kursining optika bo'limida yorug'likning tarqalish, qaytish va sinish qonunlarini issiqlik nurlanishining barcha sohalariga tadbiiq etish mumkin. Har bir jism nur energiyasini uzluksiz chiqaradi va yutadi.

Issiqlikni nur energiyasiga va aksincha nur energiyasini issiqlik energiyasiga uzluksiz ravishda aylanishi nur chiqarish bilan issiqlik uzatish jarayonida amalga oshiriladi. Jismlar turli spektrdagi nurlarni turlicha yutadi, qaytaradi va o'tkazadi, shu sababli jismlar turli rangda bo'ladi. Aynan oq va qora rangli jismlar tabiatda uchramaydi. Yaltiratilgan metallar, kontsentratorlar oq jismlarga mos keladi (ularning nur yutish koeffitsiyenti $\approx 0,03$). Qora jismlarga kuya, qora barxat, sirti qora lak bilan qoplangan metallar (ularning nur yutish koeffitsiyenti $\approx 0,96-0,97$). Ikki atomli gazlardan O_2 , N_2 , H_2 larning nur o'tkazish koeffitsiyenti $\approx 1,0$ ga teng. Bu gazlar diatermik jismlarga to'g'ri keladi, ya'ni bu gazlardan nurlar yutilmasdan va qaytmasdan o'tadi.

Fizikaning yorug'lik energiyasi haqidagi ta'limotidan olingan ma'lumotlarga asosan yorug'lik va issiqlik nurlanishi koeffitsiyentlarining qiymatlari har xil bo'lishini nazarda tutish kerak. **Masalan:** tiniq shisha ko'rinadigan nurlarni o'tkazadi, issiqlik nurlarini deyarli o'tkazmaydi.

Quyosh issiqxonasining janubga qaragan tomoniga qoplangan polietilen plyonka (ichki sirtida kondensat hosil bo'lmaganda) tiniq bo'lib, unga tushadigan quyosh nurlarining 0,78-0,89 foizi o'tadi. Kechalari tashqi havo harorati pasayadi, quyosh issiqxonasi ichidagi havo harorati nisbatan undan ancha yuqori bo'lganligi uchun polietilen plyonkaning ichki sirtida kondensat tomchilar qatlami hosil bo'lib, issiqlik nurlari tashqariga chiqmaydi. Issiqxonaning shimol tomonidagi oq shaffof bo'lmagan sirtidan nurlar qaytadi, ammo issiqlik nurlari aktiv yutiladi.

Qora jismning birlik yuzasidan nurlanishning intensivligi absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekanligi Stefan-Bolsman qonuni bilan isbot qilingan:

$$E_0 = C_0 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat}} \right] \quad (3.115)$$

bu yerda $C_0=4,96 \text{ kkal/m}^2 \text{ soat}$; $K^4 \cdot 10^8$ -absolyut qora jismning nurlanish koeffitsiyenti; T- jismning absolyut temperaturasi.

Ko'pchilik real (ko'prangli) jismlar uchun bu qonun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$E_1 = C_1 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot \left[\frac{\text{kkal}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat}} \right] \quad (3.116)$$

bu yerda C_1 - real jismning nurlanish koeffitsiyenti (C_0 dan kichik);

Jismlarning nurlanish kattaligi ularning tabiatiga, yuzasining holatiga, temperaturaga va boshqa faktorlarga bog'liq bo'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Masalan, po'lat va cho'yan uchun $t=200 \div 600 \text{ }^\circ\text{C}$ da $C_1 = 3,2 \div 3,9$. Jismning temperaturasi ko'tarilishi bilan uning nurlanishi birmuncha oshadi. T_1 va T_2 temperaturali ikki parallel tekislik (ikki jism yuzasi) o'rtasida nur chiqarish bilan issiqlik almashishda, agar muhit diatermik bo'lsa, bir soatda uzatilgan issiqlik miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$q_H = C_{1-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \left[\frac{\text{kkal}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat}} \right] \quad (3.117)$$

bu yerda C_{1-2} nurlanishning keltirilgan koeffitsiyenti.

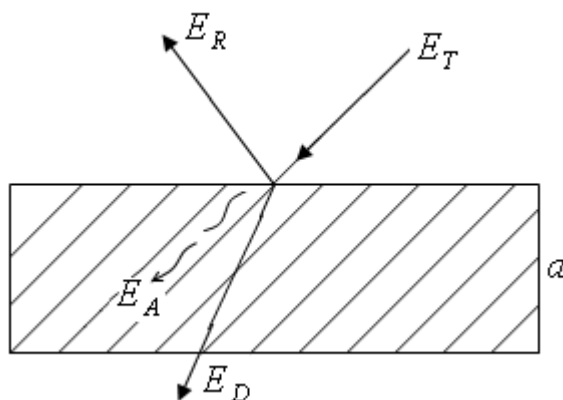
Ikki sirt (ichki sirt T_1 , tashqi sirt T_2) $T_1 > T_2$ bo'lsa, birinchi sirtning ikkinchi sirtga nisbatan nurlanish energiyasi E_1 , ikkinchi sirtning birinchi sirtga nisbatan nurlanish energiyasi esa E_2 ga teng bo'lsin. Ikki sirt orasidagi masofa qisqa va ular orasidagi masofa muhit nurlanish jarayoniga hech qanday ta'sir etmaydi. Ikki jism yuzalarining koeffitsiyentlari C_1 va C_2 ma'lum bo'lsa, keltirilgan koeffitsiyent C_{1-2} kattaligini aniqlashimiz mumkin:

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \left(\frac{\text{kkal}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot K^4 \cdot 10^8} \text{ yoki } \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2 \cdot K^4} \right) \quad (3.118)$$

bu yerda C_0 - absolyut qora jismning nurlanish koeffitsiyenti.

Jismlar sirtining effektiv W nurlanishi E_{ef} ni kiritamiz. Fizika kursidan ma'lumki, tiniq bo'lmagan jismning sirtiga tushadigan E_m nur energiyasi E_R - qaytuvchi (sochiluvchi), E_A - yutiluvchi va E_D - o'tuvchi energiyalarning yig'indisiga teng bo'ladi (4.5-rasm):

$$E_m = E_R + E_A + E_D \quad (3.119)$$



3.5-rasm.

Tenglikning ikkala tomonini E_m ga bo'lamiz.

$$\frac{E_A}{E_T} + \frac{E_R}{E_T} + \frac{E_D}{E_T} = 1 \quad (3.120)$$

$$\frac{E_A}{E_T} = A, \quad \frac{E_R}{E_T} = R, \quad \frac{E_D}{E_T} = D \quad (3.121)$$

Shunga asosan

$$A + R + D = 1$$

$A = \frac{E_A}{E_T}$ -jismning nur yutish koeffitsiyenti.

$R = \frac{E_R}{E_T}$ -jismning nur sochish koeffitsiyenti.

$D = \frac{E_D}{E_T}$ -jismning nur o'tkazish koeffitsiyenti.

Agar $A=1$, $R=D=0$ bo'lsa, bunday jism *absolyut qora jism* deyiladi. $R=0$, $A=R=0$ bo'lsa, bunday jism *absolyut sochuvchi jism* deyiladi. $D=1$, $A=R=0$ bo'lsa, bunday jism *absolyut o'tkazuvchi jism* deyiladi.

Shunga asosan jism nurlanishining effektiv qiymati E_{ef} quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{\phi} = E + RE_m \quad (3.122)$$

Fizika kursidan ma'lumki, absolyut qora jism uchun nurlanishning temperatura oqimining zichligi $I_{0\lambda} = \frac{dE_0}{d\lambda}$ formula bilan aniqlanadi. Nurlanish spektrining to'liq uzunligi

λ_{max} bo'lganda uning qiymati absolyut temperatura T ga bog'liq bo'ladi. Shunga asosan Vin qonunining matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\lambda_{max} = 2,898/(10^3 T) \quad (3.123)$$

yoki $\lambda_m \cdot T = b$, bu yerda b -Vin doimiysi, $b = 0,28979 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{grad}$.

Bundan ko'rinadiki, jism nurlanishining λ_{max} to'liq uzunligi qisqa to'liq uzunligi tomon siljiydi. Shuning uchun *Vinning siljish qonuni* deyiladi.

Quyoshning sirtida temperaturasi $T=5800 \text{ K}$ bo'lib, nurlanish spektrining $\lambda_{max} = 0,5 \text{ mkm}$ to'liq uzunligidagi ko'rinadigan nurlar yer sirtiga yetib keladi. Elektr qizdirgichning temperaturasi $T=1100 \text{ K}$ bo'lganda, undan nurlanadigan ko'rinadigan yorug'lik to'liqlari $\lambda_{max} = 3 \text{ mkm}$ bo'lib, bu infraqizil nurlar bilan taqqoslanadi.

Jism sirtidan nurlanadigan energiya oqimi absolyut qora jism uchun integral nurlanish oqimi sifatida temperaturaning to'rtinchi darajasiga bog'liq bo'lishini Stefan-Bolsmanlar aniqlagan. Bu qonunga **Stefan-Boltsman qonuni** deyiladi.

Geliotexnik qurilmalarda Stefan-Bolsman qonuni

$$E_0 = C_0(T/100)^4 \quad (3.124)$$

ko'rinishida ifodalanadi.

$$C_0 = \sigma_0 \cdot 10^8 = 5,67 \cdot \text{Bm}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4) \quad (3.125)$$

(3.125) ifodaga *absolyut qora jismning nurlanish koeffitsiyenti* deyiladi.

Berilgan jismning nurlanish energiyasi integral oqimining zichligi E ning absolyut qora jism nurlanish energiyasi oqimi E_0 ga nisbati shu jismning *berilgan absolyut qoralik darajasi* deyiladi:

$$\varepsilon = \frac{E}{E_0} \quad (3.126)$$

Jismning absolyut qoralik darajasi o'zgaradi va turli jismlar uchun turlicha bo'ladi. Berilgan real jismlar, gelioissiqxonalarning tiniq yuzalari, tiniq bo'lmagan sirtlari nurlanish energiyasi Stefan-Bolsman qonuni bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0(T/100)^4 = C(T/100)^4 \quad (3.127)$$

bu yerda $C = \varepsilon C_0$ -real jismlarning nurlanish koeffitsiyenti deyiladi va $\text{Vt}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$ da o'lchanadi. Kirxgof qonuniga asosan $D=0$, $R=1-A$ bo'lsa, (3.127) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

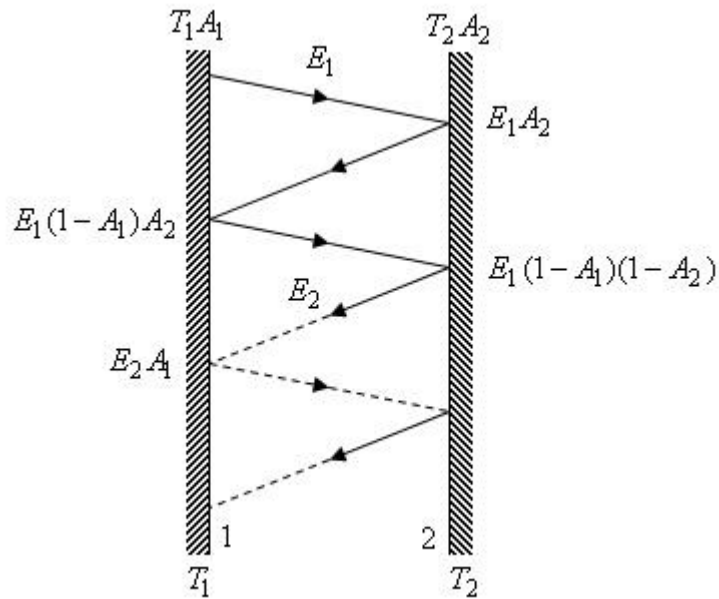
$$E_{ef} = E + E_T(1-A) \quad (3.128)$$

Yuqorida qaralgan ikkita tiniq bo'lmagan jismlarning temperaturalar T_1 va T_2 bo'lib, ularning sirtidagi effektiv nurlanish energiyasi E_{ef1} va E_{ef2} larni har bir sirt uchun quyidagicha ifodalaymiz:

$$E_{ef1} = E_2 + E_{ef2}(1-A_1) \quad (3.129)$$

Shuningdek,

$$E_{ef2} = E_1 + E_{ef1}(1-A_2) \quad (3.130)$$



3.6-rasm.

Bir jism sirtidan ikkinchi bir jism sirtiga nurlanish yo'li bilan uzatiladigan energiya oqimi $q_{1,2}$ zichligini natijaviy miqdori:

$$q_{1,2} = E_{ef1} - E_{ef2} \quad (3.131)$$

(3.129) va (3.130) ni (3.131) ga qo'yamiz.

$$q_{1,2} = \frac{A_2 E_1 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 \cdot A_2} \quad (3.132)$$

E_1 va E_2 larning o'rniga (3.127) ni qo'yamiz. U holda

$$q_{1,2} = \frac{A_2 \varepsilon_1 C_0 \cdot (T_1 / 100^4) - A_1 \varepsilon_2 C_0 \cdot (T_2 / 100^4)}{A_1 + A_2 - A_1 \cdot A_2} \quad (3.133)$$

Kirxgof qonuniga asosan $A_1 = \varepsilon_1$ va $A_2 = \varepsilon_2$ desak va A ni ε bilan almashtirsak hamda ε_1 , ε_2 , C_0 larni chiqarsak, u holda (3.133) formula quyidagi ko'rinishni oladi.

$$q_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (3.134)$$

bunda

$$\frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \varepsilon_{kel} \quad (3.135)$$

Jismlar sistemasining keltirilgan absolyut qoralik darajasi desak, (3.134) formuladan jismlarning to'la issiqlik oqimi uchun quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi.

$$Q = \varepsilon_{kel} F \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (3.136)$$

Issiqlik hisoblarida masalan, pechlarning o'txonasini hisoblashda, qattiq jismlarning nurlanishi bilan birga yoqilg'ining yonish mahsulotlari tarkibiga kiradigan gazlarning nurlanishini ham nazarga olish kerak.

3.6-§. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Temperaturalarining termodinamik shkalasi. Entropiya

Termodinamikaning birinchi qonuni, yoki umuman aytganda, energiyani saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonuni jarayonlari faqat energetik balans nuqtai nazaridan o'rganiladi. Bu qonun energiyani bir turdan ikkinchi turga o'tishiga chegara qo'ymaydi. Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan, agar issiqlik miqdorining barcha qismi umumiy

bajariladigan ishga ekvivalent bo'lsa, issiqlik miqdorini ishga yoki ishni issiqlik miqdoriga aylantirish imkoniyati mavjud bo'ladi. Masalan: jismni ishqalash yo'li bilan qizitganimizda hosil qilinadigan issiqlik miqdori bajarilgan ishga teng bo'ladi yoki elektr tokini qarshilikdan o'tkazish yo'li bilan elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish mumkin. Lekin issiqlik miqdorini ishga aylantirishda ma'lum chegara mavjud. Agar bu chegara bo'lmaganida edi, muhitdagi jismlarni sovitish yo'li bilan olingan issiqlik miqdorini ishga aylantirish mumkin bo'lardi. Shunday qilib, termodinamikaning birinchi qonuni jarayonining yo'nalishiga bu qonunning hech bir aloqasi yo'qdir.

Termodinamika ikkinchi qonuni esa fizik jarayonining o'tish yo'nalishi, ya'ni qay tomonga qarab o'tayotganligini anglatuvchi qonundir.

Ma'lumki, issiqlik miqdori isitilgan jismdan unga nisbatan sovuqroq jismga o'tadi, agar bu ikki jism bog'lanishda bo'lsa, albatta. Termodinamikaning birinchi qonuniga binoan agar jarayon davomida ish bajarilmasa, bir jism qabul qiladigan issiqlik miqdori ikkinchi jism bergan issiqlik miqdoriga teng bo'lishi lozim. Bu qonun issiqlik miqdorining teskari tomoniga qarab o'tishini, ya'ni sovuq jismdan issiq jismga o'tishini man' etmaydi. Lekin tajribalar shuni ko'rsatadiki, issiqlik miqdori sovuq jismdan issiq jismga o'z-o'zicha o'tmaydi. Ikki jism orasida o'z-o'zicha issiqlik almashinuvi vaqtida issiqlik miqdorining qaysi jismga o'tishi lozimligi masalasi termodinamikaning ikkinchi qonuniga taalluqlidir.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonigagina taalluqli bo'lib qolmasdan, balki energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tishiga bog'liq bo'lgan jarayonlarga ham taalluqlidir. Masalan, biror bir qattiq jism yuqoridan yerga tushayotganda uning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanib boradi va kelib yerga urilgan paytda uning mexanik energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi. Termodinamikaning birinchi qonuniga binoan, agar issiqlik energiyasi qaytib mexanik energiyaga aylansa, jism dastlabki balandligiga ko'tarilishi lozim. Termodinamikaning ikkinchi qonuni esa tabiatda bunday hodisaning bo'lishi mumkin emasligini anglatadi.

Umuman, ko'plab o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, energiyaning barcha turlari issiqlik energiyasiga to'la o'tishi mumkin, ammo issiqlik energiyasi esa boshqa turdagi energiyalarga qisman o'tadi. Bu ikki dalil termodinamikaning ikkinchi qonunini ta'riflashga imkon beradi. Bu qonun turli fizik jarayonlarning yo'nalishlarini aniqlaganligi sababli, unga bir-birishga ekvivalent bo'lgan turlicha ta'riflar berilgan.

Klauzius issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasiga asoslanib termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta'riflaydi:

Isigan jismdan sovuq jismga issiqlik miqdori berishdan tashqari boshqa hech qanday o'zgarish ro'y bermaydigan jarayon qaytmas jarayon bo'ladi; yoki boshqacha qilib aytganda, sistemada hech qanday o'zgarish bo'lmay turib issiqlik miqdori o'z-o'zicha sovuq jismdan unga nisbatan issiq bo'lgan jismga o'tmaydi.

Tomson (Kelvin) issiqlik energiyasining boshqa turdagi energiyalariga qisman o'tishini hisobga olib bu qonunga quyidagicha ta'rif beradi:

Ishning issiqlikka aylanish jarayonidan tashqari sistema holatida hech qanday o'zgarish bo'lmasa bunday jarayon qaytmas bo'ladi; yoki boshqacha qilib aytganda, temperaturasi bir xil bo'lgan jismdan olingan barcha issiqlik miqdorini sistema holatida boshqa hech qanday o'zgarish qilmay turib ishga aylantirib bo'lmaydi.

Ostvald ta'rificha: *ikkinchi jinsli perpetuum mobeli yasash mumkin emas. Ikkinchi jinsli perpetuum mobeli deb, bir jarayonni davriy ravishda takrorlab, sistemadagi barcha issiqlik miqdorini ishga aylantiradigan dvigatelga aytiladi.*

Yuqorida qayd qilingan termodinamikaning ikkinchi qonuniga berilgan ta'riflar aniq jarayonlarga bog'liq. Bu qonunning konkret jarayonga va konkret jismga bog'liq bo'lmagan umumiy ta'rifini berish uchun entropiya tushunchasiga murojaat qilmoq lozim:

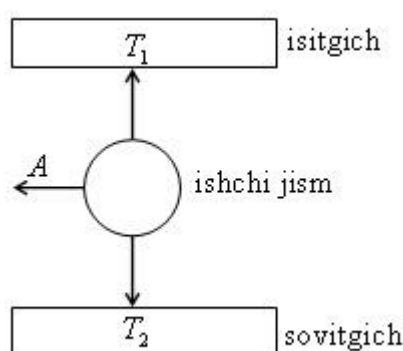
Har qanday izolyatsiyalangan sistemadagi barcha jarayonlar sistemasining entropiyasi maksimal bo'lgan holatdagina yuz beradi.

Shunday qilib, termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga o'tish qonuni bo'lsa, termodinamikaning ikkinchi qonuni esa entropiya haqidagi qonundir.

Statistik fizika, masalan, sistema holati ehtimoliyatiga asoslanib ham, termodinamikaning ikkinchi qonuniga ta'rif berish mumkin. Bolsman tabiatda ro'y beruvchi jarayonlar yo'nalishini statistik fizika no'qtai nazaridan tahlil qilib, termodinamikaning ikkinchi qonuniga quyidagicha: *tabiat kichik ehtimoliyatli holatdan katta ehtimoliyatli holatga intiladi*, degan ta'rifni beradi.

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni ham birinchi bosh qonuni singari ko'p tajriba natijalarining umumiyashtirish mahsuli sifatida vujudga kelgan.

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonunini nemis fizigi Maks Plank quyidagicha ta'riflagan: *Birdan natijasi issiqlik miqdorini ishga aylantirishdan iborat bo'lgan davriy jarayon amalga oshmaydi*. Davriy jarayon (sikl) amalga oshiriladigan qurilmalar uch elementdan: isitkich, ishchi jism va sovitkichdan iborat bo'lishi kerakligini ko'rsatadi va bu jarayon quyidagi chizma ko'rinishida (3.7-rasm) ifodalanadi.



3.7-rasm

Isitkich mashinasining FIK

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1 \quad (3.137)$$

bo'ladi, chunki $Q_1 - Q_2 < Q_1$.

Xususan isitkich mashina isitkichdan Q_1 issiqlik miqdorini olib, uning bir qismini A -ishga aylantiradi, qolgan qismini (Q_2) ni sovitkichga beradi. Hatto biz keyinroq qaraydigan C. Karnoning ideal issiqlik mashinasi uchun ham (3.137) formula o'z kuchini saqlaydi, ya'ni isitkichdan ishchi mashinasiga beriladigan issiqlik miqdorining hammasi to'la-to'kis ishga aylanmaydi, balki bir qismi albatta sovitgichga sarf bo'ladi.

Amalda mavjud bo'lgan eng yaxshi issiqlik mashinalar ichki yonuv dvigatellari uchun η ning qiymati 0,3-0,4 dan oshmaydi. Parovozlar uchun $\eta=0,05-0,07$ atrofida bo'ladi. $\eta=1$ ga teng bo'lgan issiqlik mashinasi deganda, isitkichdan olingan issiqlikning barcha qismini foydali ishga aylantira oladigan mashina tushuniladi. Bunday mashinalarda sovitkichga ehtiyoj sezilmaydi. Bunday xayoliy issiqlik mashinasi faqat isitkich va ishchi jismdan iborat bo'lardi. Bunday mashina okean suvi issiqligini ishga aylantiraverar edi. Okean suvidan olinishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdori nihoyat darajada ulkandir. Masalan: okean suvining temperaturasi atigi 0,1 gradusga kamayadigan qilib undan issiqlik miqdori olinsa va bu issiqlik miqdori ishga aylantirilsa yer kurrasidagi barcha mashina va dastgohlarni 1500 yil davomida energiya bilan ta'minlash mumkin bo'lar edi. Sovitkichi ishlab isitkichdan olingan issiqlik miqdorini ishga aylantira oladigan bunday mashina abadiy dvigatelga ekvivalent bo'lardi. Shuning uchun bunday mashina dvigatel ikkinchi tur abadiy dvigatel (perpetuum movele) deb ataladi. Birinchi tur abadiy dvigatel yaratish nazariyasi termodinamikaning birinchi bosh qonuniga zid edi, chunki u hech qanday energiya sarflamasa-da ish bajarishi lozim edi. Ikkinchi tur abadiy dvigatel to'g'risidagi nazariyasi ham termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni tomonidan inkor etiladi.

Ikkinchi tur abadiy dvigatel yasash mumkin emasligini Kelvin termodinamikaning ikkinchi bosh qonuniga ta'rif berish bilan tasdiqlaydi.

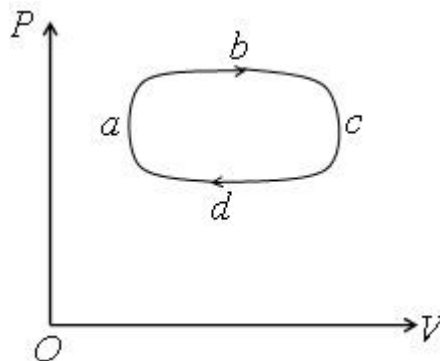
Ta'rif. Sistemaga oid bo'lgan eng sovuq jismning issiqligini ishga aylantira oladigan issiqlik mashinasi yaratib bo'lmaydi.

Ammo bu ta'rifdan okean suvlarning issiqligidan foydalanish mumkin emas degan xulosa chiqmasligi kerak. Chunki okean suvlarining issiqroq yuqori qatlamlari va chuqurroqdagi sovuqroq qatlamlari temperaturalarning farqidan foydalanish termodinamika qonunlariga zid emas. Haqiqatda bunday qurilma XX asrning o'rtalarida fransuz injenerlari Klad va Bushero tomonidan Afrikaning shimoliy qirg'oqlari yaqinida barpo etildi.

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonunini nemis fizigi Klauzius quyidagicha ta'rifladi: *Issiqlik miqdori o'z-o'ziga kamroq isigan jismdan ko'proq isigan jismga o'ta olmaydi, ya'ni bitta issiqlik manbaining sovishi hisobida ish qiladigan davriy ishlaydigan dvigatelni yasash mumkin emas.*

1824-yilda Fransuz injeneri S.Karno o'zining "Olovning harakatlantiruvchi kuchi haqida mulohazalar" degan asarini e'lon qildi. S.Karno ideal gaz ustida bajarilgan ish gaz hajmini adiabatik va izotermik o'zgarishlardan iborat bo'lgan aylana jarayonida (agar sovitgichning temperaturasi absolyut noldan yuqori bo'lsa) issiqlikning isitgichdan sovitgichga uzatilmasligi mumkin emas, degan xulosaga keldi.

Asosiy termodinamik jarayonlar pV -diagrammasida ma'lum bir egri yoki to'g'ri chiziqlardan tashkil topgan bo'ladi.



3.9-rasm.

Ishchi jism yopiq bo'lgan jarayonning boshida va oxirida turlicha holatlarda bo'ladi, shuning bilan birga bu holatlarning parametrlari turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

Termodinamikada jarayon holatida dastlabki holatga qaytib keladigan sistema va shu holatni aniqlovchi parametrlar dastlabki parametrlarga ega bo'ladigan jarayonlar muhim ahamiyatga ega. Bunday jarayonlar *siklik jarayonlar* yoki *sikllar* deyiladi. Masalan, a, b, c, d, a -yopiq egri chiziq bilan ifodalangan jarayon (3.9-rasm) siklik jarayonga misol bo'ladi.

Shunday qilib, sistema bir qator holatlarni o'tib dastlabki holatga qaytsa, sistema sikl bajardi deb hisoblanadi. Sikllar ham boshqa termodinamik jarayonlar kabi qaytar (kvazistatik) yopiq qaytmas (kvazistatik bo'lmagan) bo'lishi mumkin.

Qaytar siklning ixtiyoriy qismi qaytar jarayondan tashkil topgan bo'ladi. Agar siklning hatto biror qismi qaytmas jarayondan tashkil topgan bo'lsa, bunday siklning o'zi ham qaytmas bo'ladi.

Sikllar, odatda, to'g'ri yoki teskari bo'lishi mumkin, ya'ni soat strelkasi yo'nalishi tomoniga yoki soat strelkasi yo'nalishiga teskari yo'nalishda bo'ladi. Issiqlik miqdori ishga aylanadigan siklga *to'g'ri sikl* deyiladi. Bunda sistemaning kengayish chizig'i pV -diagrammasida siqilish chizig'ida yuqorida joylashgan bo'ladi.

Barcha issiqlik mashinalari (ichki yonuv dvigatellar va hokazo) to'g'ri sikl bajaradi. Teskari sikl deb, mexanik yoki boshqa turdagi energiya sarflab hosil qilinadigan siklga aytiladi. Teskari sikl sovituvchi mashina yasashda ishlatiladi, bunda issiqlik miqdori ish sarflanib xonaga o'tkaziladi.

Siklli jarayon vaqtida bajarildigan siklning alohida uchastkalaridagi ishlarning yig'indisiga teng bo'ladi.

Qaytar sikl, termodinamika taraqqiyotida juda katta rol o'ynagan fransuz injeneri va olimi Sadi Karno (1824 y) nomi bilan bog'liq bo'lgan sikl misol bo'la oladi. Karno sikli 4 ta jarayondan tashkil topgan bo'lib, ulardan ikkitasi doimiy temperatura (izotermik) ostida va qolgan ikkitasi esa issiqlik qabul qilmagan hamda chiqarmagan (adiabatik) holda o'tadi.

Karno siklini hosil qilmoq uchun isitgich, sovitgich va ishchi jism bo'lmog'i lozim. Ishchi jism sifatida bir gramm-molekula gazini olaylik. Shuni qayd qilib o'tmoq lozimki, har bir izotermik jarayon vaqtida issiqlik manbaining (isitgich yoki sovitgichning) temperaturasi ishchi jism temperaturasiga teng qilib olinadi, aks holda issiqlik almashinuvi qaytmas jarayondan iborat bo'ladi.

Sistema (ishchi jism) $A(p_1, V_1)$ holatidan $B(p_1, V_1)$ holatga izotermik ($T=T_1$) o'tsin. U holda sistema qabul qiladigan issiqlik miqdori foydali ish bajarishga sarf bo'ladi va quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q_1 = A_1 = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (3.138)$$

ga teng bo'ladi.

So'ngra sistemani $B(p_2, V_1)$ holatdan $C(p_3, V_1)$ holatgacha adiabatik kengaytiramiz. Bu holda sistema ichki energiya hisobiga ish bajarib sistemaning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha pasayadi ($T_1 > T_2$):

$$A_2 = C_v(T_1 - T_2) \quad (3.139)$$

Endi $C(p_3, V_3)$ holatidan $D(p_4, V_4)$ holatigacha sistemani izotermik qisamiz. Bunda sistemaning hajmi kichrayganligi tufayli uning T_2 temperaturasi ko'tarilishga intiladi. Lekin jarayon izotermik bo'lganligi sababli sistema ma'lum bir Q_2 issiqlik miqdorini sovitkichga uzatadi:

$$Q_2 = A_3 = RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} \quad (3.140)$$

Oxirida sistemaning $D(p_4, V_4)$ holatidan $A(p_1, V_1)$ holatiga qadar adiabatik qisiladiki, natijada uning temperaturasi T_2 va T_1 gacha ko'tariladi. Bajariladigan ish esa:

$$A_4 = C_v(T_2 - T_1) \quad (3.141)$$

bo'ladi. Shunday qilib, qaytar Karno siklida bajariladigan to'la ish:

$$A_{\text{qaytar}} = \sum_{i=1}^4 A_i = R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + R T_2 \ln \frac{V_4}{V_3} \quad (3.142)$$

ya'ni siklning izotermik uchastkalarida bajariladigan ishlarning yig'indisiga teng bo'ladi. Bu formulani adiabata tenglamasidan foydalanib, soddaroq ko'rinishga keltiramiz. BC va DA uchastkalarda adiabatik jarayon bo'lganligi sababli, bu uchastkalar uchun

$$\begin{aligned} T_1 \cdot V_2^{\gamma-1} &= T_2 \cdot V_3^{\gamma-1} \\ T_1 \cdot V_2^{\gamma-1} &= T_2 \cdot V_4^{\gamma-1} \end{aligned} \quad (3.143)$$

bo'ladi. So'ngra formulalarni hadma-had bir-biriga bo'lish natijasida:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \quad (3.144)$$

tenglikni hosil qilamiz. Agar buni to'la ish formulasiga tadbqiq etsak, sikl davomida bajariladigan foydali ish quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$A_{\text{qayt}} = Q_1 - Q_2 = R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (3.145)$$

Shunday qilib, sikl davomida umumiy energiya almashinuvi quyidagicha harakterlanadi: T_1 yuqori temperaturada sistema Q_1 issiqlik miqdorini qabul qiladi. Shu issiqlik miqdorining $Q_1 \frac{T_2}{T_1}$

qismi sovutkichga uzatiladi, qolgan $Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ qismi esa sistemaning tashqi muhitda ish bajarishga sarf bo'ladi.

Yuqorida biz tekshirgan ideal gaz uchun kvazistatik Karno siklining foydali ish ko'effitsiyenti quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\eta_{qayt} \frac{A_{qayt}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.146)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, Karno siklining foydali ish ko'effitsiyenti qiymatiga T_1 va T_2 larning o'zgarishi turlicha ta'sir qiladi. η ning qiymatiga isitgich temperaturasi o'zgarishiga nisbatan sovutgich temperaturasi o'zgarishi ko'proq ta'sir qiladi. Sovutgich temperaturasi qanchalik past bo'lsa, foydali ish ko'effitsiyentining qiymati shunchalik katta bo'ladi, lekin shartga ko'ra hamma vaqt $\eta < 1$ bo'ladi. Aytaylik mashina kvazistatik bo'lmagan sikl ostida ishlasin va sikl davomida Q_1 issiqlik miqdorining bir qismi ishqalanishga sarf bo'ladi deylik. Shuning uchun, qaytmas siklni ham hisobga olgan holda yuqoridagi formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \geq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.148)$$

Bu yerda tenglik alomati qaytar siklga, tensizlik esa qaytmas siklga taalluqlidir.

So'nggi formulani termodinamika ikkinchi qonuni analitik ifodasining xususiy holati deb qarash mumkin. Masalan aytaylik, issiqlik miqdori ish bajarmasdan bir jismdan ikkinchi jismga o'tsin, ya'ni $A = Q_1 - Q_2 = 0$ bo'lsin. Lekin issiqlik o'tkazuvchanlik qaytmas jarayon bo'lganligi tufayli

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} > 0 \quad (3.149)$$

bo'ladi. Endi absolyut temperaturaning doimo musbat qiymatga ega bo'lishini hisobga olsak, $T_1 > T_2$ ekanligi kelib chiqadi. Bu esa issiqlik miqdori o'z-o'zicha isitgichdan sovutgichga o'tadi demakdir, endi termodinamika ikkinchi qonunining Klauzius bergan ta'rifiga keldik, yoki boshqacha qilib aytganda, bu jarayonning o'tish yo'nalishini ko'rsatadi. Siklni tahlil qilgan Karno quyidagi ikkita teoremani beradi:

1. Isitgich va sovutgichlarning berilgan temperaturalarida qaytar Karno sikli bilan ishlovchi barcha issiqlik mashinalarining foydali ish ko'effitsiyenti mashinalar konstruksiyasiga va ishchi jismga bog'liq emas.

2. Isitgich va sovutgichlarning berilgan temperaturalarida ishlovchi barcha issiqlik mashinalari ichida qaytar Karno sikli bilan ishlovchi mashinaning foydali ish ko'effitsiyenti yuqori bo'ladi.

Klauzius ixtiyoriy sikl uchun termodinamika ikkinchi qonuni formulasini keltirib chiqargan. Karno isbot etganidek, T_1 temperaturali isitgich T_2 temperaturali sovutgich bilan ishlaydigan har qanday real issiqlik mashinasining foydali ish ko'effitsiyenti ideal issiqlik mashinasining FIKdan ortiq bo'lolmaydi.

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (3.150)$$

Bu formula quyidagi formulalardan kelib chiqadi:

$$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}; \quad Q_1 = RT_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (3.151)$$

$$Q_2 = RT_2 \ln - \left(\frac{V_4}{V_3} \right); \quad \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = - \ln \left(\frac{V_4}{V_3} \right) \quad (4.152)$$

Masala: Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalarining bug' qozonlari 550°C temperaturada ishlaydi. Ishlatilgan bug' ko'l yoki daryolarga 20°C da chiqariladi. Bug' qozoni ideal Karno sikli bilan ishlasa, foydali ish ko'effitsiyenti qanday bo'ladi.

Bu issiqlik elektr stantsiyaning FIKi: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$$T_1 = 273 + 550 = 823K$$

$$T_2 = 273 + 20 = 293K$$

$\eta = 0,64 = 64\%$ Bu ideal mashinaning FIKidir, real mashina bunday FIKga erisha olmaydi. Termodinamikaning birinchi qonunidan sistemaning ichki energiya deb ataladigan xususiyati kelib chiqadi. Termodinamikaning ikkinchi qonunidan esa sistemaning yangi xususiyati kelib chiqadi va u xuddi ichki energiya kabi quyidagi ikkita xususiyatga ega bo'ladi.

1. Bu xususiyatning o'zgarishi sistemadagi sodir bo'ladigan jarayonning o'tish yo'nalishiga emas, balki sistemaning dastlabki va so'nggi holatlariga bog'liq bo'ladi.

2. Agar sistemada muvozanatli aylanma jarayon sodir bo'lsa, sistema xususiyatining yig'indi o'zgarishi nolga teng bo'ladi.

Sistemaning bunday xususiyatiga *holat funksiyasi* deyiladi. Demak, termodinamikaning ikkinchi qonunidan yangi holat funksiyasi mavjudligi kelib chiqadi. Qaytar Karno sikli uchun:

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (3.153)$$

bo'ladi. Bu yerda Q_1 - isitgichdan sistemaning qabul qiladigan issiqlik miqdori, Q_2 – sistemaning sovutgichga beradigan issiqlik miqdori, T_1 va T_2 esa, mos ravishda, isitgich va sovutgich temperaturalari. So'nggi tenglikdan:

$$\frac{Q_1}{T_2} = \frac{Q_2}{T_1} \quad (3.154)$$

tengligi kelib chiqadi.

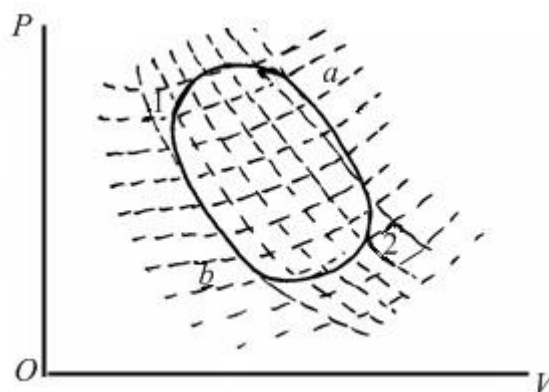
Izotermik jarayon vaqtida sistema qabul qilgan issiqlik miqdorining shu jarayon temperaturasi ga nisbati *keltirilgan issiqlik miqdori* deyiladi. Shunday qilib, sistemaning A holatidan C holatiga o'tishida ABC jarayonidagi keltirilgan issiqlik miqdori ADC jarayoni vaqtidagi keltirilgan issiqlik miqdoriga tengligini aniqladik. Bu esa sistemaning holat funksiyasiga ega bo'lgan fizikaviy xususiyatini anglatadi. Bunday xususiyat (entropiya) faqat Karno sikli uchun emas, balki har qanday termodinamik sistema uchun ham taalluqlidir.

Agar sovutgichga beriladigan issiqlik miqdorini manfiy deb hisoblasak, so'nggi munosabatni

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad (3.155)$$

deb yozish mumkin. Bu munosabat muvozanatli aylanma jarayon bajarayotgan sistema paydo qilgan issiqlik miqdorining yig'indisi nolga teng ekanligini anglatadi.

Endi ixtiyoriy formadagi siklni tekshiraylik (4.10-rasm). Bunday siklning bosimi, temperaturasi va hajmi uzluksiz ravishda o'zgarib turadi. Bu siklga so'nggi formula ko'rinishidagi termodinamikaning ikkinchi qonunini bevosita qo'llab bo'lmaydi:



3.10-rasm. pV -o'zgaruvchisida berilgan ixtiyoriy sikl grafigi.

Agar uni bir qator izotermal va adiabataga bo‘lib chiqsak:

$$\sum_a \frac{\Delta Q_1}{T_1} = \sum_b \frac{\Delta Q_1}{T_1} \quad (3.156)$$

munosabati hosil bo‘ladiki, bu munosabatni berilgan yopiq jarayon uchun taqribiy qo‘llash mumkin.

Demak, keltirilgan issiqlik miqdorining yig‘indisi sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o‘tish yo‘liga bog‘liq emas. Shuning uchun keltirilgan issiqlik miqdorining yig‘indisi holat funksiyasining o‘zgarishini tashkil etadi va uni Klauzius entropiya deb atagan. Entropiyani S harfi bilan, uning o‘zgarishini esa ΔS bilan belgilaydilar. Shunday qilib:

$$\sum \frac{\Delta Q}{T} = \Delta S \quad (3.157)$$

Kvazistatik aylanma jarayon bajarayotgan sistemaning entropiya o‘zgarishi nolga teng, ya’ni:

$$\sum \frac{\Delta Q}{T} = \Delta S = 0 \quad (3.158)$$

Agar sistemada qaytmas jarayon sodir bo‘lsa

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

bo‘lishi mumkin. Bundan:

$$\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} > 0 \quad (3.159)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bu esa qaytmas jarayon bajarayotgan sistemaning entropiyasi oshib borishini anglatadi. Entropiyaning oshib borishi sistemaning qay darajada qaytmas ekanligini anglatadi.

Umumiy holda sistema entropiyasining o‘zgarishini quyidagi

$$dS = dQ/T \quad (3.160)$$

munosabat orqali aniqlanishi ravshan.

Matematik jihatdan bu tenglik shunisi bilan qiziqki, Q holat funksiyasi bo‘lmagani uchun dQ kattalik to‘liq differensial bo‘lmaydi, lekin u T ga bo‘lingandan keyin to‘liq differensial bo‘lib qoladi. Shunday qilib $1/T$ kattalik dQ uchun integrallovchi ko‘paytiruvchi bo‘ladi. Rasman matematik jihatdan temperaturaga teskari qiymat dQ uchun integrallovchi ko‘paytuvchi bo‘lgan kattalik deb ta’rif berish mumkin.

(3.160) tenglamadan foydalanib va $dQ = dU + dA$ termodinamikaning birinchi bosh qonuni ekanini esga olib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$T dS = dU + dA \quad (3.161)$$

Bu tenglama *termodinamik ayniyat* deb ataladi. Uni ko‘pincha qaytar jarayonlar uchun *termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni* deb ham yuritiladi.

Amalda termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni (3.160) va (3.161) tenglamalar bilan aniqlanadigan funksiyasi entropiya bilan xarakterlanishi mumkin. Bu funksiyaning chuqur fizikaviy ma’nosi quyidagicha.

Agar sistemada amalga oshirilayotgan aylanma jarayon qaytmas bo‘lsa, u holda

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0 \quad (3.162)$$

bu tengsizlik Klauzius tengsizligi deb ataladi.

Karno qaytmas siklidan iborat xususiy hol uchun keltirilgan issiqliklar yig‘indisi

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} < 0 \quad (3.163)$$

hosil bo‘ladi.

Entropiyani ham p , V va T parametrlardan ixtiyoriy ikkitasi orqali ifodalanishi mumkin. Entropiya, masalan, temperatura bosim yoki hajmiga o‘xshash bevosita o‘lchanishi mumkin bo‘lmagani uchun yana ham katta ahamiyat kasb etadi:

$$dA = pdV \quad (3.164)$$

Tenglamadan

$$dA = TdS = dU + pdU$$

yoki

$$dS = \frac{dU + pdU}{T} \quad (3.165)$$

kattalik entropiyani xarakterlaydi.

Bolsman S entropiya va W termodinamik ehtimollikni:

$$S = k \ln \frac{W}{W_0} \quad (3.166)$$

munosabat orqali bog'radi, bu yerda k bizga ma'lum bo'lgan Bolsman doimiysi bo'lib, uning qiymati $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$. (3.166) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$S = k \ln w - k \ln w_0 = k \ln w = S_0$$

bundan

$$S_0 = k \ln w_0 \quad (3.167)$$

kattalikni entropiyani hisob boshi deb qabul qilish mumkin.

U holda by hisob boshidan hisoblangan entropiya quyidagi tenglik bilan ifolanadi:

$$S = k \ln w \quad (3.168)$$

Bu tenglama entropiya bilan ehtimollik orasidagi ifodalanishdir.

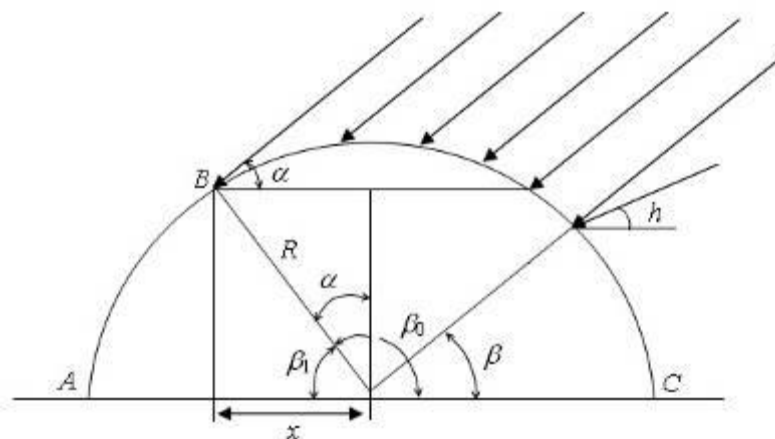
Shunday qilib, izolyatsiyalangan sistema entropiyasi agar qaytar jarayon bo'lsa, o'zgarmay saqlanadi ($\Delta S = 0$), agar qaytmas jarayon bo'lsa, o'sib boradi ($\Delta S > 0$). Umuman olganda izolyatsiyalangan sistema entropiyasi kamayishi mumkin emas.

Bunga asoslangan holda Klauzius "Koinot energiyasi doimiy saqlanib turadi, uning entropiyasi esa o'zining maksimum qiymatiga intiladi", deb uqtiradi. Klauzius fikricha, koinotda "issiqlik halokati" yuz berishi lozim.

Klauzius fikrining xatoligini tushuntiraylik: termodinamikaning ikkinchi qonuni cheklangan hajmdagi termodinamik sistemalar uchun berilgan. Lekin koinotni butun borlig'i bilan bunday sistema deb qarash mumkin emas. Unga "izolyatsiyalangan sistema", "muvozanatli holat" va "entropiya" tushunchalarini qo'llab bo'lmaydi. Koinot sistema sifatida hech qachon dastlabki holatiga nisbatan muvozanatliroq holatga intilmaydi. Shuning uchun ham Klauziusning bu umumlashtirilgan xulosasi bu o'rinda noo'rindir. O'z vaqtida, Klauzius fikrining noto'g'riligi isbot qilingan edi.

3.7-§. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli yarim silindrik quyosh issiqxonasidagi radiatsion, temperatura va issiqlik almashinuv jarayonlari

Qarshi DU fizika-matematika fakulteti geliopoligonida qurilgan yarim silindrik va ishchi maydoni 90 m^2 bo'lgan gelioissiqxona meridian o'qi bo'yicha sharq-g'arb yo'nalishida qurilgan bo'lib, uning ko'ndalang kesimi sxemasi 4.11-rasmda keltirilgan.



3.11-rasm. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli yarim silindrik quyosh issiqxonasining tiniq yuzasidan o'tuvchi quyosh energiyasini hisoblash.

Yarim silindrik gelioissiqxona tiniq yuzasining elementar dS yuzasini ajratib, unga tushadigan quyosh energiyasi miqdori (dQ)ni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$dQ = S_{\perp} \cdot L \cdot R d\beta \cos i \quad (3.169)$$

Bu yerda, $S_{\perp}$ – tiniq yuzaga tik tushadigan energiya; L, R – yarim silindrning uzunligi va radiusi; β – yarim silindrning elementar qismi va gorizont orasidagi burchak. i - quyosh nurining elementar tiniq sirtga tushish burchagi.

Yarim silindrik tiniq yuzali gelioissiqxonasining shu tiniq yuzasidan o'tuvchi quyosh energiyasining miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$dS_i = K_i dS_{\perp} \quad (3.170)$$

Bu yerda, K_i – tiniq yuzaga i burchak ostida quyosh nurining tushishini ifodalovchi koeffitsiyent. Bu koeffitsiyent aktinometr qurilmasi yordamida o'lchanadi; S_i – tiniq yuzadan i burchak ostida gelioissiqxona ichiga o'tuvchi quyosh energiyasi miqdori. (3.170) dan:

$$K_i = \frac{dS_i}{dS_{\perp}} \quad (3.171)$$

Demak, yarim silindrik gelioissiqxona tiniq yuzasidan o'tuvchi quyosh energiyasining quvvati (miqdori)

$$Q_i = S_{\perp} \cdot L \cdot R \cdot \sum K_i \cos i \Delta\beta \quad (3.172)$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda $\Delta\beta = 15^\circ = 0,262$ grad; $\cos i$ esa $\Delta\beta, 2\Delta\beta, 3\Delta\beta$ lar uchun

$$\cos i = \cos A \cosh \cos \beta + \sinh \sin \beta. \quad (3.173)$$

Bu yerda, A – quyosh azimuti. Tiniq yuzadan to'g'ri o'tadigan energiya miqdori quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$Q_{to'g'ri} = \sum Q\tau \quad (3.174)$$

Sochilgan holda o'tadigan energiya miqdori esa quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$Q_{soch} = K_0 \cdot L \cdot R \cdot \frac{\beta_0}{180} \sum Q\tau \quad (3.175)$$

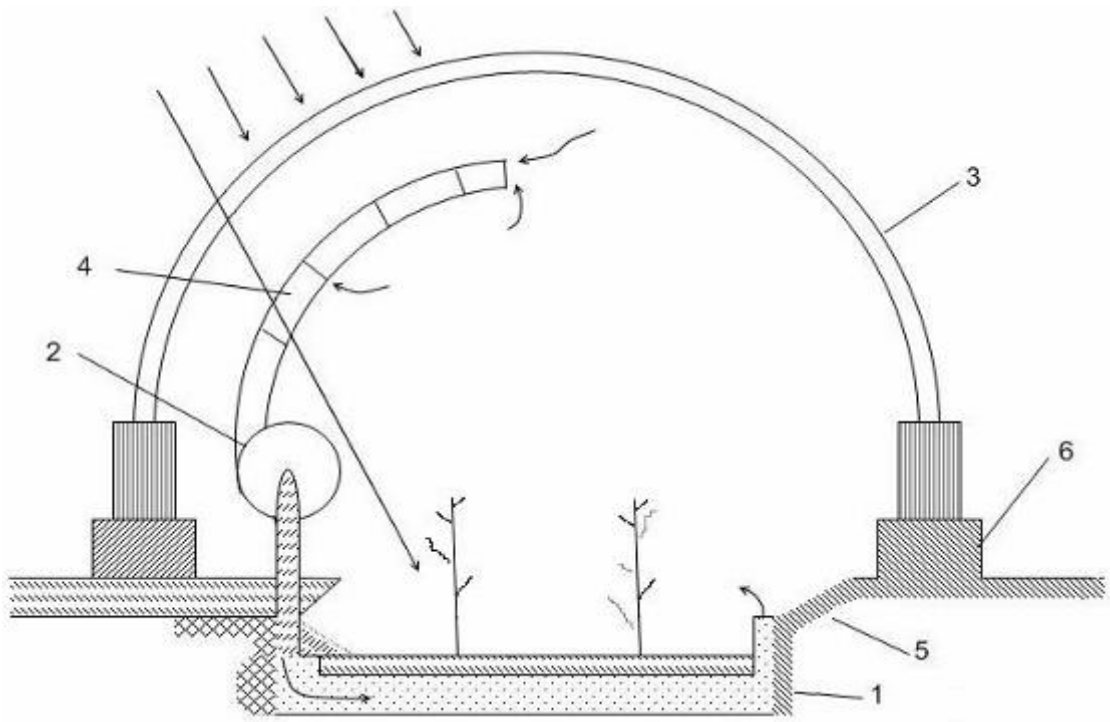
Yarim silindrik gelioissiqxona ichiga o'tuvchi yig'indi quyosh energiyasining miqdori aniqlash uchun ushbu formula o'rinli:

$$Q = Q_{to'g'ri} + Q_{soch} \quad (3.176)$$

Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli, tiniq yuzasi bir qavatli polietilen plyonka bilan qoplangan yarim silindrik gelioissiqxona Qarshi Davlat universiteti geliopoligonida qurilgan bo'lib, uning ko'ndalang kesim sxemasi 3.12-rasmida keltirilgan:

Yarim silindrik tuproq osti akkumulyatorli gelioissiqxonaning ishchi maydoni $90 m^2$. Politsilindr shaklidagi gelioissiqxonaning transheyasi $0,8 m$ va konkasigacha balandligi $3,2 m$ bo'lib, quvvati $N \pm 1,5 kVt$ bo'lgan ventilyator joylashtirilgan. Ventilyator kunduz kuni qizigan ($30-35^\circ C$) havoni issiqxona yuqorisidan tortib oladi va quvurlar orqali tuproq osti issiqlik akkumulyatoriga haydaydi. Tuproq osti issiqlik akkumulyatori to'rt tomonli, o'lchamlari $0,35 \times 5,5 m$ bo'lgan karkasdan tayyorlanib, yer sirtidan $0,5 m$ chuqurlikda yotqizilgan, bu issiqlik akkumulyatorida issiqlik to'plovchi jism sifatida qayroqtosh va tuproqdan foydalaniladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, havo ochiq kunlari issiqlik akkumulyatori ishlatilmagan paytlarda havo temperaturasi $40-50^\circ C$ va havoning nisbiy namligi $75-86\%$ gacha ko'tarilib, kechalari esa tashqi havo harorati $-2-3^\circ C$ bo'lganda va shamol tezligi $3 \div 5 m/sek$ bo'lsa, gelioissiqxona ichidagi havo temperaturasi $+5, +6^\circ C$ gacha pasayadi.



3.12-rasm.

Bunday sharoitda geliotissiqxonada o'simlikning rivojlanishi normal holatda bo'lmaydi. Shuning uchun kunduz kungi geliotissiqxona ichidagi ortiqcha havo harorati 25-30°C ga yetishi bilan (soat 10^0 - 10^3 larda) ventilyator avtomatik tarzda ishga tushadi va issiq havoni tuproq osti issiqlik akkumulyatoriga haydaydi. Kun davomida tuproq osti issiqlik akkumulyatorida 35-40 % issiq havo energiyasi to'planadi. Bu to'plangan energiya hisobidan kechalari va havo bulutli kunlarda issiqxona ichidagi havo harorati mo'tadillashtiriladi. Geliotissiqxona ichidagi havo harorati 24-26 °C atrofida ekanligini belgilab, tuproq qatlaminig 0,3 m chuqurligi uchun masalani garmonik qatorlar metodi asosida yechamiz.

$$T_x = T_T + T_x \exp i(\omega\tau - \varphi_a) \sqrt{2} \quad (3.177)$$

$$T_{yc} = T_{0yc} + T_{1yc} \exp i(\omega\tau - \varphi_{1yc}) \quad (3.178)$$

$$T_{ak} = T_{0myn} + T_{1myn} \exp i\omega\tau \quad (3.179)$$

$$T_{ax} = T_{0ak} + T_{1ak} \exp i\omega\tau \quad (3.180)$$

Geliotissiqxona ichidagi havo temperaturasi uchun:

$$\alpha_x^T F_T T_{0T} + \alpha_x^{Tyn} F_{Tyuz} T_{Tyy} + mC_a \gamma_a V_a (T_{kir} - T_a) + \alpha_x^{yc} F_{yc} T_{0yc} + mC_x \gamma_x V_x T_{1T}$$

$$T_a = \frac{\alpha_x^{yc} F_{yc} T_{0yc} + mC_x \gamma_x V_x T_{1T}}{\alpha_x^{yc} F_T + \alpha_x^{Tyn} F_{Tyuz} + mC_x \gamma_x V_x \partial} \exp i(10\tau - \varphi_x) \quad (3.181)$$

Geliolimonariy tuproq yuzasida $y = 0$ bo'lib,

$$T_{T/x=0} = \frac{(T_{kup}^T T_{ax} + A_T K_{yp} J_0 + \beta_T r_T p_{om}) \delta + \lambda_{\perp} T_{cons}}{\lambda_{\perp} + \alpha_x^{yuz} nchn\delta + A_T K_{yp} J_1 nchn\delta} +$$

$$+ \frac{\lambda_{\perp} nT_{const} + T_x^{103} nchn\delta + A_T K_{yp} J_1 nchn\delta + \beta_{TC} r_{TC} p_{AT} nchn\delta}{\lambda_{\perp} n^2 chn\delta + \alpha_x^{yuz} nchn\delta} \cdot \exp i\omega\tau \quad (3.182)$$

Bu jarayon ikki blokli geliotissiqxona quritgichlar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, geliolimonariydagi teplotexnik hisoblashlarni matematik modellashtirishda soddalashtirilgan holda temperatura namlik, radiatsion va konstruksion-teplotexnik xarakterga oid tengliklarni o'rganilgan.

Tuproq osti issiklik akkumulyatorli gelioissikxonaning radiatsion, temperatura-namlik va teplofizik xarakteristikalarini o'rganishda tuproq qatlamini yarim chegaralangan massiv deb, uning issiqlik balans tenglamasini quyidagicha ifodalaymiz:

$$C_x \gamma_x V_x \frac{dT_x}{dt} = \alpha_x^n (T_T - T_x) F_T + m C_a \gamma_a V_a (T_{kir} - T_{chiq}) + \alpha_x^{43} (T_{43} - T_x) F_{43} + \alpha_x^{yc} (T_{yc} - T_x) F_{ys} \quad (3.183)$$

Chegaraviy shart:

$$-\alpha_T \frac{dT}{d\tau} = -d_x (T_T - T_x) + K_{yp} (T_{kp} - T_{chiq}) F_{oy} T_{ak/y=\infty} = T_{const} \quad (3.184)$$

$y = 0,1m$ tuproq chuqurligida

$$T_{T/y=0,1} = \frac{T_{const} - T_{0T}}{\delta} \cdot 0,1 + T_{OT/y=0} + \frac{T_{const} - n T_{1T/y=0} ch n \delta}{n ch n \delta} ch \cdot 0,1 + T_{1T/y=0} ch \cdot 0,1 \quad (3.185)$$

Yarim silindrik tuproq osti issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxonaning ko'ndalang qismi keltirilgan. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli va akkumulyatorsiz issiqxona ichidagi havo temperaturasi, namligi va $0,3 m$ chuqurlikdagi tuproq temperaturasi to'lqinlarining garmonik o'zgarishi natijalari tiniq yuza orqali o'tadigan quyosh energiyasi bilan bog'liq holda o'zgarish grafigi 3.12-rasmda keltirilgan.

Tiniq yuzasi polietilin plyonka bilan qoplangan ikki nishabli va yarim silindrik quyosh issiqxonalaridagi tuproq osti issiqlik akkumulyatorida va uning atrofidagi tuproqda bo'ladigan issiqlikning to'planishini hamda bu jarayonda gidrodinamik, issiqlik fizikaviy masalalarni qaraymiz.

Quyosh issiqxonasining tuproq osti qayroqtosh bilan to'ldirilgan bo'lsa, bu qayroqtoshlarda (diametri $d = 8 \div 10$ sm) to'planadigan issiqlik mikdorini hisoblash uchun $\mathcal{G} = 0,6 \div 0,8 m/sek$ tezlik bilan oqadigan havo oqimi gidrodinamikasi hisoblanadi. Bunday masalalarni yechish bo'yicha bir qator olimlar R.S.Bernshteyn, B.A.Baum, N.B.Javoronlova, L.S.Lebenzon, R.N.Mollakandov, M.E.Aerov, N.I.Umnik va O.Bekmurodovlar ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borganlar. O'tkazilgan tajribalarda trubalar to'ldirilgan toshlarning o'lchamlari har xil va kichik bo'lib, bu toshlar orqali havo oqimi gidrodinamikasi, ya'ni havo oqimining tushishini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\Delta p = \lambda_{kar} \frac{\rho_c \mathcal{G}_{ch}^g}{2} \cdot \frac{l}{d} \quad (3.186)$$

Bu yerda, $\lambda_{kar} = \frac{A}{Re} + B$. Shuningdek (4.169) formuladan: δ_x – havo oqimining tezligi, m/s; havoning zichligi, kg/m^3 ; d – qayroq toshning o'rtacha diametri, sm; l – quvurning uzunligi, m; λ_{kat} – qayroq tosh qatlamining gidravlik qarshiligi; A va B lar qayroq toshning diametri va quvur to'ldirilgan qatlam zichligi bilan bog'liq bo'lgan tajribada olingan son.

Qayroq toshlar orqali oqadigan havo oqimining qatlam tuzilishiga bog'liq bosim pasayishini hisoblash uchun tavsiya etilgan quyidagi formulalar yordamida tajriba asosida aniqlanadi:

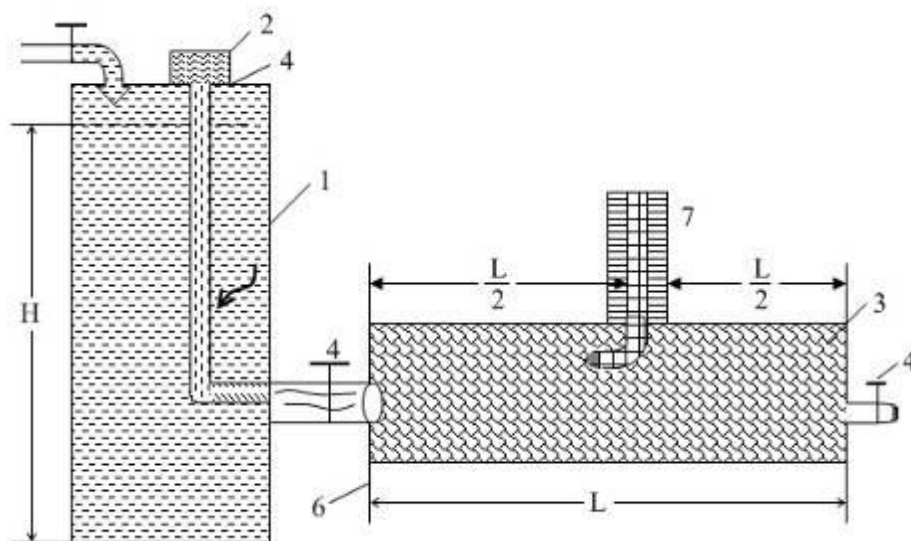
$$\Delta p = \frac{1,53}{m^{4,2}} \left(\frac{75}{Re_{ctp}} + \frac{15}{\sqrt{Re_{ctp}}} + 1 \right) \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho_c \cdot \mathcal{G}_x^2}{2} \quad (3.187)$$

Bu yerda

$$Re_{ctp} = \frac{0,45}{(1-m)^{0,5}} \cdot \frac{\mathcal{G}_x \cdot d}{\partial_x}; \quad \lambda_{kar} = \frac{1,53}{m^{4,2}} \left(\frac{75}{Re_{ctp}} + \frac{15}{\sqrt{Re_{ctp}}} + 1 \right); \quad Re_{kar} = \frac{\mathcal{G}_x d}{\partial_x} \quad (3.188)$$

Ammo bu formulalar yordamida aniqlanadigan gidrodinamik jarayonlarda quvurlarda joylashgan materiallar sharsimon deb qaralgan. Biz qaraydigan tuproq osti issiqlik akkumulyatorli quvurlarda joylashtirilgan qayroq toshlarning shakli sharsimondan farq qilganligi uchun gidravlik qarshilik va bosim pasayishini hisoblash uchun hisoblanadigan (3.170) va (3.171) formulalar tajribadan olingan ma'lumotlar asosida hisoblanganda, aniqlik darajasidan chetlashishlar katta bo'lishi ma'lum bo'ldi. Hozirgi vaqtda shakli sharsimon bo'lmasdan, turlicha shakldagi jismlar orqali suyuqlik yoki havo o'tgan oqimdagi gidravlik qarshilik va bosim pasayishidagi farqni hisoblash formulasi aniq emasligi adabiyotlarda berilgan.

Shunga asosan, tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatorli modellashtirilgan (model o'lchamlari o'xshashlik nazariyasiga asosan (1:5) o'lchamlarda tajriba qurilmasi birinchi variantda tayyorlandi va tadqiqotlar o'tkazildi. Quyidagi 3.13-rasmda tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatorining modeli keltiriladi:



3.13-rasm. Qurilma eksperimental modelining sxemasi

Tuproq osti qayroq toshli quvur modelini tayyorlashda o'xshashlik nazariyasi va modellashtirish metodikasiga asosan suv bilan o'tkaziladigan tajriba qurilmasidan foydalanildi. Modellashtirilgan qurilmaning o'lchamlari $L=1,58\text{ m}$, diametri $d=0,07\text{ m}$; qayroq toshlarning joylashish g'ovakligi $m=0,47$; qayroq toshlarning o'rtacha diametri $d=0,0418\text{ m}$. Tajriba o'tkazilishi jarayonida 1-suv bakidagi suvning sathi doimiy saqlandi. Uzunligi l bo'lgan qayroq toshli quvurdan oqadigan suvning bosimi 7-manometr yordamida o'lchab borildi. 1-suv bakidan qayroq toshli quvurga oqadigan suvning harakat oqimi 4-kranlar yordamida boshqarildi va 5-rangli suv yordamida v – tezligi vaqt oralig'ida kuzatildi va o'lchab borildi. Tajribada vaqt oralig'ida suv sarfi tortish metodikasiga muvofiq aniqlandi. Shuningdek silindrik quvurda joylashgan 3-qayroq toshlar orqali oqadigan suvning rejimi turli xil tezliklarda rangli suv orqali kuzatildi va o'rganildi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, silindrik quvurda joylashtirilgan qayroq toshlar orqali oqadigan suvning bosimi P ortishi bilan oqim tezligi v ham ortib boradi.

$P(\text{Pa})$: 2 4 6 8 4 13 43 62 124 213

$v=10^{-1}\text{ m/s}$: 3 5 7 9 15 20 30 40

Tajriba natijalarida aniqlandiki, $v=10^{-1}\text{ m/s}$, ya'ni $Re=5$ bo'lgan suv oqimi muallaq bo'lib, $v=4\cdot10^{-1}\text{ m/s}$ bo'lganda, $Re=1500$ ga teng bo'lib, qayroq toshlar to'ldirilgan silindrik quvurdan oqadigan suvning oqimi uyurma holatga o'ta boshlaydi.

O'tkazilgan tajribalar asosida qayroq toshlar to'ldirilgan silindrik quvur orqali suvning oqim rejimi o'rganilib, Reynolds soni (Re)ning va gidravlik qarshiliklarning natijalari aniqlandi va sonli metod yordamida hisoblanib, shaklli sharsimon ko'rinishdan farq qiladigan qayroq toshlari orqali suv oqimi rejimiga muvofiq empirik formulalar ishlab chiqildi:

$$Re = \frac{v_c \cdot d}{\nu_c} \cdot m^{-2,84} \quad (3.189)$$

$$\lambda_{sl} = \frac{920}{Re_{sl}} + 12 \quad (3.190)$$

$$\Delta p = \lambda_{sl} \cdot \frac{\rho_c v_c^2}{2} \cdot \frac{L}{d} \cdot m^{-1,96} \quad (3.191)$$

Oqim tezligi – v 0,4 m/s dan ko‘tarilishi bilan oqim rejimi muallaq ko‘rinishdan uyurma holatga o‘ta boshlaydi. Tajriba natijalariga asosan, tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyator quvurlari soni n , har bir quvurning uzunligi l , silindrik quvurdagi qayroq toshlar va uning atrofidagi nam tuproq qatlamlarining hajmi va umumiy yuzasi F_1 va bitta quvurni va shunga asosan umumiy quvurning uzunligi L ni quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$L = \frac{F}{n \cdot 2V} \cdot l \quad (3.192)$$

Shuningdek, texnik iqtisodiy nuqtai nazardan qayroq toshlar to‘ldirilgan silindrik tuproq osti issiqlik akkumulyatorlarga issiq havo haydashga mo‘ljallangan ventilyator quvvatini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$N = \frac{G \Delta p}{\eta} \quad (3.193)$$

Bunda, $L = 4,65$ m, havo bosimining farqlari $\Delta p = 4,6$ Pa, issiq havo sarfi $G = 0,9$ m³/s va ventilyatorning FIKi $\eta = 0,8$ bo‘lganda, $N = 1,5$ kVt bo‘lishi aniqlandi. Bu bir nishabli, ishchi maydoni 80 m² bo‘lgan quyosh issiqxonasining temperatura rejimi 18-24 °C atrofida, qish faslida mo‘tadil turishi uchun yetarli ekanligi aniqlandi.

Issiqlikxonalarda o‘simliklarning (pomidor, bodring va boshqalar) rivojlanishida ichki havo temperaturasi va namligi muhim bo‘lgani singari, o‘simlikning ildiz sistemasidagi tuproq qatlaminig issiqligi va namligi yanada muhim hisoblanadi.

Tuproq osti issiqlik akkumulyatoridagi shakli sharsimon bo‘lmagan materiallar uchun issiqlik-fizikaviy jarayonlarni hisoblash uchun V.N.Timofeyevning kriterial tenglamasi $Re = 20 - 200$ bo‘lgan holda

$$Nu = 0,106 Re, \quad \alpha_F = 0,106 \frac{\lambda}{M} G \quad (3.194)$$

va $Re = 200$ bo‘lganda

$$Nu = 0,61 Re, \quad \alpha_F = 0,61 \frac{\lambda G}{M^{0,67} d_{o'rt}} \quad (3.195)$$

ko‘rinishda ifodalanadi.

Ammo bu kriterial tenglamalarda issiqlik almashinuvi qayroq toshlarning o‘zida taqsimlanishi o‘rganilgan. Quyosh issiqxonasining tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatori joylashtirilgan tuproq qatlamida issiqlik uzatilishi va nostatsionar issiqlik fizikaviy jarayonlari e‘tiborga olinib, o‘xshashlik nazariyasi va modellastirish metodikasiga asosan tajriba tadqiqotlari olib borildi.

Tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxonasidagi issiq havo temperaturasi 28-30 °C atrofida bo‘lishi bilan ventilyator ishga tushib, issiq havoni tuproq osti issiqlik akkumulyatoriga haydaydi. Issiqlik akkumulyatoriga kiruvchi T_{kir} va chiquvchi havo temperaturasi T_{chiq} , havo oqimining tezligi v_x , issiqlik akkumulyatori atrofidagi tuproq temperaturalari TES-2 elektron termometr bilan turli chuqurliklarda o‘lchanib, issiqlik almashinuv jarayonlari kriterial tenglamalar asosida hisoblandi.

$$Nu = f(Re, Pr) \quad (3.196)$$

Gazlar uchun $Pr = const$, bundan $Nu = f(Re)$ deb xulosa qilinib, issiqlik almashinuvi sodir bo‘lish jarayonini quyidgai formula bilan ifodalash mumkin:

$$Nu = \frac{\alpha_v d_{ekv}}{\lambda} \quad (3.197)$$

Shuningdek,

$$Re = \frac{G \cdot d_{ekv}}{\mu} \quad (3.198)$$

Reynolds kriteriyasidan issiqlik akkumulyatoridagi gidrodinamik va issiqlik massa almashinuvi jarayonlarini tekshirganda, qayroq toshlarning shakli sferasimon deb qaralib, ekvivalent diametr – d_{ekv} ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$d_{ekv} = \sqrt[3]{\frac{6V_M}{\pi}} \quad (3.199)$$

O'tkazilgan tajriba natijalari va nazariy hisoblashlar asosida issiqlik akkumulyatorining α_v hajmiy issiqlik almashinuv koeffitsiyenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\alpha_v = \frac{Q}{V_k \cdot \Delta T \cdot \tau'} \quad (3.200)$$

yoki

$$\alpha_v = \alpha_F \frac{f}{V_m} \quad (3.201)$$

bu yerda, V_k – issiqlik akkumulyatorlardagi qayroq toshlarining hajmi; ΔT – issiqlik akkumulyatorning o'rtacha temperaturasi; τ' – issiqlik akkumulyatsiyalanish vaqti;

Demak, quyosh issiqxonasining tuproq osti issiqlik akkumulyatorida to'plangan energiya miqdori ushbu formula yordamida hisoblanadi:

$$Q' = V' \rho_x C_x \Delta T \quad (3.202)$$

bu yerda, V' – issiqlik akkumulyatorining hajmi;

Agar issiqlik akkumulyatorining qayroq toshlarida to'plangan issiqlik miqdorini Q ga va issiqlik akkumulyatori atrofidagi tuproqda akkumulyatsiyalanadigan issiqlik miqdorini esa

$$Q_1 = m_p C_p \Delta T \quad (3.203)$$

ga teng deb olsak, u holda jami to'plangan issiqlik miqdori:

$$Q' = Q + Q_1 \quad (3.204)$$

kabi bo'ladi.

Quyosh issiqxonasining qayroq toshli tuproq osti issiqlik akkumulyatoridagi issiqlik almashinuv jarayonlarini hisoblashda Nusselt kriteriyasini ishlatib, issiq havo oqimining laminar rejimi uchun:

$$Nu = 0,21 Re^{0,86} \quad (3.205)$$

va turbulent rejimi uchun:

$$Nu = 0,53 Re^{0,75} \quad (3.206)$$

ga kelamiz. Hisoblash uchun Re-kriteriyasini aniqlashda ushbu

$$Re = \frac{1}{m^{2,84}} \cdot \frac{v_x d_{ekv}}{v_x} \quad (3.207)$$

formula tajribalar asosida aniqlandi.

Shunga asosan (3.207) formula natijalarini (3.205) va (3.206) formulalarga qo'yib va Nusselt kriteriyasini aniqlab, issiqlik akkumulyatorida sodir bo'ladigan issiqlik almashinuvini hisoblashga erishiladi.

3.8-§. Quyosh uyining devorlari va boshqa qatlamlari orqali issiqlik uzatish

Ma'lumki, quyosh uyining devorlari va boshqa qatlamlari orqali issiqlik uzatish jarayoni notekis bo'lib, bu qatlamlarning teplotexnik parametrlariga tashqi va ichki havo temperatura o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.

Shuning uchun quyosh uyining devorlari va boshqa qatlamlari orqali issiqlik uzatishini matematik modelini tuzishda quyidagilarni hisobga olish lozim bo'ladi:

1) devor qatlamining teplotexnik xarakteristikasi materialning temperaturasi va namligiga bog'liq bo'ladi;

2) devor va boshqa qatlamlarning issiqlik uzatish jarayonidagi teplotexnik va teplofizik ko'rsatkichlari, temperatura maydoni o'zgarish deb hisoblanadi.

3) devor orqali bo'ladigan issiqlik almashinuvi issiqlik uzatish va havoning filtirlanish hisobidan amalga oshadi deb hisoblanadi;

4) devor orqali issiqlik yo'qolishi materialni namligi tufayli yuzaga keladigan issiqlik natijasida amalga oshadi deb hisoblanadi;

5) quyosh uyining devorlari va boshqa qatlamlari orqali issiqlik almashinuvi va issiqlik uzatilishini hisoblashda yuqorida aytib o'tilgan teplotexnik va teplofizik jarayonlardagi belgilashlarni e'tiborga olib, issiqlik uzatish tenglamasini qo'yidagicha ifodalaymiz.

$$\frac{\partial H}{\partial \tau} = \text{div } \lambda \text{ grad } t \pm \frac{\partial t}{\partial y} + Q_{haq} \quad (3.208)$$

bundan

$$H = \int_0^t \left[C\gamma + \delta(\xi - t^*) i \omega \rho_k L \right] d\xi \quad (3.209)$$

Bu yerda, t^* – devor qatlamidagi temperatura, $^{\circ}\text{C}$; J – tashqi havo bilan devor qatlamining birlik qismida issiqlik almashtiruvchi; ω – materialning birlik yuzasidagi namlik; ρ_k – devor qatlamidagi namlik zichligi, kg/m^3 ; i – solishtirma issiqlik fazasini o'tish, $\text{Vt soat}/\text{kg}$; $\int(\xi - t^*)$ – Dirakning delta funksiyasi; J_ϕ – devorning yuza birligi orqali havo oqimining sarfi, $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{soat}$; Q_{xak} – devorda to'plangan haqiqiy issiqlik miqdorining solishtirma quvvati Vt/m^3 ; c_h – havoning solishtirma issiqlik sig'imi, $\text{Vt} \cdot \text{soat}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$; $C\gamma$ – qatlam materiallarining solishtirma issiqlik sig'imi $\text{Vt} \cdot \text{soat}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$, bunda

$$\begin{cases} C\gamma = C_T(y)\gamma_T(y), & \text{agar } t \geq t^* \\ C\gamma = C_M(y)\gamma_M(y), & \text{agar } t < t^* \end{cases}$$

Shuningdek,

$$C(y)\gamma(y), \gamma(y) = \begin{cases} C_1\gamma_1\lambda_1, & \text{bunda } 0 \leq y \leq \delta_1 \\ C_2\gamma_2\lambda_2, & \text{bunda } \delta_1 \leq y \leq \delta_2 \\ \dots & \dots \\ C_{n-1}\gamma_{n-1}\lambda_{n-1}, & \text{bunda } \delta_{n-2} \leq y \leq \delta_{n-1} \\ C_n\gamma_n\lambda_n, & \text{bunda } \delta_{n-1} \leq y \leq \delta_n \end{cases}$$

$C_i\gamma_i$ – devor qatlamining solishtirma issiqlik sig'imi, $\text{Vt} \cdot \text{soat}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$, ($i = 1, 2, \dots, n$), zichligi, Vt/m^3 , ($i = 1, 2, \dots, n$); λ_i – devor qatlamining issiqlik uzatish koeffitsiyenti, $\text{BT}/(\text{M} \cdot ^{\circ}\text{C})$, ($i = 1, 2, \dots, n$); $\delta - \delta_n$ – devor qatlamining qalinligi, M ; δ_i – devorning tashqi qatlamidan ichki qatlamidagi qismlari qalinligi M ; ($i = 1, 2, \dots, n$).

(3.209) tenglamani yechishda Stefanning matematik masalalarini yechish metodidan foydalanib devor orqali issiqlik uzatish jarayonini hisoblashda qo'shimcha $\delta(t - t^*) i \omega \rho_k L$ ifoda e'tiborga olinadi.

Quyosh uyining ko'p qatlamli devoridagi temperatura maydoni orqali issiqlik uzatishning ekvivalent qiymati $\lambda_{ekv} = \frac{\delta}{R}$ formula yordamida hisoblanadi; bu yerda, δ -qatlamning qalinligi, m; R –devor bilan havo o'rtasidagi nurlanish va konvektiv issiqlik almashinuvidagi termik koeffitsiyenti, $m^2 \cdot ^\circ C/B_T$.

Devor orqali konvektiv va nur almashinish asosida issiqlik uzatish quyidagi tenglamadan foydalanib aniqlanadi:

$$y = \delta - \lambda_{II} \frac{dt}{dy} = \alpha_k (\tau_{xn} - t_x) + \sum_j C_0 \varepsilon_{i-j} i b_{i-j} (\tau_{xn} - \tau_j) \times \varphi_{i-j} + (1 - p_i) (E_i - J_i) - q_{nur} - q_{faz} \quad (3.210)$$

bunda

$$t_x^{shar} = \alpha_k t_x + \sum_j C_0 \varepsilon_{i-j} b_{i-j} \varphi_{i-j} + (1 - p_i) (E_i - J_i) + q_{faz}^x + q_{nur} / \alpha_x^{shar} \quad (3.211)$$

ekanligi e'tiborga olinib, $q_k = \alpha_k (\tau_T - t_T)$ bo'lganligi uchun devor orqali konvektiv issiqlik almashinuvi aniqlanadi. t_T, τ_T –mos ravishda tashqi havo temperaturasi va devor tashqi sirtini temperaturalari, $^\circ C$; α_k –tashqi devor qatlami bilan havo oqimining konvektiv issiqlik almashinuv koeffitsiyenti, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ - tajriba asosida ichki havo temperaturasi va havo oqimi bilan bo'ladigan konvektiv issiqlik almashinuvi hamda devor qatlamlari orqali issiqlik uzatishni aniqlab xona issiqlik rejimini matematik modellashirishda umumlashtirilgan teplofizik parametrlar asosida issiqlik balans tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$C_x \gamma_x V_x \frac{dt_x}{dT} = \sum_i \alpha_{ki} (t_{i/y=\delta} - t_x) F_i + C_x \gamma_x V_x m (t_T - t_x) + Q(\tau) \quad (3.212)$$

Tajribadan olingan natijalar asosida quyosh uyi devorlarining qatlamlari orqali issiqlik almashinuvini (issiqlik yo'qolishini) hisoblab, xona ichki temperaturasi va umumiy balansi aniqlandi.

IV BOB. PAST HARORATLI ISSIQLIK QURILMALARIDA QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISH

4.1-§. Past haroratli quyosh qurilmalari

Quyosh qurilmalari ikki turga bo'linadi: Past haroratli va yuqori haroratli quyosh qurilmalari. Xalq xo'jaligida asosan past haroratli quyosh qurilmalaridan keng foydalaniladi. Past haroratli quyosh qurilmalariga issiqxonalar, quritgichlar, suv chuchitgichlar, isitgichlar kiradi. Avvalo quritgichlar to'g'risida to'xtalamiz.

Qishloq xo'jalik mahsulotlarini qayta ishlash muammolari qatorida meva, uzum va sabzavotlarni quritish va ularni quritilgan holda saqlash alohida o'rin tutadi.

Meva quritish bir nechta usullar bilan amalga oshiriladi:

- 1) havo-quyosh usuli;
- 2) yoqilg'i bilan ishlaydigan quritgichlarda quritish usuli.

Bulardan tashqari infraqizil nurlari ta'sirida quritish mavjud. Gelioquritgichlarda meva quritish quyosh energiyasi hisobidan amalga oshiriladi. Ma'lumki, meva quritish mavsumi yoz oylarida ayni quyosh energiyasi miqdori ko'p bo'lgan davrlarga to'g'ri keladi. Masalan, geografik kenglik 40° bo'lgan hududlarda $1 m^2$ tik yuzaga iyunda $680 Wt/m^2$, iyulda $800 Wt/m^2$, avgustda $760 Wt/m^2$ energiya tushadi. Qarshi Davlat universitetida ishlab chiqilgan gelioquritgichlar ba'zi birlarining iqtisodiy samaradorligini oshirish maqsadida ularda qish oylarida ko'kat yetishtirish mo'ljallangan (CCY-3000).

Gelioquritgichlar, havo-quyosh usuli (oddiy o'tobda quritish) va yoqilg'i bilan ishlaydigan quritgichlarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1) havo-quyosh usulida quritish muddati uzoq bo'ladi, ikkinchi tomondan mahsulotlar ifloslanadi, hashoratlar zararlaydi, chang o'tiradi, muhimi ayrim mevalarda, masalan, olmada C vitamin qariyb saqlanmaydi.

2) yoqilg'i bilan ishlaydigan quritgichlarda ma'lum tabiiy gaz, toshko'mir va boshqa yoqilg'ilar yoqiladi, gelioquritgichlardan foydalanilganda ma'lum bir miqdorda organik o'quv ashyolari tejab qolinadi, ikkinchi tomondan quyosh energiyasi ekologik jihatidan toza bo'lib, atrof-muhitni ifloslamaydi.

Gelioquritgichlarning xarakterli tomoni shundan iboratki, ularda quritish rejimi (T , ϕ , V) o'zgaruvchan xarakterga ega. Issiqlik beruvchining (ichki havoning) temperaturasi quyosh chiqishi bilan ko'tarila boradi va tush paytida maksimal qiymatga erishadi, tushdan keyin esa sekin-asta pasaya boradi. Agar gelioquritgichda issiqlik akkumulyatori joylashtirilsa, kunduzi temperaturaning maksimum qiymati kamayadi, kechasida esa issiqlik akkumulyatori hisobida temperatura oldingiga nisbatan yuqori bo'ladi. Temperatura va nisbiy namlikning sutkalik o'zgarishi quyidagi jadvalda keltirilgan (13.- 14. 07 2008):

Teplotexnik parametrlar	V A Q T									
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	2
$t_t, ^\circ C$	21,1	24,5	31,0	33,5	33,0	29,5	27,0	25,0	23,5	23,0
$t_i, ^\circ C$	36,5	44,0	53,5	56,0	54,5	49,0	45,5	41,0	38,5	36,5
$\phi_i, \%$	42,0	38,0	32,0	30,5	31,5	53,0	38,0	40,5	41,0	42,5

Jadvalda havo temperaturasi va nisbiy namligining o'zgarishi issiqlik akkumulyatori bo'lmagan hol uchun keltirilgan.

Gelioquritgichlarda, meva quritish kinetikasi va quritish muddati turli xil mahsulotlar uchun turlicha, masalan o'rikni quritish muddati 5 sutka, olmaniki 3,5 sutka, anjirniki 4 sutka va hokazo. Yuqorida keltirilgan mahsulotlarni quritish texnologiyasi odatdagi usulga o'xshash bo'ladi: Avvalo saralanadi, tozalanadi, o'rikka maxsus ishlov beriladi, olma ma'lum bir qalinlikda kesiladi, so'ngra tagliklarga joylashtirilib quritila boshlanadi. Tajribalar ko'rsatadiki, gelioquritgichlarda quritilgan mahsulot standart talabiga javob beradi.

Shunday qilib, janubiy hududlarda meva, sabzavot, uzum va boshqalarni quritish uchun quyosh energiyasidan foydalanish mumkin. Natijada ma'lum bir miqdorda organik yoquv ashyolari tejab, mahsulot sifati yaxshilanadi.

a) Gelioquritgichda olma quritish texnikasi va texnologiyasi. Gelioquritgichlarda meva quritish texnikasi va texnologiyasi odatdagi quritgichlarnikiga o'xshash bo'lib, issiqlik uzatuvchi (qizigan havo) temperaturasi va quritish muddati bilan farq qiladi. Gelioquritgichda qizigan havoning temperaturasi $80^\circ C$ gacha ko'tariladi, $80^\circ C$ dan oshganda ba'zi mevalar qorayib, ayrim vitaminlarini yo'qota boshlaydi. Shuning uchun gelioquritgichlarda meva quritish texnikasi va texnologiyasini o'rganish zarurdir. Ma'lumki, quritish texnikasi, qurilmalardagi quritish jarayoning umumiy metodlarini va quritgichlarining konstruksiyasi, loyihalash masalalarini o'z ichiga oladi.

Quritish texnologiyasi esa, materiallarning xossalarini quritish obyekti sifatida o'rganish, shu asosda ratsional asoslangan quritish usulini va amalga oshirish kerak bo'lgan optimal rejimni tanlash bilan xarakterlanadi.

Gelioquritgichlar havo isitgichlarga asoslangan kamerali va hajmiy konstruksiyali turlarga bo'linadi. Bu qurilmalarda quritish konvektiv usullarda amalga oshiriladi. Qarshi Davlat universitetida ishlab chiqilgan gelioquritgich radiatsion-konvektiv usulga asoslangandir.

Ushbu gelioquritgichda olma quritilganda quyidagi texnologik sxemaga amal qilinadi: olmani yig'ishtirib olish, quritish maydoniga keltirish, navlarga ajratish va tanlash, yuvish, kesish, sulfidlash, quritish, namligini tenglashtirish, xaltalarga joylash va saqlash.

O'tkazilgan tajribalarda olma 7-10 mm qalinlikda kesilib, sulfidlash uchun 1kg mevaga 2 gramm oltingugurt sarflanib, jarayon yarim soat davom ettiriladi. Radiatsion-konvektiv usulda quritilganda havoning temperaturasi ertalab $30^\circ C$ dan tush paytida $65^\circ C$ gacha ko'tarildi, havoning nisbiy namligi esa 28 % dan 12 % gachani tashkil etadi. Jarayon bir kun davom etadi.

Gelioquritgichda quritilgan olmada C vitamining miqdori ochiq havoda quritilgandagiga nisbatan 3 marta ko'pligi aniqlandi. Shunday qilib, gelioquritgichlarda to'la quritish texnologik jarayonini amalga oshirish mumkin.

b) quyosh quritgichida sabzavot quritish jarayonlarini o'rganish eng muhim tadqiqotdandir. Qarshi Davlat universiteti geliopoligonidagi gelioquritgichda piyoz quritish quyidagi usullarda amalgam oshiriladi:

- 1) quyosh-havo usuli (ochiq havodagi qisman yopilgan miqdor);
- 2) maxsus kamerada (kameradagi havo gelio havo qizdirgichda isitilib, kameraga yuboriladi);
- 3) "Issiq yashik" tipida quyosh qurilmasida radiatsion usulda quritish.

d) piyozni quyosh-havo usulida quritish kinetikasi.

Temperatura 30 °C gorizontaal yuzaga tushadigan quyosh nur energiyasining zichligi E_r , perpendikular yuzaga tushadigan nur energiyasini zichligi E_c . Piyozning solishtirma yuklangan miqdori $m_y=1,9 \text{ kg/m}^2$.

Quritish davomiyligi τ bilan piyoz solishtirma massasi m_y orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$m_y = N \cdot \tau \quad (4.1)$$

bu yerda N - quritish tezligi, kg/m^2 .

Statsionar rejimda

$$\alpha \cdot E_c = N_T \cdot \tau \quad (4.2)$$

bu yerda, α – piyoz tomonidan quyosh nur zichligini yutish koeffitsiyenti. E_c – quyosh nuri zichligi, Wt/m^2 . N_T – quritish tezligining hisoblangan miqdori, τ -suvning bug' hosil bo'lish solishtirma issiqlik miqdori. $N = N_T$ desak,

$$m_y = \alpha \cdot E_c \cdot \tau / r \quad (4.3)$$

$\alpha=0,7, E_c=500 \text{ Wt/m}^2$ va $\tau = 4$ soat

bo'lsa, $m_y = 2 \text{ kg/m}^2$.

e) piyozni quritish tezligi: Piyoz 3 mm qalinlikda yoyilsa, uning tarkibidagi suvni bug'lanishi quyosh nurini yutishi hisobidan intensivlashadi. Ochiq havoda N_b va hisoblash natijasi N_{p-b} lardan $\alpha=0,8$ kelib chiqadi.

Piyozni quritish tezligi va suv bug'lanishi hisobida quritish kinetikasi

$$N = \Delta m / \Delta \tau \cdot S \cdot \Delta \tau \quad (4.4)$$

ga teng bo'ladi. $\Delta m / \Delta \tau$ – vaqt davomida piyoz massasini o'zgarishi. S (m^2) - piyoz qatlami yuzasi.

f) quyosh limonariyadagi teplofizik jarayonlar. Ma'lumki, qish faslida limon yetishtiriladigan tiniq yuzasi poletilen plyonka bilan qoplangan issiq xonalarni qizdirish uchun $4 \cdot 10^{10}$ kVt soat energiya yoki $6,7 \cdot 10^6$ t tosh ko'mir sarflanadi. Ammo tajribalar quyosh limonariysining tiniq yuzasi orqali ham shuncha miqdorda quyosh energiyasi o'tishini ko'rsatadi. Hozirgi paytda issiqxona-limonariylarida quyosh energiyasidan foydalanish uchun respublikamizning janubiy mintaqalarida yetarli imkoniyatlar mavjud. Shunga qaramasdan quyosh energiyasidan foydalanish koeffitsiyenti 25-30 % ni tashkil etmoqda.

Limonariylarda quyosh energiyasidan foydalanish koeffitsiyenti past darajada bo'lishiga asosiy sabablar quyidagilardan iborat:

Quyosh energiyasining limonariy tiniq yuzasi orqali maksimal o'tishining pastligi, ya'ni tiniq yuza nur o'tkazish koeffitsiyenti va qurilmaning elimentlarini geliotexnik talablarga javob bermasligidir.

Limonariy tiniq yuzasidan o'tgan quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash qurilmalarining samaradorlik darajasining pastligidir.

Quyosh issiqxona-limonariylarni qurilish konstruksiyalarini jihozlanishi geliotexnik talablariga javob bermasligidir. Shuning uchun quyosh limonariylarini hozirgi zamon geliotexnik, teplofizik, fiziologik talablarga javob beradigan qish faslida normal mikroiklim yaratishga moslashtirilgan konstruksiyalarini ishlab chiqish muammosini hal etish muhimdir. Bu

esa quyosh limonariysining issiqlik saqlagichi konstruktiv jihozlarini takomillashtirish, issiqlik akkumulyatorining effektiv qurilmalarini ishlab chiqish va joriy etish hamda quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish foydali ish koeffitsiyentini oshirish, texnologik jarayonlarini hal etish maqsadlarida foydalanish muammolarini hal etishga qaratilgandir.

Quyosh limonariyda issiqlik va namlik rejimlarini normal holatda saqlanishi tabiiy ravishda atrofga yo'qotiladigan energiya miqdoriga bog'liqdir.

Qish fasli tashqi havo harorati 273-268 K va undan past bo'lsada, havo ochiq bo'lib, quyosh energiyasi kun davomida geliolimonariyda limonariyning har 1 m^2 ga o'rtacha $Q = 2100 \text{ kJ/m}^2$ soatni miqdorda o'tadigan bo'lsa, ichkaridagi havoning harorati issiqlik akkumulyator ishlab turganda kunduzlari $T_k = 293-295 \text{ K}$, kechalari $T_k = 281-283 \text{ K}$ atrofida saqlanar ekan. Geliolimonariy konstruksiyasini tahlil qilib ichkaridagi issiqlikning yo'qolishini tajriba natijalari va matematik hisoblar orqali o'rganildi. Bunda qurilmaning tirqishlari - infiltratsiya orqali yo'qoladigan jami energiyaning 24,4 %, fortochka va eshiklarning tirqishlari orqali 7,55 %, yuqori nishab yuza orqali 36,8 %, yon tomondagi tik tiniq yuzalar orqali 7,90 %, fundamentlar orqali 2,52 % yo'qotiladi hamda 21 % ga yaqin energiya limonariy tuproq qatlamini qizdirishga sarflanadi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, limonariy ichkarisidagi energiyaning asosiy qismi yuqori tiniq nishablar va infiltratsiya orqali isrof bo'ladi. Ayniqsa, infiltratsiya tufayli atrofga yo'qotiladigan energiya issiqxona limonariy ichidagi umumiy energiyani 1/3 qismini tashkil etadi. Bu esa limonariy qurilish konstruksiyasining kamchiligi va geliotexnik issiqlik saqlash talablariga javob bermasligidir.

Limonariyning yuqori tiniq nishabli va yon tomonlari orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdorini kamaytirish uchun quyosh energiyasini yaxshi o'tkazadigan tiniq polietilen plyonkali kompozitsion materiallar ikki qavatli shtorlar yordamida joylashtirildi. Natijada tiniq yuzasi takomillashtirilgan limonariyni energiya saqlash hajmi 20-23 % ga ortganligini tajribalar asosida aniqlandi.

Issiqxona-limonariyda kunduzi miqdori havo haroratini 35-42 °C gacha ko'tariladi. Bu esa o'z navbatida tsitrus o'simlik hisoblangan limon daraxtlarini bargini sarg'aytiradi va fiziologik rivojlanishiga to'sqinlik qiladi. Havo namligi esa pasayadi, o'simlik barglarida bo'ladigan fotosintez jarayoni buziladi. Shuning uchun limonariy ichidagi havo haroratini va namligini normal saqlash maqsadida ortiqcha hajmdagi energiya miqdorini tuproq osti issiqlik akkumulyatoriga to'plash yo'li bilan amalga oshiriladi. Natijada tuproq osti kombinatsiyalashtirilgan issiqlik akkumulyatoriga kunduzgi energiya hajmini 28-32 % ga to'planib kechalari bu energiya hisobidan o'simlikni normal fiziologik jihatidan rivojlanishi uchun mikroiklim yaratiladi.

Qish va erta bahor oylari quyosh issiqxona limonariysida mikroiklim yaratish maqsadida olib borilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, issiqxona limonariyni issiqlik akkumulyatorlari va ikki qavatli tiniq polietilen plyonka bilan qoplash maqsadga muvofiqdir.

Quyosh limonariysi issiqlik akkumulyatorining tuzilishi quyidagicha: uzunligi $l=5,85$ va diametri $d=0,22 \text{ m}$ bo'lgan metall simdan (diametri 8-10 mm) karkas tayyorlanadi. Bu karkas issiqxona limonariy tuprog'idan kengigi 0,4 m va chuqurligi 0,5 bo'lgan kanal tayyorlanib, unga qora polietilen plyonka yoyilib shu kanalga tushiriladi. Bu karkas kanal trubaga tiyib qolmasligi uchun har 0,6 m masofaga balandligi 10-12 sm bo'lgan taglik tayanchlar payvandlangan bo'ladi.

Quyosh limonariysining shimol tomonida elektr qizdirgichli suv baki joylashgan. Bu bakdan suvning temperaturasi 70-80 °C atrofida bo'lib, hajmi 2 m^3 bo'lgan suv ichidan diametri 100 mm bo'lgan metall trubali kollektordan ventilyator yordamida ichkaridagi limonariy tiniq yuzasiga yaqin masofasiga joylashgan havo tortuvchi trubalar orqali so'rib olinadi va haydaladi. Natijada qizigan suv orqali o'tadigan issiq havo (28-35 °C) markaziy tuproq osti kanali orqali issiqlik akkumulyatoriga haydaladi.

Kunduz kunlari ichkaridagi havo temperaturasi ABS (Avtomatik Boshqarish Sistemasi) yordamida havo harorati 28-30 °C bo'lganda elektr sistemasini ajratadi va sistema quyosh energiyasini akkumulyatsiyalaydi. Kunduz kunlari quyosh energiyasi limonariy tiniq yuzasidan o'tib, havo harorati yetarli daraja (28-36 °C) ga qizdirgach, bu qizigan havo ventilyator

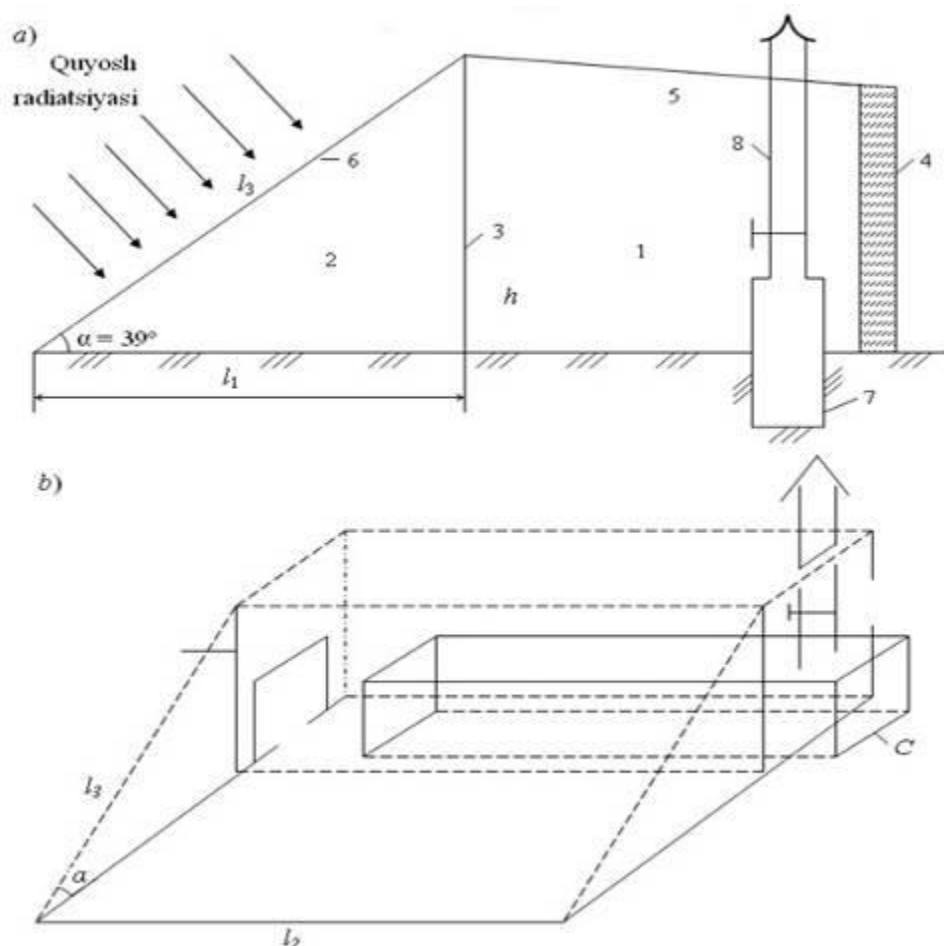
yordamida ishga tushirilib, bevosita tuproq osti issiqlik akkumulyatoriga haydaladi. Natijada kunduzgi energiya kun davomida issiqlik akkumulyator atrofida tuproq va qayroq toshlarga to'planib, kechalari havo hamda quruq bulutli kunlarda limonariy ichidagi havo harorati 15 °C da pasayishi bilan ABS ventilyatorni ishga tushiradi. Sovigan havo ventilyator yordamida kombinatsiyalashtirilgan issiqlik akkumulyatorida to'plangan energiya hisobiga qiziydi, hamda limonariy ichiga qaytib chiqadi va haroratni normallashtiradi. Agar bulutli yoki sovuq kunlar surunkali boshlanib ketsa, u holda ABS elektr suv qizdirgich sistemasini ishga tushirada va natijada ichkaridagi havo yana bakdagi qizigan suvda joylashgan kollektor orqali o'tib qiziydi, shu hisobdan limonariy ichidagi havo harorati normallashtirib boradi. 15-19.11.2008 yil o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, kunduz kunlar havo bulutli bolganda harorat 23-27 °C atrofida, kechalari esa 8-11°C atrofida, bir qavat tiniq shisha bilan qoplangan limonariy ichidagi havo harorati kunduzlari 22-24 °C atrofida, kechasi 12-14 °C atrofida tebranib turadi.

Bu o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadi, agar surunkali bulutli va havo sovuq kunlar davom etsa-da, qo'shimcha qo'yilgan elektr suv qizdirish sistemali qurilma akkumulyatori orqali limonariyda mikroiklim sharoitini yaratishga yetarli ta'sir ko'rsatar ekan. Muhim tomoni shundaki, bunda elektr suv qizdirish sistemasini har bir kichik korxona va boshqa tashkilotlarning elektr sexlariga tayyorlash mumkin. Bunday tuproq osti issiqlik akkumulyatorlarini tayyorlash uchun 1 m² ishchi maydoniga 16-20 l suv va 80-120 kg qayroq tosh sarflanadi, shuning uchun issiqlik akkumulyatorlar bir necha yillab qo'shimcha ta'mirlash ishlarini talab etmaydi.

Xulosa qilib aytganda, ishlab chiqarishga (fermer xo'jaliklari, kichik va qo'shma korxonalar, jamoa xo'jaliklariga va h.k.) joriy etiladigan kombinatsiyalashtirilgan tuproq osti issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxona limonariysini ikki qavat (qavatlar orasi 5-7 sm havo qatlami masofa qoldirib) polietilen plyonka bilan qoplash orqali qish faslida 30-40 % yoqilg'ini tejashga va atrof muhitni ekologik jihatidan toza saqlashga hamda o'simlik hosildorligini 10-12 % oshirishga erishildi.

g) Geliotovuqxonaning radiatsion-teploenergetik rejimini tekshirish. Hozirgi davrda mavjud jamoa, fermer xo'jaliklardagi va parrandachilik fabrikalaridagi tovuqxonalar qish faslida tabiiy yoqilg'ilar (toshko'mir, tabiiy gaz va h.k.) bilan isitiladi. Ammo bunday tovuqxonalarni O'zbekiston Respublikasining janubiy mintaqalarida isitish uchun quyosh energiyasidan foydalanish imkoniyatlari mavjud. Bu bilan tabiiy yoqilg'ining 30-35 % tejaladi, ekologik sharoit yaxshilanadi, mehnat rejimini iqtisodiy jihatdan takomillashtiriladi va ishlab chiqiladigan mahsulotlarning tonnarxi pasayadi.

Qarshi Davlat universitetida fermer xo'jaliklari uchun geliotovuqxonaning zamonaviy konstruksiyasi ishlab chiqildi. Bu gelioqurilmaning umumiy va ko'ndalang kesimini sxemasi 3.1-rasmda keltiriladi.



4.1-rasm

Geliotovuqxona ikki qismdan iborat bo'lib, janubiy oriyentatsiyaga moslashtirilgan. 4.1-a rasmda geliotovuqxona ishchi maydonining umumiy ko'rinishi keltirilgan, 4.1-b rasmda esa gelioqizdirgichning ko'ndalang kesimi yoritilgan. Geliotovuqxonaning tajriba variantining o'lchamlarini xarakterlovchi kattaliklar quyidagilar:

Uzunligi 15 m, balandligi 2,8 m kengligi 3 m. Tajriba-ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan variantining uzunligi 30 m, balandligi 3 m, kengligi 3,2 m.

Geliotovuqxona asosan tovuqlari to'la va kletkalik sharoitlarda boqish uchun mo'ljallangan. Kletkali sharoitda tovuqni boqish uchun KBN, EBN va boshqa tipdagi batareyalardan foydalaniladi. Geliotovuqxonaning janubiy tomoni 3 tiniq yuzalik bo'lib, tovuq boqadigan bu xona havo qizdirgich parnik xonadan ajratilgandir. Geliotovuqxona tiniq yuzasini qoplashda-3, polietilin plyonka yoki shishadan foydalaniladi. Shimol tomoni-4, va yuqori qoplamasi-5, xonadagi issiqlikning kam yo'qolishini ta'minlaydigan materiallar bilan qoplangan.

Tovuqlar boqiladigan xonada yoritilganlik yetarli bo'lishi uchun shimol tomonda tiniq yuzalik derazalar qo'yiladi. Tovuq go'nglari to'planadigan chuqur-7, geliotovuqxonaning shimoliy tomonida joylashgan bo'lib, tashqaridan tozalab turiladi. Ammo tovuq go'nglari to'plangan chuqur maxsus qatlam yordamida berkitilib bioissiqlik energiyasi sifatida foydalanish nazarda tutiladi. Go'nglar joylashgan chuqurdagi biogazlar tashqariga chiqarib yuboriladi.

Geliotovuqxonaning ikkinchi tashkil etuvchisi geliohavoqizdirgich yoki gelioparnik-2 ikkita funktsiyani bajaradi. 1-qish oylari gelioparniklarda ko'katlar, gullar, dorivor va vitaminli o'simliklar o'stiriladi. 2-bu tovuq boqish uchun mo'ljallangan. 3-bu gelioissiqxona geliotovuqxonaga ichidagi temperaturasini normal saqlash uchun yetarli issiq havo yuborib turadi. Geliotovuqxona gelioqizdirgich qismining chegara koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi.

$$\eta = \frac{1}{\alpha_{hp}} // \quad (4.4)$$

Shimol tomoni bo'lmagan geliotovuqxona uchun chegara koeffitsiyenti

$$\eta = l_2 \cdot l_3 + l_1 \cdot h / l_1 \cdot l_2 = 1,55 \quad (4.5)$$

kabi bo'ladi.

Shuningdek, geliotovuqxonaning hajmiy koeffitsiyenti quyidagicha bo'ladi:

$$K_k = V/B = h/2 = 1,4 \quad (4.6)$$

Eng muhimi shundaki, quyosh geliotimoya qurilmalarining energiya ta'minoti koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqladi:

$$K_{\Sigma.m.} = B_{\text{uuu},\varphi} / B = l_3 / l_1 + h / l_2 \quad (4.7)$$

Shuningdek, qurilmaning hajmiy energiya ta'minoti esa quyidagicha ifodalanadi:

$$K'_{\Sigma.m.} = B_{\text{uuu},\varphi} / V = 2(l_2 \cdot l_3 + h_1 \cdot l_1) / l_1 \cdot l_2 \cdot h \quad (4.8)$$

Geliotovuqxonani quyosh energiyasidan foydalanib isitish quyidagicha amalga oshadi:

a) quyosh chiqishi bilan tiniq yuza 3 orqali issiqlik uzatish natijasida geliotimoya qurilmasidagi (gelioparnikda) havo isiydi;

b) tiniq yuza-3 orqali to'g'ridan-to'g'ri o'tadigan quyosh nurlari geliotovuqxonga o'tishi hisobidan;

d) bioyotilg'i hisobidan

- geliotovuqxona havo qizdirgichining tiniq yuzasi bir qavat polietilen plyonkalar qoplangandagi radiatsion teploenergetik rejimi tajriba asosida tekshirildi. Bunda tiniq yuzaning nur o'tkazish koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$B_k = B_{\varphi} (1 - K_{\text{uez}}) \cdot (1 - K_{10}) \cdot K_{\varphi} \quad (4.9)$$

Quyidagi 4.11- jadvalda $\delta_r = 23^{\circ}27'$ bo'lganda geliotovuqxona tiniq yuzasi orqali o'tadigan quyosh nuri energiyasini hisoblash natijalari keltirilgan.

4.11-jadval

Geliotimoyaning tiniq yuzasi orqali o'tadigan yig'indi quyosh radiatsiyasi
qiymatlari. $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{soat}$

Himoya qobig'i	S o a t						
	12	13	14	15	16	17	bir kunda
		11	10	9	8	7	
Bir qavat polietilen plyonka	2133	2010	610	1136	638	192	7709,5
Ikki qavat polietilen plyonka	1896	1535	219	905, 5	364	84, 5	6030,5

4.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, kuni geliotovuqxonaning bir qavatli polietilen plyonkali tiniq yuzasidan 1 m^2 orqali o'tadigan quyosh radiatsiyasining energiyasi 7709,5 kJ, ikki qavat polietilen plyonka orqali shu kuni o'tgan quyosh energiyasi 6030,5 kJ miqdorda ekanligi tajribada aniqlangan.

Ikki qavatli polietilen plyonka yangi bo'lib, geliotimoya tiniq yuzasidan o'tgan quyosh energiyasi geliotovuqxonaning ichki havo haroratini yetarli saqlashga erishish mumkinligini ko'rsatadi.

Geliotovuqxonani quyosh energiyasidan foydalanib isitishda balans tenglamasi quyidagicha tenglik yordamida aniqlanadi:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (4.10)$$

bu yerda, Q_1 -geliotimoyaning tiniq yuzasi orqali o'tadigan quyosh energiyasi; Q_2 -issiqlik uzatish orqali geliotovuqxonga berilgan issiqlik miqdori; Q_3 -tovuqlar va ularning bioissiqlik qismidan ajraladigan issiqlik miqdori.

Geliotovuqxona issiqxonasining tiniq yuzasi orqali o'tadigan quyosh energiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Q_{o'rt} = Q_{\perp} \cdot \cos i \cdot B_k \quad (4.11)$$

bu yerda

$$\cos i = \cos(180 - \varphi) \sin \delta + \sin(180 - \varphi) \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (4.12)$$

(4.11) formulada $Q_{\perp}$ -geliotovuqxona tiniq yuzasidan to'g'ri o'tadigan quyosh energiyasi qiymati.

Geliotovuqxona qurilmasining ikki qavatli tiniq yuzasi orqali o'tadigan energiya quyidagi tenglamadan foydalanib hisoblanadi:

$$Q_2 = t_i - t_l / \alpha_1 + 2\delta / \lambda_3 + 1 / \alpha_2 \quad (4.13)$$

Geliotovuqxonaning quyosh-havo isitish qurilmasining tiniq yuzasi bir qavat bo'lsa, (4.13) formula ancha soddalashadi. Shuningdek, bunday holda hisoblashlarni soddalashtirish uchun Q_3 -ni e'tiborga olmaslik mumkin. Geliotovuqxonaning radiatsion teploenergetik xossasini 2006-yil qish faslida bir va ikki qavatli geliotovuqxona sinovdan o'tkazilib, tajriba natijalarini taqqoslanganda, tashqi havo harorati $-5 - 7^{\circ}\text{C}$ bo'lganda ikki qavatli polietilin plyonka qoplangan geliotovuqxona ichidagi havo temperaturasi $+9-12,5^{\circ}\text{C}$ atrofida saqlanganligi kuzatildi.

Tashqi havo harorati $-8-10^{\circ}\text{C}$ atrofida bo'lganda qo'shimcha energiya manbaidan yordamchi sifatida foydalaniladi.

Demak, tajribalar ko'rsatadiki, mamlakatimizning janubiy mintaqalarida quyosh energiyasidan foydalanib geliotovuqxonalarni isitish va shu hisobidan tabiiy yoqilg'i miqdorini tejashga erishish mumkin.

Chorvachilik binolarida teplofizik masalalarni hisoblash. Energetik balans tenglamalar sistemasi

Chorvachilik binolarida mikroiklimni normallashtirish bir qator teplofizik parametrlarga bog'liq bo'ladi. Jumladan binoning ichki havo temperaturasi t_d , namligi φ_d , tashqi havo harorati t_t ga va temperaturalar farqi Δt ga bog'liq bo'ladi.

Chorvachilik va parandachilik binolarini loyihalash normalariga asosan isitish binolarining energetik rejimiga muvofiq hisoblanishi talab etiladi. Buning uchun chorvachilik binolarining issiqlik balans tenglamasini tuzish lozim.

Bu binoning issiqlik balans

$$Q_o + Q_{Ho} + Q_{T,n} + Q'_{m,n} + Q_{\delta} + B_{\kappa} + Q_{\kappa} = 0 \quad (4.14)$$

bu yerda

$$Q_o = \sum K_{oi}(t_{\delta} - t_H) F_i \eta_i \eta_o \quad (4.15)$$

isitish sistemasining quvvatini hisoblash formulasidir.

$\sum K_o$ - binoni o'rab turgan devorning issiqlik uzatish koeffitsiyenti.

F -o'rab turgan devorning yuzasi, m^2 . η_o - filtratsiya tufayli issiqlik yo'qotish; η_i - binoning har xil qatlamlari orqali issiqlik yo'qotishi. Q_{Ho} - isitish sistemasida nurlanish tufayli issiqlik yo'qotish. $Q_{T,n}$ - binoning tashqi devori orqali issiqlik yo'qotish miqdori. (kKal/soat); $Q'_{T,n}$ -binoning tuprog'i (poli) orqali issiqlik yo'qotishi (kKal/soat).

Q_{δ} - binoni shamollatishda yo'qotiladigan issiqlik.

Q_j - chorva mollar ajratadigan issiqlik miqdori kKal/soat.bosh;

B_j - chorvachilik binolariga qo'shimcha manbalardan ajraladigan issiqlik miqdori kKal/soat.bosh;

Binoning namlik balans

$$D_{ud} + D_{pr} + D_j + P_j = 0 \quad (4.16)$$

binoning havo balans

$$L_{pr} + L_{ud} = 0 \quad (4.17)$$

Devorning ichki yuzasiga nisbatan issiqlik balans

$$Q'_{\delta,n} + Q'_{\delta,n} + Q_{m,n} = 0 \quad (4.18)$$

Tashqi havo haroratiga nisbatan issiqlik balans

$$Q'_{\delta,n} + Q'_{\delta,n} + Q_{m,n} = 0 \quad (4.19)$$

Chorva binosi polining yuzasiga nisbatan issiqlik balans

$$Q_{\delta,o} + Q_{\delta,o} + Q_{\kappa,o} + Q'_{m,n} = 0 \quad (4.20)$$

Bu yerda:

D_{ud} - shamollatishda tashqariga chiqariladigan havo
 D_{pr} - binoning ichiga tortiladigan havo
 D_j - chorva xonasida ajraladigan namlik
 P_j - chorvachilik binosida qo'shimcha manbalardan (poldan, navozlardan) ajraladigan bug'lanish miqdori 2/soat, bosh.
 L_{pr}, L_{ud} - Chorvachilik binosiga tortiladigan, va xonadan tashqariga chiqariladigan namlik miqdori ;
 $Q_{v,p}^l, Q_{v,p}^k$ - nurlanish va konvektiv issiqlik oqimi bo'lib, undan binoning ichki devor yuzasi qabul qiladigan oqimidir (kKal/soat);
 $Q_{t,p}$ - binoning tashqi devori orqali issiqlik yo'qolishi oqimi (kKal/soat)
 $Q_{n,p}^k, Q_{n,p}^l$ - binoning tashqi devor yuzasi orqali konvektiv va nurlanish yo'li bilan beriladigan issiqlik oqimi (kKal/soat);
 Q_{no} - binoning ichiga qizdirgichlardan nurlanish yo'l bilan beriladigan issiqlik oqimi (kKal/soat);
 Q_{lo} - tuproqdan chiqadigan nurlanishli issiqlik oqimi (kKal/soat);
 Q_{ko} - binoning tuprog'idan havoga beriladigan konvektiv issiqlik oqimi (kKal/soat);
 $Q'_{t,p}$ - binoning poli (yer tuproq qatlami) orqali yo'qoladigan issiqlik oqimi (kKal/soat);
 Chorvaxona binolarini isitish jarayonida quyosh energiyasidan foydalanishda asosan qurilmaning issiqlik energetik parametrlariga e'tibor berilishi kerak.

4.2-§. Quyosh issiqxonasi tuproq qatlamida tabiiy akkumulyatsiyalanadigan issiqlik miqdori koeffitsiyentini aniqlash

Ma'lumki, quyosh issiqxonasining tiniq yuzasidan o'tadigan nur energiyasi kun davomida issiqxona ichidagi havoni va tuproq qatlamiga tushib qizdiradi. Natijada issiqxonaning tuproq qatlami ichki havo konvektiv issiqlik almashinuvi va bevosita nur energiyasi ta'sirida isiydi – ya'ni, issiqlik tuproqda tabiiy akkumulyatsiyalanadi. Bu akkumulyatsiyalangan issiqlik miqdori kechasi issiqxona ichidagi havo haroratining ko'tarilishiga va atrof-muhitga sarflanadigan issiqlik energiyasini qoplaydi. Quyosh issiqxonasining tuproq qatlamiga tiniq yuza orqali o'tadigan nur energiyasining maksimal akkumulyatsiyalanishiga erishish uchun tuproq qatlami mahallaiy o'g'it qo'shib ishlov berilib, g'ovaklik darajasi saqlanganda, issiqlik miqdorini akkumulyatsiyalanish darajasi yuqori bo'ladi va issiqxona ichidagi havo temperaturasining ortiqcha ko'tarilishini oldi olinadi.

Ko'pgina olib borilgan tadqiqotlar asosida quyosh issiqxonasining tiniq yuzasidan o'tadigan nur energiyasi ta'sirida ichki havo temperaturasini normallashtirish maqsadida turli shakldagi issiqlik akkumulyatoridan foydalaniladi.

Ammo issiqxona tuproq qatlamida nur energiyasining tabiiy akkumulyatsiyalanishi tuproq qatlamining teplofizik parametrlarga bog'lanishi kam o'ralgan.

Quyosh issiqxonasining tiniq yuzasidan kun davomida o'tadigan yig'indi nur energiyasining nostatsionar bo'lishi, atrof-muhitning temperatura o'zgarishi ta'sirida tuproq qatlamida nur energiyasi oqimining akkumulyatsiyalanishini analitik metod bilan hisoblashlar noaniqliklar keltirib chiqaradi. Bunday hisoblashda quyosh issiqxonaning tiniq yuzasidan o'tadigan nur energiyasini garmonik qatorga yoyib, uni faqatgina birinchi qatordan foydalanilgan, keyingi qatorlar kun davomida havo ochiq, yarim ochiq va bulutli kunlarda gelioissiqxona ichiga o'tadigan nur energiyasini hisoblashda teplofizik jarayonlar chuqur e'tiborga olinmaydi.

Shuning uchun quyosh issiqxonalarining ichki havo temperaturasining o'zgarishi tuproq qatlamida issiqlikni akkumulyatsiyalanishini qurilmaning tiniq yuzasidan o'tadigan nur energiyasi va atrof-muhit haroratining o'zgarishiga bog'liq holda oxirgi farqlar metodidan foydalanib hisoblashlar bajariladi. Yarim silindrik quyosh issiqxonasining tiniq yuzasidan o'tadigan nur

energiyasi ishchi maydoni 90 kv.m bo'lgan tuproq qatlamiga qish faslining quyoshli kunlarida issiqlikni optimal akkumulyatsiyalanishini hisoblash maqsadida, gelioissiqxona tuproq qatlamiga va o'simlik barglariga quyosh nur energiyasini tabiiy akkumulyatsiyalash koeffitsiyentini aniqlash masalasini kiritamiz.

Buning uchun gelioissiqxona tiniq yuzasidan o'tib tuproq qatlamiga beriladigan quyosh nurining energiya oqimini $q_F(x=0, z)$ deb belgilaymiz: Bunda $q_{o's}^{yut}(z)$ o'simlik barglariga yutilib akkumulyatsiyalanadigan energiya miqdori; $q_{to'p}^{yut}(z)$ gelioissiqxona tuproq qatlamiga tabiiy akkumulyatsiyalanadigan energiya miqdori.

Gelioissiqxonaning tiniq yuzasidan o'tadigan nur energiyasining va o'simlik barglariga tabiiy akkumulyatsiyalanish koeffitsiyenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_{ak}^{ust} = \frac{q_F(x=0, x)}{q_{to'p}^{yut}(z)} \quad (4.21)$$

$$K_{akl}^{ustbt} = \frac{q_F(x=0, x)}{q_{ustbt}^{yut}(z)} \quad (4.21)$$

Gelioteplitsa tiniq yuzasiga tushadigan quyosh nur energiyasi va atrof-muhit temperaturalari o'zgaruvchan bo'lgan holatlarda tiniq yuzadan o'tadigan nur energiyasi va ichki havo temperaturasi o'zgarishlari yuzaga kelgan nostatsionar issiqlik jarayonlari uchun Furiye qonunidan foydalanamiz:

$$q_F(X=0, Z) = -\lambda \frac{dt_T(x, z)}{dx} \Big|_{x=0} \quad (4.23)$$

Bu yerda λ – gelioissiqxona ichidagi tuproqni issiqlik uzatish koeffitsiyenti; t_p – gelioissiqxona ichidagi tuproq qatlamining temperaturasi.

Oxirgi farqlar metodidan foydalanib gelioissiqxonaning tiniq yuzasidan o'tadigan quyosh nur energiyasini va gelioissiqxona ishchi maydoni tuproq qatlamida issiqlik akkumulyatsiyalanishini xarakterlaydigan (4.23) formulani quyidagicha ifodalaymiz:

$$q_{F,ZH} = \frac{\lambda}{\Delta X} \{t_{T1,Z+1} - t_{T2,X}\} \quad (4.24)$$

Bu yerda ΔX – gelioissiqxona ishchi maydonidan ajratilgan elementar tuproq; $t_{T1,Z+1}$ – qalinligi ΔX bo'lgan qatlamida vaqt birligida gelioissiqxona ishchi maydonidan ajratilgan birinchi tuproq qatlamining yuzasidagi temperatura; $t_{T2,ZH}$ – vaqt birligida gelioissiqxona ishchi maydonidan ajratilgan ikkinchi tuproq qatlamining temperaturasi.

Mualliflarning ma'lumotlariga muvofiq, $t_{T1,Z+1}$ - gelioissiqxona ishchi maydonidagi tuproq qatlamida o'simlik o'sib turgan va o'smagan paytdagi temperaturalarining o'zgarishi quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$t_{T1,Z+1} = \frac{q_{OT}^{ust} + K_{kel}t_{TO,Z+1} + \frac{\lambda}{\Delta X}t_{TO2,z}}{K_{kel} + \frac{\lambda}{\Delta X} \left\{1 + \frac{K_{kel}}{L_{kel}}\right\}} \quad (4.25)$$

$$t_{T2,Z+1} = \frac{q_{yu,o'siz2z+1} + \frac{L_{ksiz}K_{ksiz}}{L_{Ksiz}K_{Ksiz}} + \frac{\lambda}{\Delta X}t_{TO2,z}}{\frac{L_{Ksiz}K_{ksiz}}{L_{Ksiz}K_{Ksiz}} + \frac{\lambda}{\Delta X}} \quad (4.26)$$

Bu yerda, $q_{yut/o's,1,z+1}$, $q_{yut,to'p,2,z+1}$ lar mos ravishda 2_{z+1} vaqt momentida o'simliklar bargiga va gelioissiqxona tuproq qatlamiga tushuvchi yig'indi quyosh nur energiyasi oqimi; $t_{0,2,z+1}$ vaqt

momentida atrof-muhitning temperaturasi; α_{np} – gelioissiqxona ishchi maydonidagi tuproq qatlamiga keltirilgan isqlik berish ko'effitsiyenti; K_{np} – gelioissiqxona qurilmasining tiniq va tiniq bo'lmagan tomonlari orqali issiqlik yo'qolish ko'effitsiyenti.

(4.25) va (4.26) formulalarni (4.24) ga qo'yib ba'zi bir qisqarishlarni amalga oshirib, gelioissiqxona tiniq yuzasi orqali o'tadigan quyosh nur energiyasi oqimini, gelioissiqxonada o'simlik o'sib turgan va o'simlik bo'lmagan holatlarda ishchi maydon tuproq qatlamida nur energiyasini akkumulyatsiyalanish miqdorini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanildi:

$$t_{F,Z+1} = \frac{q_{yut.o'sim} - K_{kel}\{t_{T2,Z} + t_{0,Z+1}\}}{1 + K_{kel}\left\{\frac{1}{\alpha_{kel}} + \frac{\Delta X}{\lambda}\right\}} \quad (4.27)$$

$$q_{F,Z+1} = \frac{q_{yut,\alpha,Z+1} - \frac{\alpha_{TP0} K_{kel}}{\alpha_{TP0} + K_{kel}}\{t_{T2,Z} - t_{0,Z+1}\}}{1 + \frac{\alpha_{TP0} K_{kel}}{\alpha_{TP0} + K_{kel}} \frac{\Delta X}{\lambda}} \quad (4.28)$$

Mos ravishda (4.27) va (4.28) formulalarni (4.21) va (4.22) qo'yib, quyidagi keltirish ko'effitsiyentlari tenglamalarini olamiz:

$$K_{ak}^{t.o's.b} = \frac{1 - K_{kel} \frac{t_{T2,Z} - t_{0,Z} + 1}{q_{yubt,Z} + 1}}{1 + K_{kel}\left\{\frac{1}{\alpha_{to's.b}} + \frac{\Delta X}{\alpha}\right\}} \quad (4.29)$$

$$K_{ak}^{t.o's.b} = \frac{1 - K_{kel} \frac{\alpha_{T.o's.t}(t_{T2,Z} - t_{0,Z+1})}{(\alpha_{T.Ro's.yo'q} + K_{kel})q_{yutT,Z} + 1}}{1 + K_{kel} \frac{\alpha_{To's.yo'q}\Delta X}{(\alpha_{To's.yo'q} + K_{T.o's.yo'q})\lambda}} \quad (4.30)$$

Atrof-muhit temperaturasi t_o , gelioissiqxonaning tiniq yuzasi orqali issiqlik ko'effitsiyenti K_{kel} – ga teskari proporsional bo'ladi. 1 va 2 yarim silindrik gelioissiqxonaning tiniq yuzasidan o'tgan quyosh nur energiyasi oqimi ishchi maydon tuproq qatlamida tabiiy akkumulyatsiyalanish ko'effitsiyentlari orqali ifodalanadi. Yarim silindrik gelioissiqxona meridian bo'yicha joylashgan bo'lsa, quyosh nur energiyasining tiniq yuzadan o'tgan qismini ishchi maydon tuproq qatlamida tabiiy akkumulyatsiyalanish, kenglik bo'yicha joylashgan gelioissiqxonaga nisbatan yarim soat (7^{00}) ilgari boshlanadi va yarim soat kech (17^{30}) tugaydi.

Meridian holatda joylashgan gelioissiqxona ishchi maydon tuproq qatlamida o'simlik o'sib turgan paytda maksimal tabiiy akkumulyatsiya ko'effitsiyenti $K_{ak} = 0,4363 (19^{30} \text{ soat})$ va o'simlik o'smagan paytdagi maksimal tabiiy akkumulyatsiya ko'effitsiyenti $K_{ak} = 0,6277 (10^{00} \text{ soat})$ teng bo'lib, gelioissiqxona kenglik bo'yicha joylashgan bo'lganda esa mos holda $K_{ak} = 0,4643$ va $K_{ak} = 0,6692$ ga teng bo'lib, o'rtacha tabiiy issiqlik akkumulyatsiyalanish ko'effitsiyenti 5,6% katta bo'lar ekan. $t_{n2,z}$ - temperatura o'zgarishini (4.23), (4.24), (4.25), (4.26), (4.28) va (4.29) formulalar yordamida o'rganilganda gelioissiqxona tuproq qatlamining chuqurligi bo'yicha issiq havo to'liqlarining tarqalishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_n(x, z) \Big/_{z=0} = \frac{\frac{1}{\alpha_{kal}} + \frac{1}{K_{kal}} + (n-1) \frac{\Delta X}{\lambda} (t_{SHT} - t_0)}{\sum R} \quad (4.31)$$

bu yerda

$$t_{SHT} = t_n(X, z)_{x \rightarrow \infty} \quad (4.32)$$

$$\sum R \frac{1}{\alpha_{kel}} + \frac{1}{K_{kel}} + n \frac{\Delta X}{\lambda} \quad (4.33)$$

n – issiq havo to'liqlari tarqaladigan tuproq chuqurlik qatlamlarining soni hisoblab aniqlanishi mumkin.

(4.33) formulani e'tiborga olib (4.31) tenglamaning yechimi quyidagicha ko'rinishni oladi.

$$t_n(x, z)_{x=0} = \left[1 - \frac{\frac{\Delta X}{\lambda}}{\frac{1}{\alpha_{kel}} + \frac{1}{\alpha_{kel}} + n \frac{\Delta X}{\lambda}} \right] (t_{SHT} - t_0) + t_0 \quad (4.34)$$

Demak, q_{yutr} , q_{yutl} larning natijalari yarim silindrik gelioissiqxonada o'simlik o'smagan va o'stirilgan hollarda ko'p yillik o'tkazilgan eksperimentlar asosida aniqlandi. Gelioissiqxonaning tiniq yuzasi ikki qavat polietilen plyonka bilan qoplanganda quyosh nur energiyasini o'tkazish, o'simlik bargini va tuproq qatlamining nur yutish koeffitsiyentlari e'tiborga olinib, tajriba natijalari bilan nazariy hisoblashlarning natijalari o'zaro muvofiq kelishi aniqlandi.

4.3-§. Kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh energiyasidan dush qurilmasida foydalanishdagi ishqik fizikaviy jarayonlarni optimallashtirish

Hozirgi vaqtda kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh sistemalari yordamida issiq suv olish tarmoqlarini takomillashtirishga alohida e'tibor berilmoqda. Buning uchun yoqilg'i-quyosh ikki tarmoqli sistemalar asosida qo'llaniladigan qurilmalarni texnologik jihatdan qayta jihozlashga erishish bilan ularning yoqilg'i energiya tejamkorligini oshirish masalasini yechish talab etiladi.

Isshiklik sig'imli qurilmalarni ikki tomonlama quyosh sistemasida ishlashini ta'minlashda qurilmalar uchun foydalaniladigan sistemalarni boshqarish jarayonlarining bir qismini quyosh energiyasidan foydalanishga moslashtirish bilan qish-bahor faslida 30-40%, kuz va yoz oylarida esa 80-90% energiya tejamkorligiga erishish mumkin. Buning uchun quyosh qizdirgichlarini sistemaga bog'lashda tushadigan quyosh radiatsiyasining intensivligiga, tashqi havo temperaturasiga, suv qizdirgichining FIK ni quyosh radiatsiyasiga bog'liqligiga va qurilmaning ishqik saqlash darajasiga alohida e'tibor berish kerak.

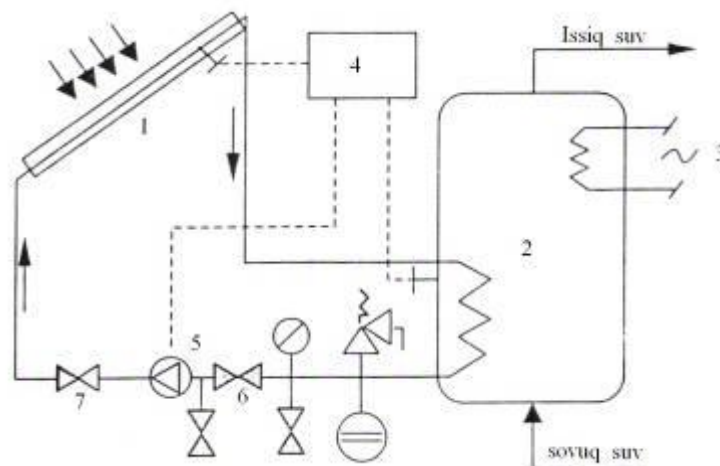
Yoqilg'i - quyosh suv qizdirgich qurilmalarining ishqiklik fizikaviy jarayonlarini optimallashtirish uchun sistemaning ishlash faoliyatini har soatda kuzatib borib, nur tushadigan sistemaning suv temperaturasiga ta'sirini o'rganib, tajribalar o'tkazildi. Fermer xo'jaliklari uchun mo'ljallangan yoqilg'i-quyosh sistemasida dush sifatida ishlaydigan va asosan suv qizdirish uchun mo'ljallangan yoqilg'i-quyosh kombinatsiyalashtirilgan qurilmalar sistemasining optimal variantini ishlab chiqishga yetarli texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga erishish maqsadida ishqiklik-fizikaviy jarayonlarni optimallashtirishni talab etadi.

Qozon qurilmalarini, suv isitish sistemasining kombinatsiyalashtirish, ya'ni quyosh suv isitish kollektorida yordamchi ikkinchi elektr qurilma joriy qilish bilan issiq suv bilan ta'minlashi lozim bo'lgan sistemaning ishqiklik berish qobiliyati xarakteristikasini G_I talab qilinadigan issiq suvning temperaturasini $T_{i.s.}$ ga teng deb olamiz.

$$G_I = Gg \quad (4.35)$$

Bu yerda G - har soatda talab qilinadigan issiq suv sarfi koeffitsiyenti; g - sutka davomida talab qilinadigan issiq suv sarfi.

Issiq suv bilan ta'minlashga mo'ljallangan yoqilg'i-quyosh qurilmasi sistemasi quyidagi rasmda keltirilgan.



4.2-rasm. Kombinatsiyalashtirilgan suv isitish qurilmasining optimallashtirilgan sxemasi

Sxemada: 1-quyosh suv isitish qurilmasi; 2-issiqlikni akkumulyatsiya qilish sistemasi; 3-issiqlikni almashtirish qurilmasi; 4-qozon qurilmasi yoki elektr qizdirgich yordamida issiq suvdan issiqlik qabul qilib beruvchi qurilma (teploobmennik dubulyor) yordamida issiqlikni bir qismi issiqlik akkumulyatorga beriladi.

Kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh issiq suv qizdirgichli – issiqlik saqlovchi dush qurilma quyidagicha ishlaydi:

Quyosh nurlarini qabul qiluvchi 1-qurilmaga qishda muzlamaydigan antifrits to'ldirilgan bo'lib, quyosh radiatsiyasi ta'sirida bug'lanadi va 3-issiqlik almashtirgich orqali o'tib, issiqlikni akkumulyatorga beradi. Bunda quyosh kollektori (1) orqali bug'lanib oqadigan suv-antifritsni temperaturasi T_c ga qiziydi, natijada suv akkumulyatorida temperatura T_A darajasi ΔT ko'rsatkichgacha ko'tariladi. 5-nasos yordamida yoqilg'i-quyosh sistemasidagi issiqlik tashuvchi suv sirkulyatsiya qilib isib turadi. Agar quyosh suv isitish sistemasidagi issiqlik tashuvchini temperaturasi atrof-muhit temperaturasidan past bo'lsa, 5-nasos ishlamasdan turadi. Shuningdek, issiq suv sarfi elektr suv qizdirgich orqali sistemaga berib boriladi.

Quyosh suv isitish kollektoriga tushadigan energiya miqdorini Q , suv isitish sistemasiga kiruvchi va undan chiquvchi issiqlik tashuvchi (suv, antifrits) temperaturalar T_1 va T_2 hamda issiqlik akkumulyatorining temperaturasi T_A , atrof-muhit temperaturasi T_{am} ga teng desak, dush qurilmasidagi quyosh suv isitish sistemasining FIK quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = a + b[(T_1 + T_2) + T_A - T_{AM}] / Q \quad (4.36)$$

Bu yerda, a va b lar doimiy koeffitsiyent kattaliklar bo'lib, tajribadan olinadi.

Issiqlik akkumulyatorining suv hajmi V bo'lib, atrofi issiqlik saqlovchi material bilan qoplangan bo'lib, shu suv hajmida to'plangan issiqlik miqdori hisobida belgilangan sistemaga issiq suv sarfi yuboriladi.

Issiqlik akkumulyatordan issiq suv yuboriladigan sistemaga yuboriladigan issiqlik miqdori (oqimi) quyidagicha hisoblanadi:

$$q = KS(T_A + T_{yoq}) - T_{sis} \quad (4.37)$$

Bu yerda, K - issiqlik akkumulyatorining issiqlik berish koeffitsiyenti.

Agar issiqlik akkumulyatorining temperaturasi $T_A < T_{k.kol}$ bo'lsa, u holda qo'shimcha isitish sistemasi avtomatik boshqariladi va elektr suv qizdirgich sistemasi ishga tushib ketadi, bunda issiq suv sarfi G_i quyidagi tenglik bilan aniqlanadi, talab qilinadigan issiqlik bilan qoplanadi va kombinatsiyalashgan sistema uchun issiq suv sarfi quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$G_i = Gg \left[(T_{k.is} + T_{q.is}) - T_{XT} \right] / (T_A - T_{sis}) \quad (4.38)$$

Isitiladigan sistemaning temperaturalari $T_{K/s}$, $T_{e.qur}$ yordamida normallashtirib turiladi va qizdirish sistemasidagi temperaturalarni 9-qurilma-isitgich qayd qilib boradi. Natijada isitiladigan sistemaga beriladigan issiq suv sarfi doimiy saqlanadi va bu quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$G_2 \left[(T_{q.is} + T_{e.kur}) - T_{at.muh} \right] / (T_{e.kur} - T_{sak}) \frac{X}{C_p} \quad (4.39)$$

$$T_{k.is} = T_{kol} + \frac{1}{2} \left[(T_{is} + T_{t.is}) - T_{kom} \right] \frac{T_{kom} - T_{sis}}{T_{kom} - T_A} + \left[\left(\frac{1}{2} T_{is} + T_{t.is} \right) - T_{kom} \right] \left(\frac{T_{kom} - T_{sis}}{T_{kom} - T_A} \right)^{\frac{1}{1+m}} \quad (4.40)$$

$$Tx = (T_{kol} + T_e) - (T_{is} + T_A) \frac{T_{kom} - T_{sis}}{T_{kom} - T_A} \quad (4.41)$$

m - kombinatsiyalashgan yoqilg'i-quyosh suv isitish qurilmasining koeffitsiyenti bo'lib $m = 0,15 \div 0,40$. Demak, agar $T_A \leq T_X$, bunda

$$T_X = T_{kol.is} + T_{e.is} \quad (4.42)$$

bo'lsa, kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh suv isitiladigan sistemada normal temperatura yuzaga keladi.

Agar quyosh kollektorini quvvati yetmasa 10 klapan yopiladi va sistema ikkinchi elektr tarmoq qizdirgich qurilmasidan temperaturasi $T_x = 343K$, $T_s = 353K$, bosim $P = 2Pa$, issiq suv sarfi $L = 140L/soat$ bo'lgan suv issiqlik akkumulyatoriga 11 orqali uzatiladi. Bu issiqlik 2 oraliq yuvinish xonasi 6 ga uzatiladi.

Agar $T_x < T_A < T_K$ bo'lsa, 10 klapan ochiladi va issiqlik akkumulyatorida issiqlik to'planadi va T_A akkumulyatorni temperaturasi ko'tariladi. Natijada isitish sistemasini temperaturasi issiqlik akkumulyatori orqali 6-yuvinish xonasiga beriladi.

Agar $T_A > T_{q.kol}$ bo'lsa u holda isitiladigan yuvinish xonasini temperaturasi akkumulyatorda quyosh energiyasidan to'plangan issiq suv energiyasi hisobidan isitiladi. Albatta, isitish sistemasini temperaturasi normallashtirib borish faqat issiq suv sarfi L/G va qaytish bosimi $P = 2Pa$ orqali amalgam oshiriladi.

Bu yerda issiqlik tashuvchi issiq suvning sarfi va isitiladigan sistemadan chiqadigan issiq suvning temperaturasi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$L = (T_{kol} + T_{koz}) - T_{i.is} / (T_A - T_x) \frac{X}{C_p} \quad (4.43)$$

$$T_x = (2T_{kol} + T_{koz}) - T_A - (T_{kol} + T_{xr} - T_{kol}) \cdot \left(\frac{T_{kol} - T_{xs}}{T_{kol} - T_x} \right)^{\frac{1}{1+m}} \quad (4.44)$$

Shundan foydalanib kombinatsiyalashgan yoqilg'i quyosh suv isitish qurilmasida issiqlik akkumulyatorida issiqlik balansi energiyani saqlanish qonuniga asosan

$$Q \frac{dT}{dT} = \varepsilon A \eta - L_1 C_p (T_1 - T_2) - L_2 C_p (T_A - T_x) \quad (4.45)$$

formula yordamida hisoblanadi. Kombinatsiyalashtirilgan issiqlikni to'plab undan samarali foydalanish ε - parametr orqali xarakterlanadi. Shundan qo'shimcha isitish uchun isitiladigan xona temperaturasi normalligini ta'minlashda qozon qurilmasi beradigan $T_x = 343K$, $T_K = 353K$ temperaturalar farqi va issiq suv sarfi $L = 140l/soat$ bo'lib, $\eta = 0,68$ va isitiladigan xona havosining entropiyasi $i = 730kJ/kg$ bo'lib, issiq suv sarfining bosimi $p = 2Pa$ bo'lganda talab qilinadigan issiqlik miqdorining bir qismi quyosh suv isitish

kollektorida quyosh energiyasi yordamida qoplanadi. Bu ε - issiqlik miqdorini qo'shimcha sarf bilan qoplash koeffitsiyenti deyiladi.

Bu ε koeffitsiyentni aniqlash uchun kombinatsiyalashtirilgan suv isitish qurilmasi yordamida xona temperaturasi rostdash uchun A, Q, L, K, Δ, T parametrlar asosida joyning geografik kengligini e'tiborga olib, sistemaning modellashirishni qo'llash maqsadga muvofiq.

Geliokollektorga tushadigan quyosh radiatsiyasining intensivligi, nur qabul qiluvchi kollektorni janubiy oriyentatsiyaga nisbatan joylashish burchagi α ga bog'liq bo'ladi.

$$Q = Q_1 |\sin(\varphi - \alpha) \sin \delta + \cos(\varphi - \alpha) \times \cos \delta \cos[(t - 12)15] + Q_p (1 - \alpha/180)|$$

Bu yerda, Q_1 – geliokollektor tiniq yuzasiga perpendikulyar tushadigan energiya intensivligi; Q_p – geliokollektor tiniq yuzasidan sochiladigan quyosh nur energiyasining intensivligi; φ – joyning geografik kengligi; α – geliokollektorni gorizontga nisbatan joylashish burchagi; δ – quyoshning og'ish burchagi; t – vaqt – soatlarda o'lchanadi.

$$\delta = 23,45^\circ \sin\left(360^\circ \frac{284 - j}{365}\right) \quad (4.46)$$

j – sutkalar nomeri. Tashqi havo temperaturasi o'zgarishi quyidagicha qonuniyatga asosan o'zgaradi:

$$T_{a.m.} = T_{a.o'r.} + \frac{1}{2} \delta T \cos \frac{\pi(t - t_m)}{12} \quad (4.47)$$

Bu yerda, $T_{a.o'r.}$ - atrof-muhitning o'rtacha temperaturasi; δT - sutka davomida temperatura amplitudasini o'zgarishi; t_m - sutka davomida vaqt bo'yicha temperatura o'zgarishi.

(4.47) formula sutka davomida havo temperaturasi o'zgarishini xarakterlaydi. Kombinatsiyalashtirilgan geliokollektor tiniq yuzaga tushadigan to'g'ri va sochilgan quyosh radiatsiyasiga: 1) shuningdek sutka davomida havo temperperaturasini davriy o'zgarishi; 2) oylar davomida meteorologik faktorlar miqdoriga mos ravishda yillik o'zgarishga va radiatsion rejimga iqlim sharoitlariga bog'liqlik belgilab olinadi.

Kombinatsiyalashtirilgan bu qurilmadagi teplofizik jarayonlarni e'tiborga olib oy davomida bu parametrlarni o'rtacha darajasini olamiz. Shuning uchun quyosh radiatsiyasi intensivligini va tashqi havo haroratining o'zgarishiga to'g'ri quyosh radiatsiyasi va sochilgan radiatsiya intensivliklarini o'zgarimas hamda tashqi havo temperaturasi oy davomidagi o'zgarishini o'rtacha deb hisoblaymiz.

Bu kerakli ma'lumotlarni olish uchun o'lchamsiz teplofizik parametrlarni yozamiz:

$$Q_0 = \frac{QC_p T_{kol}}{A\varepsilon_p \Delta t} \quad (4.48)$$

$$K_0 = \frac{KST_{kol}}{N_{om} + N_{k.hav.qiz}} \quad (4.49)$$

$$\beta = \frac{N_{om}}{N_{om} + T_{k.hav.kiz}} \quad (4.50)$$

$$\tau = \frac{A\varepsilon_{yil}}{N_{om} + N_{k.hav.kiz}} \quad (4.51)$$

Bu yerda, ε_{yil} – quyosh kollektori $1m^2$ yuzaga yil davomida oladigan energiya; Δt – modellashirishda vaqt qadami.

$$N_{om} = \int_0^{1yil} R dt, R = \begin{cases} T_{qum.qiz} - T_{at.muh} \\ 0 \end{cases}, \text{agar } T_{ko'm} - T_{at.muh} \quad (4.52)$$

$$N_{k.hav.kiz} = C_p G_0 \int_0^{1yil} (T_{qum.qiz} - T_{suv}) dt, \text{agar } T_{qum.kol} - T_{at.muh} \quad (4.53)$$

Bu yerda, Q va K_0 issiqlik akkumulyatorining o'lcamsiz parametrlari, hajmi va issiqlik akkumulyatorining issiqlik berish koeffitsiyenti; β – quyosh issiqlik kollektorining suv isitish ta'minoti; τ – yil davomida talab qilinadigan miqdorni quyosh energiyasi hisobidan amalga oshirish miqdori.

Kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh issiqlik ta'minoti sistemasini optimallashtirish jarayonida sarflanadigan minimal xarajatlar miqdorini hisoblashda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$3 = C(N_{k,hav,kiz} + N)(1 + \sum) + (\varepsilon_r + \gamma)(C_{q,kol}A + K) \quad (4.54)$$

Bu yerda, C - yoqilg'i qozonidan beriladigan issiqlikni solishtirma narxi; $C_{q,kol}$ – quyosh kollektorining solishtirma narxi; K – issiqlik yig'uvchi sistemaning qurilishiga sarflanadigan kapital xarajatlarni tarkibiy doimiysi; γ – quyosh kollektori hisobida beriladigan issiqlik hisobida iqtisod qilinadigan bir yillik solishtirma miqdor; ε_H – normal koeffitsiyent. Keltirilgan sarf xarajatlarni hisoblashda:

$$C = \frac{3}{N_{k,hav,kiz} + N_{is,ta'}} = 1 - \sum + Hr + K_0 \quad (4.55)$$

Bu yerda,

Kuz va qish faslida berilgan ikki xonalik xonani issiq suv bilan ta'minlab isitish uchun yoqilg'i – quyosh kombinatsiyalashtirilgan optimal qurilmadan foydalanish 30-36 % yoqildg'ini tejashga erishilishiga olib keladi.

Tajribalar va nazariy hisoblashlardan ko'rinadiki, agar $r \geq 20$ bo'lgan hollarda isitish sistemasi uchun faqat quyosh energiyasidan foydalanib issiqlik ta'minotiga erishib bo'lmagan ekan.

Teplofizik parametrdan $H = H_{is,suv}$ ning kritik qiymatlari 0,5; 0,7; 0,8 va $\beta = 0$; 0,06; 1,0 bo'lganda xona issiqlik ta'minoti uchun quyosh energiyasidan foydalanish iqtisodiy jihatdan samarali bo'ladi.

Kelgusida bunday qurilmalardan qishloq uy-joy qurilishiga mo'ljallanib ishlab chiqarilsa va joriy etilishiga erishilsa samarali natijalar beradi. Qarshi shahrining klimatik sharoitida issiqlik ta'minoti uchun quyosh energiyasidan samarali foydalanishda geliokollektorlar va issiqlik akkumulyatorlarining optimal qurilmalari tayyorlanib ishlatishga erishilsa, ikki pog'onali tarmoq qizdirgich yoki elektrokoloriferlarga nisbatan sezilarli (35-40%) iqtisodiy samaradorlikka erishiladi.

4.4-§. Tuproq osti akkumulyatorli quyosh issiqxona-meva quritgichida issiqlik massa almashinuvini modellashtirish

Issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxona-meva quritgichida qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritish jarayonidagi temperatura va namlik rejimlarini tajribada aniqlash bilan gidrodinamik va issiqlik massa almashinuvi jarayonini matematik modellashtirish asosida qurilmaning loyihasini ishlab chiqish va muhandislik hisoblarini yechimini topish muhim ahamiyatga egadir.

Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxona-meva quritgichining issiqlik rejimini va issiqlik akkumulyatorining gidrodinamik xarakteristikasini quyidagi differensial tenglamalar sistemasi orqali ifodalash mumkin:

-issiqlik akkumulyatori orqali xarakterlanadigan oqimni Navi-Stoks tenglamasi, uzluksizlik tenglamasi, issiqlik energiyasining saqlanish tenglamasi (temperatura maydoni) namlik massasining (namlikning termodinamik potentsialini) saqlanish tenglamalari uchun;

-tuproq osti issiqlik akkumulyatoridagi qayroq toshlar uchun;

-quritiladigan mahsulotlar (mevalar) – ichki temperatura maydoni, nam saqlashning ichki maydoni tenglamalari uchun;

-qayroq toshlar orqali issiq havo oqimi tenglamasi, uzluksizlik tenglamasi, issiqlik tashuvchining issiqlik energiyasini saqlanishi tenglamasi va differentsial tenglamalar sistemasini

quyosh issiqxona-meva quritish qurilmasini atrofidagi issiqlik uzatish, bog‘lanish tenglamasidan iborat bo‘lib, ular birlikda issiqlik akkumulyatorining gidrodinamik va gelioquritgichning issiqlik jarayonlarini to‘la yoritadi.

Bu tenglamalar sistemasini sonli yechish murakkab va ko‘p mehnat talab qiladigan jarayondir. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxona quritgichida meva quritish jarayonidagi gidrodinamik va issiqlik jarayonlarini eksperimental va nazariy hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, issiq havo oqim tezligini qurilma kengligi va uzunligi bo‘yicha o‘zgarish gradiyenti balandlik bo‘yicha o‘zgarishiga yaqin natijalarni ko‘rsatdi. Shuningdek, issiqlik akkumulyatorining uzunligi bo‘yicha issiqlik almashinuvining o‘zgarishini tezlik gradiyenti qayroq toshli truba radiusi bo‘ylab o‘zgarishiga yaqindir.

Mavjud adabiyotlarda keltirilgan asoslarga muvofiq, yuqorida keltirilgan va belgilab olingan issiqlik almashinuv talabalariga asosan tuproq osti issiqlik akkumulyatoridan oqib o‘tuvchi va quyosh issiqxona-meva quritish qurilmasida quritiladigan o‘rik mevasini uch stelaj qatorlaridan balandlik bo‘yicha issiq havo oqimini tezligini o‘zgarishini issiqlik va namlik rejimlari uchun matematik modelini quyidagicha ifodalash mumkin. Quritiladigan meva qatlamlari orqali o‘tadigan issiq havo oqimining tenglamasi:

$$\varepsilon_m \rho c \left(\frac{\partial t}{\partial \tau} + v \frac{\partial t}{\partial y} \right) = q_{pm} + \alpha_m \phi_m (t - t_m); \quad (4.56)$$

$$q_{pm} = A_m \varepsilon B q_{pr}; \quad \phi_m = 6(1 - \varepsilon_m) / (2R_m). \quad (4.57)$$

Chegaraviy shartlar:

$$y = y_i = (l + h) + (i - 1)l; \quad t = t(y_i),$$

$$l + (i - 1)(h + l) \leq y \leq l + h + (i - 1)(h + l);$$

$i = 1, 2, 3, 4$ - quritiladigan mahsulot yoyiladigan stelajlar soni;

Quritiladigan meva sirtining temperaturasi t_m Likov tomonidan ishlab chiqilgan differensial tenglamalar sistemasi orqali potensial massa uzatishni hisobga olingan holda quyidagicha ifodalaymiz.

$$\rho_m (c_m + Er_u c_m 0) \frac{\partial t_m}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_m \cdot r^2 \frac{\partial t}{\partial r} \right); \quad (4.58)$$

$$\rho_m c_m \frac{\partial \psi}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_m \frac{\partial \psi}{\partial r} \right); \quad (4.59)$$

bu yerda $0 \leq r \leq R_m$.

(3.58) tenglamalar sistemasini chegaraviy shartlari quritiladigan meva sirtiga nisbatan $r = R_m$ deb hisoblanganda;

$$-\lambda_m \frac{\partial t}{\partial r} = q_{nm} + \alpha_m \phi_m (t - t_m) + Er_u \beta (\psi - \psi_m); \quad (4.60)$$

Quritiladigan mahsulot (meva)ning markazi $r = 0$ da;

$$-\lambda_m \frac{\partial t_m}{\partial r} = 0; \quad (4.61)$$

$$r = R_m, \quad -\lambda_m \frac{\partial \psi}{\partial r} = -\beta (\psi - \psi_m); \quad (4.62)$$

bu yerda $r = 0$ bo‘lganda;

$$-\lambda_m \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0. \quad (4.63)$$

(4.62) tenglamaga kiruvchi va issiqlik tashuvchi potensial massa formulasi;

$$c_m \rho V_m \frac{d\psi}{dy} = \beta (\psi - \psi_m) h; \quad (4.64)$$

$$\beta = \alpha_m (c_m / c_m) Sc^{-1/2}; \quad Sc = v / D. \quad (4.65)$$

(4.64) tenglamani chegaraviy shartlari va (4.56) tenglamani o‘xshashlik xossalari e‘tiborga olinib,

$$y = y_i = (l+h) + (i-1)l; \varphi = \varphi(y_i)$$

belgilasak, u holda (4.56) va (4.64) tenglamalarning shartlari: quritiladigan meva joylashtirilgan stelajlar orqali o'tadigan issiq havoning temperaturasi va potensial massasini vaqt birligida doimiy deb olamiz.

Issiq havo quyosh issiqxona-meva quritgichining yuqori qatlamidan olinib, ventilyator yordamida tuproq osti issiqlik akkumulyatori trubalarga haydaladi va bu issiq havo o'z issiqligini qayroq toshlar, uning atrofiga berib, trubaning ikkinchi tomonidan qaytib issiqxona-meva quritgichning stelajlari ostidan chiqadi.

Tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatori uchun issiqlik bilans tenglamasini quyidagicha ifodalaymiz;

$$\varepsilon_n \rho c \left(\frac{\partial t}{\partial \tau} + W \frac{\partial t}{\partial z} \right) = \alpha_n \phi_n (t - t_n) + \frac{\alpha a}{2\pi R_a} (t - t_a) \quad (4.66)$$

Issiq havo oqimi ta'sirida qizigan qayroq toshlar o'z issiqligini issiqlik uzatish yo'li bilan tuba atroflariga uzatish tenglamasi:

$$\varepsilon_n \rho_n c_n \frac{\partial t_n}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \cdot r^2 \frac{\partial t_n}{\partial r} \right) \quad (4.67)$$

chegaraviy shartlari:

$r = R_n$ bo'lganda

$$-\lambda_n \frac{\partial t_n}{\partial r} = \alpha_n (t - t_n) \quad (4.68)$$

$r = 0$ bo'lganda

$$-\lambda_n \frac{\partial t_n}{\partial r} = 0 \quad (4.69)$$

deb olinadi va issiqlik akkumulyator trubalaridagi temperatura (4.67) tenglamaga asosan

$$\rho_n c_n \frac{\partial t_a}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_n \cdot r^2 \frac{\partial t_a}{\partial r} \right) \quad (4.70)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

Agar chegara shartlari:

$r = R_a$:

$$-\lambda_n \frac{\partial t_a}{\partial r} \frac{\alpha_a}{2\pi R_a} = (t - t_a) \quad (4.71)$$

$r = \infty$;

$$-\lambda_n \frac{\partial t_a}{\partial r} = 0 \quad (4.72)$$

deb olsak, u holda tuproq osti qayroq toshli issiqlik akkumulyatorli quyosh issiqxona meva quritgichi uchun (4.56)-(4.70) tenglamalardan foydalanib, quritish kamerasi uchun issiqlik balans tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$C \rho v \frac{dt}{d\tau} = Q_{np} + \alpha_n (t_n - t) F_n - K_{np} (t - t_0) F_0; \quad (4.73)$$

bu yerda, t – tish kamerasidagi havoning o'rtacha massasi temperaturasi

$$t = \frac{1}{H} \int_0^H t(y) dy \quad (4.74)$$

Ishlab chiqilgan fizika-matematika modeli uchun issiq havoning, quritiladigan mevaning va issiqlik akkumulyatorida qo'llanilgan qayroq toshli trubalardagi tajriba natijalari olinadi. Balans tenglamalarni hisoblash bilan issiq havo temperaturasi, quritiladigan meva temperaturasi va namligi, potensial massasi hamda issiqlik akkumulyatorning temperaturasi va issiqlik to'plash miqdori aniqlanib, tajribadan olingan ma'lumotlar bilan taqqoslanadi.

4.5-§. O'rikni quritish kinetikasini hisoblash

Konvektiv usul bilan o'zgaras tezlikda o'rikni quritishning dastlabki davrida berilgan barcha issiqlik uning sirtidan namlikni bug'latishga sarf bo'ladi. Quritiladigan mahsulotning alohida bo'lagi uchun quritish kinetikasini hisoblashda quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$\frac{dW}{d\tau} = \frac{\alpha F (T_m - T)}{V \rho_T \tau_C} \quad (4.75)$$

Bu yerda F , V , ρ_T , W lar mos ravishda quritiladigan mahsulotning sirti, hajmi, zichligi va namlik darajasi; α – quritish agentidan nam zardolining sirtiga issiqlik berish ko'effitsiyenti; r – bug'lanish issiqligi.

$W|_{\tau=0} = W_0$ boshlang'ich shartda d diametrli sferik forma bo'lagi uchun (4.76) tenglamani integrallaymiz. Quritiladigan mahsulot temperaturasi o'zgarishining issiqlik tashuvchi temperaturasi o'zgarishiga nisbatan ta'sirini e'tiborga olsak, u holda shu vaqtda sirtidagi qatlamda namlik darajasining qiymati quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$W = W_0 - \frac{G\alpha}{\tau_C \rho_T \alpha_0} \int_0^r (T - T_m) dr \quad (4.77)$$

Nam material qatlamining balandligi bo'yicha quritishda issiqlik tashuvchining temperatura taqsimoti aniqlik uchun, quritishda issiqlik tashuvchi havo qatlam orqali pastdan yuqoriga qarab harakatlanishi e'tiborga olinadi. Qatlamning dh elementar balandligi qatlam orqali o'tadigan issiqlik tashuvchi havo harakati quyidagi issiqlik balansi tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$-CGdT = \alpha(T - T_m)[\sigma(1-m)/\alpha]dT \quad (4.78)$$

Bu yerda, $\sigma(1-m)/\alpha$ – qatlam balandligining birligiga to'g'ri keluvchi sferik bo'lakning sirti.

(3.78) tenglamani integrallab, M g'ovak qatlamning balandligi bo'yicha issiqlik tashuvchining eksponensial profilining temperaturasi quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$T = T_m + (T - T_m) \exp(-Bh) \quad (4.79)$$

Bu tenglamalardagi $B = \sigma d(1-m)/CG\alpha$, C , G , T hadlar quritishda issiqlik tashuvchining mahsulot qatlamiga kiruvchi issiqlik sig'imi, ko'ndalang kesimi orqali o'tuvchi issiqlik sarfi va temperaturasidir. Bunda keyingi qiymatlar o'zgaras hisoblanadi, mahsulot quritish jarayonida sezilarli o'zgarishida esa quritish agentining davomi bo'yicha o'rtacha qiymatidan foydalaniladi.

Issiqlik tashuvchining statsionar temperaturali taqsimoti (4.79) ni e'tiborga olgan holda (4.77) tenglamadan h balandlikdagi material qatlamining namlik darajasining qiymati hisobga olinib, quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$W = W_0 - [\sigma\alpha / (\tau_C \rho_T \alpha)](T_0 - T_m) \exp(-Bh)\tau \quad (4.80)$$

Berilgan h balandlikdagi butun material qatlamining o'rtacha namlik darajasining qiymati (4.80) taqsimotni integrallashda balandlik $0 \leq h \leq H$ chegaralar bo'yicha joylashgan bo'ladi:

$$\bar{W} = \frac{1}{H} \int_0^H W dh = W_0 - \frac{CG(T_0 - T_m)}{\tau_C \rho_T (1-m)H} (1 - e^{-BH})\tau \quad (4.81)$$

(4.80) va (4.81) tenglamalar vaqtning τ^* momentigacha qatlam bo'lagining quritish jarayonini bildiradi, qachonki qatlam bo'lagining osti barqaror namlik yo'qotilishiga yetishsa, $h = 0$ va $W = W^*$ da τ^* ning qiymati (4.80) taqsimotdan aniqlanadi:

$$\tau^* = (W_0 - W^*) / [\sigma\alpha (\tau_C \rho_T d)^{-1} (T_0 - T_m)] \quad (4.82)$$

Qatlamning W^* namlik darajasiga erishgandan so'ng quritishda issiqlik tashuvchining harakat yo'nalishida qandaydir front ko'chishi boshlanadi, bunda material W^* gacha butunlay quriydi. Bunday frontning ko'chishi T_m temperaturadan quritish agentining T_0 temperaturasigacha, W^* nam saqlashgacha quritilgan materialning tez qizishiga, issiqlik tashuvchi material qizishiga,

issiqlik beruvchi chegara oralig'ida va namlik zonalarida biror temperaturaga qadar soviydi. Namlik zonasidagi bo'lakning pastki qatori uchun issiqlik balansi quyidagicha yoziladi:

$$\alpha F(T_0 - T_m)\alpha\tau = \tau_C \rho_T V(dW/dh)_{h=h^*} dh^*$$

Bunda $d\tau$ vaqt mobaynida dh^* frontning elementar ko'chishi quritilgan materialdagi ko'chish frontining ko'chish tezligi uchun quyidagi ifodani beradi:

$$dh^*(d\tau = C\alpha G\alpha(T^* - T_m)/[\tau_C \rho_T \alpha(dW/dh)_{h=h^*}]) \quad (4.83)$$

(4.83) munosabatda hisoblash uchun T^* va $(dW/dh)_h$ lar zarur kattaliklardir, ularni h^* balandlikka mos keluvchi shart uchun yozilgan kinetik munosabatlardan aniqlash mumkin. Birinchi shunday munosabat frontga bog'liq holda h^* da joylashgan material qatlamining issiqlik balansi bo'lib xizmat qiladi:

$$CG(T_0 - T^*)d\tau = (1 - m)\rho_T(C_T + C_h W^*)(T_0 - T_m)dh \quad (4.84)$$

Bundan

$$T^* = T_0 - L(T_0 - T_m)(dh^*/dr) \quad (4.85)$$

Bu yerda

$$L = (1 - m)\rho_T(C_r + C_0 W^*)/CG$$

(4.84) bog'lanish nam zona oralig'ida quritish agenti bo'yicha issiqlik balansi (4.81) dan integrallashda foydalanib, nam zona oralig'idagi qatlam balandligi bo'yicha quritish agentining temperature taqsimoti quyidagi ko'rinishda keltirib chiqariladi:

$$T = T_m + (T_0 - T_m)[1 - L(dh^*/dr)]\exp[-B(h - h^*)] \quad (4.86)$$

(4.86) formuladan temperatura profili r^x dan τ gacha chegarada (4.86) asosiy kinetik darajasini integrallash uchun foydalaniladi. Shuningdek, τ^* - vaqt momenti uchun yozilgan (4.82) ni integrallashda (4.80) tenglamadan foydalaniladi.

$$W(h, \tau^*) = W_0 - [\sigma\alpha / \tau_C \rho_T \alpha](T_0 - T_m)e^{-Bh}\tau^* \quad (4.87)$$

(4.86) ni integrallash natijasida materialning yuqori darajasidagi namlik saqlanishining statsionar bo'lmagan profilini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$W(h, \tau) = W_0 - \frac{\sigma\alpha(T_0 - T_m)}{\tau_C \rho_T \alpha} e^{-Bh} \left[\tau^* + \int_{\tau^*}^{\tau} \left(1 - L \frac{dh^*}{d\tau} \right) e^{Bh^*} d\tau \right] \quad (4.88)$$

Frontning ko'chish tezligini hisoblash uchun zarur $(dW/dh)_{h^*}$ hosila h bo'yicha namlik saqlanish profilini differensiallash bilan aniqlanadi:

$$\left. \frac{dW}{dh} \right|_{h^*} = \frac{\sigma\alpha(T_0 - T_m)}{\tau_C \rho_T \alpha} B e^{-Bh^*} \left[\tau^* + \int_{\tau^*}^{\tau} \left(1 - L \frac{dh^*}{d\tau} \right) e^{Bh^*} d\tau \right] \quad (4.92)$$

Qo'yilish mohiyatidan so'ng tezlik fronti uchun (4.83) formuladagi (4.85) va (4.89) munosabatlar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{dh^*}{\alpha\tau} = \left(1 - L \frac{dh^*}{d\tau} \right) e^{Bh^*} / \left\{ B \left[\tau^* + \int_{\tau^*}^{\tau} \left(1 - L \frac{dh^*}{d\tau} \right) e^{Bh^*} d\tau \right] \right\} \quad (4.90)$$

$h^*/\tau = \tau^* = 0$ boshlang'ich shartda (4.90) tenglamaning yechimi, tenglama nam saqlash fronti ko'chishining o'zgarmas tezligi uchun qatlamning pastki sathidan frontning boshlang'ich harakatiga mos keluvchi (4.76) ifodaga olib keladi:

$$\frac{dh^*}{d\tau} = 1/B\tau^* + L \quad (4.91)$$

Shunday qilib, teng og'irlikdagi nam saqlash fronti koordinatasining joriy holati quritish vaqtining chiziqli funksiyasi bo'lib hisoblanar ekan.

$$h^* = (\tau - \tau^*)/(B\tau^* + L) \quad (4.92)$$

(4.92) munosabatda (4.88) ifodadan foydalanib, yuqori nam zona oralig'ida materialning nam saqlash profilini hosil qilishga erishiladi:

$$W(h, \tau) = (W_0 + W^*) \exp[-B(h - h^*)] \quad (4.93)$$

Qatlamning butun balandligi bo'yicha o'rtacha namlik saqlanishi o'zgarmas W^* uchun $0 < h < h^*$ va h^* dan H gacha oraliqdagi diapazonda (4.93) ifodani integrallashdan olingan.

$$\overline{W}(\tau) = \frac{1}{H} \left\{ \int_0^{h^*} W^* dh + \int_{h^*}^H [W_0 - (W_0 - W^*) e^{-B(h-h^*)}] dh \right\} =$$

$$W_0 - (W_0 - W^*) \left[\frac{h^*}{H} + \frac{1}{BH} (1 - e^{-B(H-h^*)}) \right] \quad (4.94)$$

O'zgarmas tezlik davridagi sferik ko'rinishdagi o'rikni quritishda statsionar bo'lmagan nam saqlash maydoni tajriba natijalari bo'yicha hisoblanadi.

4.6-§. Organik yoqilg'ilar miqdori va undan past temperaturali gelioqurilmalarda foydalanishda hisoblash metodlari

Respublikamizning yoqilg'i-energetika resurslari neft, gaz, ko'mir va elektroenergiya hisoblanadi. Keyingi yillarda qator neft gaz konlari topildi. Farg'ona viloyati hududida yirik konlardan Shimoliy So'x, Andijon viloyatida Janubiy Olamushuk, Polvontosh, Chungara, Chimyon, Sho'r suvni ko'rsatish mumkin.

Farg'ona vodiysidagi konlarda asosan neft uchraydi. Namangan viloyatida Mingbuloq konining ochilishi muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Janubda neft konlari Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida joylashgan.

Neft konlarining katta zahiralari Ustyurtda topilgan. Bulardan tashqari neft-gaz kondensatlari Muborak, Sho'rta, Ko'kdumaloq, O'rtabuloq, Zevarda va boshqa joylarda joylashgan. Qashqadaryo viloyatidagi Ko'kdumaloq koni ayniqsa beqiyosdir.

O'zbekistonda gazning aniqlangan zahiralari 2 trillion kub metrni, ko'mirniki 2 milliard tonnadan ziyodroqni tashkil etadi. Mamlakatimizda 160 ta neft va gaz konlari zahiralari ochilgan bo'lib, nafaqat ichki ehtiyojlarni to'la qondirishga qodir, balki energiya manbalarini tashqariga eksport qilish imkonini ham beradi. Bu konlar zahiralari 35-40 yillar davomida mamlakat ehtiyojlarini qondirishi mumkin. 1990-yilda Respublikada 6,4 mln.t ko'mir qazib chiqarildi. 1994-yilda "Ko'mir" ko'mir qazib olish va sotish aksiyadorlik birlashmasi tuzilishi bilan yanada ortib bordi.

Mahalliy yoqilg'ilardan: qo'ng'ir ko'mir, yonuvchi slanetslar, torf va har xil briketlardan foydalanish muammosi hal etish borasida samarali ishlar qilingan. Shuningdek, yoqilg'i sifatida keng ko'lamda tabiiy va sun'iy gazdan foydalaniladi.

Yoqilg'ining hamma turlari yuqori temperaturada kislorod bilan kimyoviy reaksiyaga kiruvchi organik birikmalardir. Bu reaksiyada (ekzotermik) issiqlik ajralib chiqadi. O'simliklarda sodir bo'ladigan fotosintez jarayoni natijasida sayyoramizdagi o'simliklar dunyosi asosini tashkil etuvchi organik moddalar hosil bo'ladi. Tadqiqotlar yoqilg'ining aylanishi va hosil bo'lishidagi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshadi: O'simlik-torfga, torf-ligninga, lignin-past navli ko'mirga, past navli ko'mir toshko'mirga va sungra antratsitga aylangan. Slanetslar ham o'simliklardan hosil bo'lgan. Neft va gazlar o'simlik hamda hayvon organizmlardan paydo bo'lgan. Yoqilg'i yer ostida hujayraning murakkab fizikaviy va kimyoviy jarayonlari natijasida uglerodning asta-sekin to'planishi tufayli paydo bo'lgan. Qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'ilar va ularning qayta ishlangan mahsulotlaridan ro'zg'or va sanoat pechlarida bug' qozonlarining ustaxonalarida, ichki yonuv dvigatellari, gaz trubalari va jihozlarda yoqish uchun foydalaniladi.

Yoqilg'i odatda quyidagicha xarakterlanadi:

1. Fizik holati (qattiq, suyuq, gazsimon).
2. Kimyoviy tarkibi.
3. Issiqlik berish qobiliyati.

Yoqilg'ining tarkibi.

Qattiq va suyuq yoqilg'ining kimyoviy tarkibi og'irlik hisobida, gazsimon yoqilg'ilarniki esa hajmiy foiz hisobida beriladi. Yoqilg'i tarkibiga quyidagi asosiy elementlar kiradi: Uglerod-C; Vodorod-H; Kislorod-O; Azot-N; Oltingugurt-S. Yoqilg'i tarkibida suv - W va mineral aralashmalar - kul A ham bo'lishi mumkin.

Uglerod, vodorod va uchuvchan oltingugurt yoqilg'ining yonuvchi elementlari hisoblanadi. Pech va qozonlarning o'txonalarida yoqish uchun sarflanadigan yoqilg'i **ish yoqilg'isi** deyiladi. Agar ish yoqilg'isini kimyo laboratoriyasida tekshirib, uning elementar tarkibini og'irligiga nisbatan foiz hisobida aniqlansa, u holda bu yoqilg'ining barcha elementlarining yig'indisini quyidagi tenglik orqali ifodalash mumkin.

$$C^i + H^i + O^i + S_d^i + N^i + A^i + W^i = 100\%$$

bu yerda i - ko'rsatgich ichki yoqilg'isiga taalluqli ekanini bildiradi.

Quruq massasining tarkibi: $C^q + H^q + O^q + S^q + A^q = 100\%$

Yonuvchan massasining tarkibi: $C^y + H^y + O^y + N^y + S^y = 100\%$

Organik massasining tarkibi: $C^o + H^o + O^o + N^o = 100\%$

Uglerod qattiq va suyuq yoqilg'ining asosiy tarkibiy qismidir. U kislorod, vodorod, azot, oltingugurt va boshqa elementlar bilan murakkab kimyoviy birikma ko'rinishda bo'ladi. Vodorod yoqilg'ida kam miqdorda bo'ladi, lekin uning bo'lishi yoqilg'ining issiqlik berishi qobiliyatiga ancha ta'sir qiladi. Kislorod yoqilg'ida yonuvchan elementlar bilan organik birikma ko'rinishida bo'ladi. Yoqilg'ida kislorod bo'lmaganligi ma'qul, chunki yoqilg'ini saqlaganda yonuvchan elementlarni ayniqsa, vodorodni oksidlashi mumkin.

Yoqilg'idagi azot inert gazdir. U yonmaydi va yonishga yordam bermaydi. Yoqilg'i yoqilganda tarkibida azotning ham bo'lmagani ma'qul.

Azot va kislorod yoqilg'ining ichki ballansini tashkil qiladi. Oltingugurt yonganda havoni zaharlovchi va qozon hamda mashinalarning metall qismlariga yomon ta'sir etuvchi gaz oltingugurt (IV)-oksid SO_2 hosil qiladi.

Oltingugurtning ham yoqilg'i tarkibida bo'lmagani ma'qul. Kul tarkibiga yonmaydigan har xil mineral aralashmalar kiradi. Kul yoqilg'ining yonishida hosil bo'lib qumtuproq va boshqa oksidlardan tashkil topadi. Kul yoqilg'idagi yonuvchan elementlarning yonishiga xalaqit beradi va o'zi bilan issiqlikning bir qismini olib ketadi. Yoqilg'i tarkibida nam bo'lmaganligi ma'qul, chunki yonish jarayonida namning bug'lanishiga issiqlik behuda sarflanadi. Yoqilg'i tarkibidagi nam tashqi havodagi va ichki namga bo'linadi. Nam va kul yoqilg'ining tashqi balansini tashkil qiladi. Yoqilg'ining ish massasidan tashqari, amalda «quruq massa» tushunchasidan ham foydalaniladi. «Quruq massa» ish yoqilg'isidan namni chiqarib yuborish bilan hosil qilinadi. Bunda quruq massa elementar tarkibining simvollari S indeksi bilan belgilanadi. Agar yoqilg'idan kulni ham chiqarib yuborilsa, S indeksi bilan belgilanuvchi shartli yonuvchan massa qoladi. Shu bilan birga qattiq yoqilg'i tarkibida uchuvchan moddalari va qattiq qoldiq-koks borligi bilan xarakterlanadi. Bular qattiq yoqilg'ini havosiz joyda qizdirilganda hosil bo'ladi.

Uchuvchan moddalarga quyidagilar kiradi: yoqilg'idan bug'lanib chiqqan nam, kislorod, azot, uchuvchan oltingugurt, vodorod va uglerodning ozgina qismi. Koks tarkibida uglevodorodning asosiy qismi va kul qoladi. Uchuvchan qismida va koksda yonuvchi elementlar mavjuddir. Shuning uchun yoqilg'ining bu qismlari ham yonadi. Lekin ularni yoqish sharoitlari har xil. Uchuvchan moddalarning miqdori bo'yicha yoqilg'ini ta'riflashga o'txona loyihasi va o'txonani ishlatish usulini ishlab chiqishda zarur. Gazsimon yoqilg'i har xil yonuvchan va yonmaydigan gazlar aralashmasidan iborat. Tabiiy gazda 85-90 foizgacha metan (CH_4), qolgan yonuvchi qismini etan (S_2N_6), Propan (S_3N_8), Butan (S_4N_{10}) va oliy tartibli uglevodlar tashkil etadi.

Tabiiy gazda karbonat angidrid (SO_2) va azot N_2 ham bo'ladi. Sun'iy gazning asosiy tashkil etuvchilarini uglerod (II) oksid (SO), Vodorod (N_2), Karbonat angidrid (SO_2) va Azot (N_2) tashkil etadi. Sun'iy gazda oz miqdorda metan (SN_4) bo'lishi mumkin. Karbonat angidrid va azot gazsimon yoqilg'ining ballansi hisoblanadi.

Yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyati va uni aniqlash

Yoqilg'ining birlik og'irligi yoki birlik hajmi batamom yonib bo'lganda hosil bo'lgan issiqlik miqdoriga bu yoqilg'ining **issiqlik berish qobiliyati** deb ataladi. Qattiq va suyuq yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyati $kKal/kg$ ga (kJ/kg) da, gazsimon yoqilg'iniki esa $kKal/m^3$. (kJ/m^3) da o'lchanadi. Yoqilg'ining yonishida issiqlikning bir qismi ballast namligining va shuningdek, vodorodning yonishidan hosil bo'lgan namning bug'lanishiga sarflanadi. Shu sababli yoqilg'ining yuqori issiqlik berish qobiliyati Q_y^i -ajratiladigan issiqlikning to'la miqdori va namning bug'lanish uchun sarflangan issiqlikni hisobga oladigan past issiqlik berish qobiliyati Q_p^i -degan tushunchalar mavjuddir. Texnikadagi hamma hisoblashlarda yoqilg'ining past issiqlik berish qobiliyati Q_p^i dan foydalaniladi.

1 kg namning bug'lanishiga o'rtacha 600 kkal ga yaqin issiqlik sarflanadi. Suv molekulasida hosil bo'lganda vodorodning ikki atomi kislorodning atomi bilan birikadi. Suvning molekulasida vodorodning molekulasidan to'qqiz marta og'ir. Demak, namning bo'g'lanishiga sarflanadigan issiqlikni quyidagicha hisoblash mumkin: Vodorod yonishidan hosil bo'lgan namning bug'lanishiga $600 \cdot 94 \text{ kkal/kg} = 56400 \text{ kJ/kg}$, ballast namining bug'lanishiga 600 W kkal/kg. Hammasi $600(94+W) \text{ kkal/kg}$.

Qattiq va suyuq yoqilg'ining past va yuqori issiqlik berish qobiliyati quyidagi nisbat bo'yicha o'zaro bog'langan:

$$Q_p^i = Q_y^i - 6(9H^i + W^i) \quad [kJ/kg] \quad (4.98)$$

Shuningdek, $2H + O = 2HO$. 1 kg vodorod (N) kislorod bilan qo'shilib 9 kg suv hosil qiladi. 1 kg yuqori yonuvchi massa

$$2400 \frac{9H^i + W^i}{100} \text{ kg} \quad (4.99)$$

1 kg suv bug'lanishi uchun $0,240 \cdot 10^4 \text{ kJ}$ energiya talab etadi. Umumiy issiqlik miqdorini

$$2400 \frac{9H^i + W^i}{100} = 24(9H^i + W^i) \quad [kJ/kg] \quad (4.100)$$

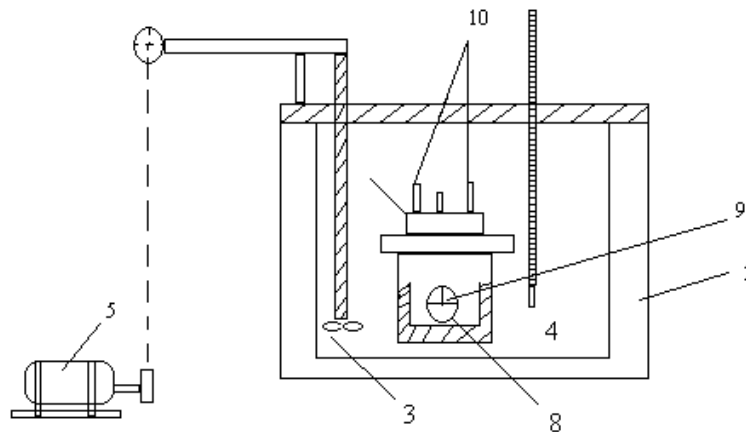
$$Q_p^i = Q_y^i - 24(9H^i + W^i) \quad (4.101)$$

D.I.Mendeleyevning emperik formulasi bilan hisoblash mumkin.

$$Q_y^i = 339^\circ C + 1030H^i - 109(O^i - S^i) - 24(9H^i - W^i) \quad [kJ/kg] \quad (4.102)$$

$$Q_p^i = 339^\circ C + 1030H^i - 109(O^i - S^i) - 24(9H^i - W^i) \quad [kJ/kg] \quad (4.103)$$

Qattiq yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyati tajriba yo'li bilan kalorimetrik bombalarda (4.3-rasm) aniqlanishi mumkin.



4.3-rasm. Qattiq yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyatini aniqlaydigan kalorometr: 1-bomba; 2-tez silindr; 3-aralashtirgich; 4-kalorometr; 5-elekr motor; 6-qopqoq; 7-termometr; 8-yoqilg'i solinadigan platina piyolacha; 9-yoqadigan sim; 10-klemmlar.

Bomba (1) kislotaga chidamli po'latdan yasalgan qalin devorli stakandan iborat. Stakan siqilgan kislorod bilan to'ldiriladi va suv to'ldirilgan kalorimetr (4) ga o'rnatiladi. Bomba ichiga osilgan yoqilg'i namunasi elektr toki bilan yondiriladi. Yonishdan ajralgan issiqlik kalorimetrik bomba atrofidagi suvga o'tadi. Suvning temperaturasi oshishiga qarab yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyatiga baho beriladi. Yoqilg'ining bomba vositasida aniqlangan issiqlik berish qobiliyati, unda hosil bo'lgan oltingugurt va azot kislotasi tufayli Q dan bir muncha ortiq bo'ladi.

Qozon qurilmalarida yoqilg'i yonganda kislotaga hosil bo'lmaydi, chunki oltingugurt kisloroddagiga nisbatan havoda boshqacharoq yonadi. Qattiq va suyuq yoqilg'ining issiqlik berish qobiliyatini D.I.Mendeleyevning empirik formulasi bilan ham aniqlash mumkin. Yoqilg'ining har xil turlarini yoqqanda har xil miqdorda issiqlik ajraladi. Ba'zi bir yoqilg'ilarning yonuvchan massasiga nisbatan olingan issiqlik berish qobiliyati 1-jadvalda keltirilgan. Yoqilg'ilarni bir-biriga taqqoslash uchun issiqlik berish qobiliyati $7000 \text{ kkal/kg} = 7000 \cdot 4,2 = 29400 \text{ kJ/kg}$ shartli yoqilg'i tushunchasi qabul qilingan. Biror yoqilg'ining past issiqlik berish qobiliyatini 7400 kkal/kg ёки 29400 kJ/kg ga bo'lsak, uning issiqlik ekvivalenti kelib chiqadi, ya'ni

$$E = \frac{Q_p^i}{700} \frac{\text{kkal}}{\text{kg}} = \frac{Q_p^i}{29400} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (4.104)$$

Past kaloriya yonganda ko'p kul hosil qiluvchi va nam yoqilg'ilar (yog'och, torf, slanslar, past navli ko'mir va ko'mir koks, metallurgiya sanoatining chiqindilari) ni mahalliy yoqilg'ilar deb atash qabul qilingan. Bunday yoqilg'ilarni olingan joy yaqinida yoqish foydali bo'ladi. Yuqori sifatli yoqilg'ilarga tabiiy gaz, suyuq yoqilg'i va toshko'mirning ba'zi bir turlari kiradi.

4.7-§. Konveksiya hodisasi. Gaz va suyuqliklarda konveksiya. Erkin va majburiy konveksiya. Konvektiv issiqlik almashinuvning differensial tenglamasi. Quyosh suv isitgichida konvektiv issiqlik almashinuv

Odatda gaz va suyuqlik qattiq jism sirtiga tegib harakatlanganda isiydi yoki soviydi. Masalan: qizdirilgan pech va uning mo'risiga sirpanib tegib o'tadigan havo yoki suyuqlik isiydi. Qozonxonadan trubalarga uzatiladigan issiq suv yoki bug' shu trubalarni va batareyalarni qizdiradi. Xonadagi havo qizigan trubalarga va batareyalarga tegib isiydi hamda xonani isitadi va h.k.. Qattiq jism sirti bilan suyuqlik yoki gaz (havo) orasida sodir bo'ladigan bu hodisaga issiqlik almashinuvi deyiladi.

Agar issiqlik uzatiladigan (qattiq jism) devorning temperaturasi T_δ va shu devorni sirti bilan o'zaro sirpanib o'tadigan issiqlik tashuvchi (gaz, havo, suyuqlik) ning temperaturasi T_c bo'lsa, u holda qattiq jismdan beriladigan issiqlik konvektiv issiqlik almashinuv miqdori Q , issiqlik almashinuv sirti F ga proporsional bo'ladi:

$$Q = \alpha F (T_\delta - T_c) \quad (4.105)$$

Bu Nyuton-Rixmanning konvektiv issiqlik almashinuv formulasidir. Bunda issiqlik almashinuvi qattiq jism sirtidan suyuqlik yoki gazga va aksincha bo'lishi mumkin. (4.105) formuladagi α – *issiqlik berish koeffitsiyenti* deyiladi va $Bm/(m^2K)$ larda o'lchanadi. Bu koeffitsiyent konvektiv issiqlik almashinuv intensivligini bildiradi. (4.105) formuladan

$$\alpha = \frac{Q}{F(T_g - T_c)} = \frac{Q}{T_g - T_c} \quad (4.106)$$

ko'rinishida ifodalanadi. α – issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati turli nuqtalarda turlicha bo'ladi.

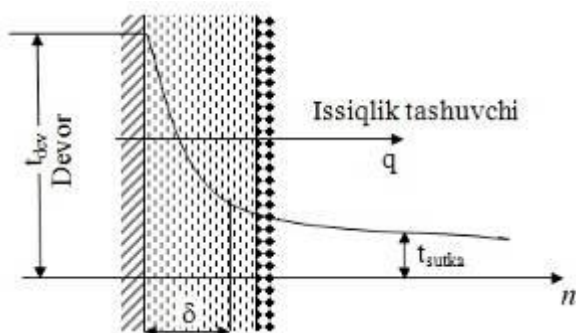
Agar issiqlik tashuvchi gazsimon yoki suyuq moddalar qattiq jism devorlari bilan o'zaro ta'sirlashadigan bo'lsa, bunda sodir bo'ladigan konvektiv issiqlik almashinuvidagi solishtirma issiqlik oqimini Furrye tenglamasi orqali aniqlash mumkin:

$$q = -\lambda \left| \frac{\partial T}{\partial n} \right|_F \quad (4.107)$$

bu yerda, λ – issiqlik tashuvchi (gaz yoki suyuqlik) ning issiqlik uzatish koeffitsiyenti, $kj/(m \text{ soat } K)$; n – qizdirilgan yuzaga nisbatan normal; $\left| \frac{\partial T}{\partial n} \right|_F$ – issiqlik tashuvchi temperatura o'zgarishining

normalga nisbatan gradiyenti deyiladi.

(4.107) formula differensial tenglama yordamida ifodalanadi va keltirib chiqariladi. Dastlab (4.106) formulaning asoslanishini 4.4-rasm yordamida tushuntirish mumkin.



4.4-rasm. Issiqlik tashuvchining chegara qatlami

Ko'p sonli tajribalar shuni ko'rsatadiki, qizigan devor yaqinida issiqlik tashuvchining oqimi muallaq bo'lib, devordan δ uzoqlikda oqim turbulent rejimni oladi. Chunki δ qatlamda issiqlik tashuvchining temperaturasi vaqt bo'yicha tez o'zgarib boradi. Bu qatlamga yopishqoq qatlam oqimi deyiladi. Shuning uchun bu qatlamda konvektiv issiqlik almashinuvi sodir bo'lmaydi, ya'ni issiqlik oqimi devordan issiqlik uzatish bilan beriladi. Demak issiqlik o'zgarishining gradiyenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\partial T}{\partial n} \approx -\frac{t_q - t_c}{\delta} \quad (4.108)$$

(4.108) ni (4.107) ga qo'yib

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_q - t_c) = \alpha \Delta t \quad (4.109)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda $\frac{\lambda}{\delta} = a$ bilan belgilanadi va issiqlik berish koeffitsiyenti deb ataladi.

(4.109) va (4.107) formulalarni o'zaro tenglashtiramiz:

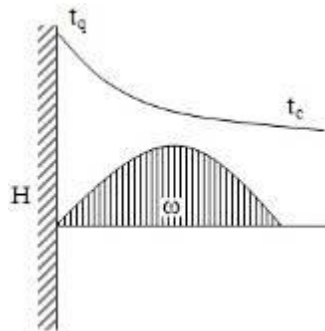
$$\lambda \Delta t = -\lambda \left| \frac{\partial T}{\partial n} \right|_F$$

yoki

$$\lambda = -\frac{\lambda}{\Delta t} \left| \frac{\partial T}{\partial n} \right|_F \quad (4.110)$$

Ushbu formula konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlashning matematik ifodalanishidir.

Gazlarda va suyuqliklarda tabiiy va majburiy konvektiv issiqlik almashinuvi farqlanadi. Issiqlik oqimi nasoslar, shamol haydagich yoki shamol yordamida majburiy harakatga keltiriladi. Tabiiy issiqlik oqimi suyuqlik va gazlar qizigan qattiq jism bilan ta'sirlashganda hosil bo'ladi (3.5-rasmga qarang).



4.5-rasm. Balandligi H bo'lgan issiqlik beruvchi sirt bilan tabiiy harakatlanuvchi havoning o'zaro ta'sirlashuvida uning tezligi ω va temperatura $(t_0 - t_c)$ taqsimlanishi keltirilgan.

Issiqlik kengayishi intensivligi temperaturaning hajmiy kengayish koeffitsiyenti

$$\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_{p=const} \quad (4.111)$$

yordamida xarakterlanadi. Bu yerda $v = \frac{1}{\rho}$ suyuqlikning solishtirma hajmi. Gazlar uchun hajm

kengayish koeffitsiyentini 1834-yilda Klapayron tomonidan

$$\beta = \frac{1}{\bar{O}} \quad (4.112)$$

ko'rinishda tavsiya etiladi. Tomchisimon suyuqliklar (masalan, gelioteplitsa, gelioparnik, geliosuvchuchitgich qurilmalarining tiniq yuzalarining sirtida hosil bo'ladigan tomchi-kondensatlar) uchun temperaturaning hajmiy kengayish koeffitsiyenti gazlardagiga nisbatan kichik bo'ladi:

$$\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{v \cdot v_c}{t - t_c} \right) = \frac{\rho_c - \rho}{\rho_c (t - t_c)} \quad (4.113)$$

Issiqlik tashuvchining zichliklar farqi

$$\rho_c - \rho = \beta \rho (t - t_c) \quad (4.114)$$

bilan ifodalanadi. Tomchini muallaq saqlab turuvchi kuch F_K Arximed itaruvchi kuchi $A = \rho_c g$ va og'irlik kuchi $G = \rho g$ ning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

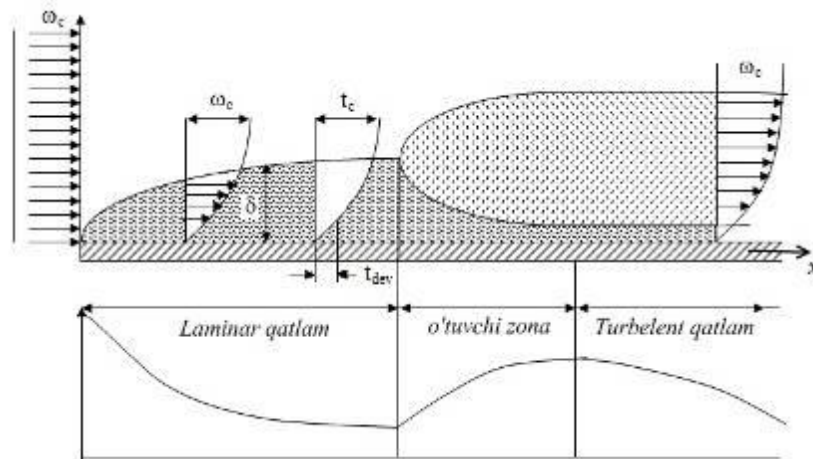
$$F_K = A - G = g(\rho_c - \rho) = \beta \rho_c g (t - t_c) \quad (4.115)$$

Bu ko'taruvchi kuch isigan suyuqlik yoki gaz (havo)ni yuqoriga tomon tabiiy ravishda ko'tarilishiga ta'sir etadi. Sovigan suyuqlik yoki gaz tabiiy ravishda pastga va qizigan suyuqlik yoki gaz tabiiy ravishda yuqori tomonga harakatlanadi. Ammo suyuqlik yoki gazni ichki

ishqalanish ko'effitsiyenti $\mu(\frac{ns}{m^2})$ va kinematik yopishqoqlik ko'effitsiyenti $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ga bog'liq bo'ladi.

Shuning uchun issiqlik tashuvchini majburiy konveksiyaga o'tkazish bilan issiqlik almashinuvini intensivligiga erishish mumkin.

Termosifon sistemalarda gidrodinamik va issiqlik almashinuv qatlamlarida jarayonlar issiqlik tashuvchining tezligi ω_c ga va temperaturasi t_c ga bog'liq bo'ladi (3.6-rasm).



4.6-rasm. Yupqa plastinkadan oqib o'tuvchi suyuqlikni chegara qatlamda hosil bo'lishi (a) va issiqlik berishda mahalliy ko'effitsiyentning taqsimlanishi (b).

Plastinka sirtiga yaqin zonada suyuqlik zarralari yopishqoqligi tufayli tezlik juda kichik, oqim qatlamida esa ω_c ga teng bo'ladi. Suyuqlik oqimining bu qatlamiga **gidrodinamik chegara qatlam** deyiladi va u noldan ω_c gacha ortib boradi hamda qalinligi δ_m ga teng bo'lib, tezligi $0,99 \omega_c$ ga teng bo'ladi.

Suyuqlik oqimining chegara qatlami δ_m ga tenglashgancha bo'lgan zonada oqim laminar rejim bilan harakatlanadi. $X-X_{kp}$ holatgacha masofada suyuqlik oqimi laminar bo'lib, o'tuvchi chegara qatlami zonasidan keyin suyuqlik oqimi uyurma shaklda harakatlana boshlaydi. Bu zonada plastinka va suyuqlik temperaturalarining o'zgarishi $Q=t-t_c$ yoki $0,99(t_c-t_g)$ ga teng bo'ladi. Laminar oqimda issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlik suyuqlikdan plastinkaning ko'ndalang devorlariga tomon uzatiladi. Ammo oqim qatlami bo'ylab uzatiladigan issiqlik bir xil bo'lmaydi. Tashqi (chetgi) chegara qatlamlarda uzatiladigan issiqlik oqimining zichligi nolga teng bo'ladi. Oqim markazi qatlamlariga tomon q qiymati o'zgarib boradi, ammo oqim qatlami bo'yicha q ning qiymati bir xil bo'ladi. Shuningdek issiqlik uzatish jarayoni yassi devorda bo'lgani singari plastinka qalinligi δ_m va temperaturalar farqi t_c, t_g lar orqali aniqlanadi, ya'ni:

$$q \approx \frac{\lambda(t_c - t_g)}{\delta_0} \quad (4.116)$$

Bu formulani (4.105) va (4.106) formula bilan tenglashtiramiz:

$$\begin{aligned} q &= \frac{\lambda}{\delta_T} (t_c - t_q) \\ q &= \alpha(t_q - t_c) \\ \alpha &\approx \frac{\lambda}{\delta_T} \end{aligned} \quad (4.117)$$

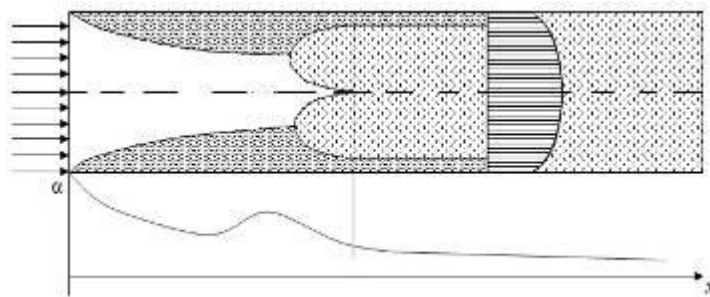
Plastinkada oqadigan suyuqlikni laminar rejimida α -issiqlik berish ko'effitsiyenti bir xil qiymatga ega bo'ladi, ammo oqimning o'tish zonasida issiqlik berish ko'effitsiyenti kamayib boradi. Agar oqimning rejimi turbulent bo'lsa, issiqlik berish-issiqlik uzatish va konvektiv

issiqlik uzatish orqali intensiv amalga oshadi hamda oqim qatlami ortib borishi bilan issiqlik koeffitsiyenti ham kamayib boradi.

(4.117) formuladan ko‘rinib turibdiki, gazlarda issiqlik berish koeffitsiyenti kichik qiymatga ega bo‘lib, tomchisimon suyuqliklardagi issiqlik uzatishdan ham kichik bo‘ladi. Suyuqliklar va metallardagi issiqlik uzatish esa undan ham kichik bo‘ladi.

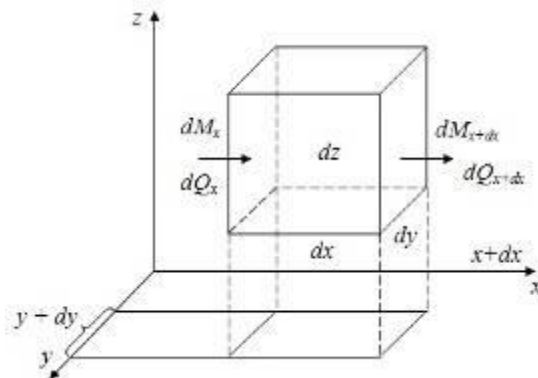
α ning gazlardagi, jumladan havodagi qiymati $\alpha=10-20 \text{ Vt/(m}^2\text{K)}$ ga teng bo‘ladi. Havoning majburiy harakati sekundiga bir necha o‘n metr bo‘lganda $\alpha=50-100 \text{ Vt/(m}^2\text{K)}$ atrofida bo‘ladi. Agar jismning sirti tomchi oqimi bilan yuviladigan bo‘lsa, u holda issiqlik berish koeffitsiyentining qiymati $\alpha=1000 \text{ Vt/(m}^2\text{K)}$ atrofida bo‘ladi.

Suyuqlik quvurning perimetri bo‘ylab oqadigan bo‘lsa, oqimning rejimi dastlab devor yaqinida laminar bo‘lib, keyin stabillashadi va turbulent holatni egallaydi.



4.7-rasm. Suyuqlik qatlamining hosil bo‘lishi (a) va quvurda suyuqlik turbulent rejimda oqishida mahalliy issiqlik berish koeffitsiyenti (b).

Konvektiv issiqlik almashinuvining differensial tenglamalari. Issiqlik almashinuv jarayonini tekshirish uchun sohaning kichik differensial bo‘lagini ajratib olamiz va shu sohada bo‘ladigan issiqlik va massa almashinuvini tahlil qilamiz.



4.8-rasm. Differensial kichik hajmli suyuqlik oqimida massa va issiqlik miqdorini hisoblash

Uzlüksizlik tenglamasini keltirib chiqarish uchun hajmi dV bo‘lgan paralelepipedni ajratib olamiz. Uning tomonlari dx, dy, dz bo‘lsin. X o‘qiga perpendikulyar bo‘lgan tomon orqali $d\tau$ vaqt ichida o‘tadigan suyuqlik massasini dM_X desak, u quyidagicha aniqlanadi:

$$dM_X = \rho g_X dy dz d\tau \quad (4.118)$$

bu yerda, g_X – suyuqlik tezligining X o‘qdagi proyeksiyasi.

Agar dM suyuqlik massasini $x+dx$ tomoni orqali o‘tadigan qismini aniqlamoqchi bo‘lsak, u holda (4.118) formulani Teylor funksiyasi bo‘yicha qatorga yoyamiz, ya’ni:

$$dM_{x+dx} = dM_X + \frac{\partial}{\partial x}(dM_X)dx + \dots \quad (4.119)$$

dM_X va dM_{x+dx} larning ayirmasi paralelepipedning qarama-qarshi tomondan o‘tadigan suyuqlik massasini xarakterlaydi:

$$dM_x - dM_{x+dX} = -\frac{\partial}{\partial x}(dM_x)dx d\tau \quad (4.120)$$

suyuqlik siqilmaydigan bo'lsa, $\rho = \text{const}$

$$dM_x - dM_{x+dX} = -\rho \frac{\partial \vartheta}{\partial x} dx dy dz d\tau = -\rho \frac{\partial \vartheta}{\partial x} dV d\tau \quad (4.121)$$

ga teng bo'ladi.

Parallelepipedning qolgan tomonlari uchun ham (4.121) formulani yozadigan bo'lsak:

$$dM_y - dM_{y+dy} = -\rho \frac{\partial \vartheta_y}{\partial y} dV d\tau$$

$$dM_z - dM_{z+dz} = -\rho \frac{\partial \vartheta_z}{\partial z} dV d\tau \quad (4.122)$$

bo'ladi. (4.121) va (4.122) larni o'zaro qo'shsak, $\rho \neq 0$, $dV \neq 0$ va $d\tau \neq 0$ bo'lgan uzluksizlik tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{\partial \vartheta_x}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta_y}{\partial y} + \frac{\partial \vartheta_z}{\partial z} = 0 \quad (4.123)$$

Suyuqlikning energiyasining differensial tenglamasini ham energiyaning saqlanish qonuniga asosan yuqoridagi metod yordamida aniqlash mumkin.

Agar parallelepipedning tomonlari orqali issiqlik uzatishda dV hajmiga va qizigan suyuqlik oqimi bilan konveksiya tufayli issiqlik oqimi bilan issiqlik almashinuvi sodir bo'lsa, u holda $d\tau$ vaqt davomida X o'qiga nisbatan issiqlik uzatish bilan oqib o'tadigan suyuqlikning issiqlik miqdori:

$$\delta Q_{\lambda X} = \left(-\lambda \frac{dt}{dx} \right) dy dz d\tau \quad (4.124)$$

Konveksiya tufayli oqib o'tadigan suyuqlikni issiqlik miqdori:

$$\delta Q_{kX} = (\rho \vartheta_X h) dy dz d\tau \quad (4.125)$$

ga teng bo'lib, bu yerda $h = C_{pt}$ – suyuqlik entalpiyasidir. Bunda yig'indi issiqlik miqdori:

$$\delta Q_X = \delta Q_{\lambda X} + \delta Q_{kX} = \left(\rho \vartheta_X h - \lambda \frac{dt}{dx} \right) dy dz d\tau \quad (4.126)$$

ga teng bo'ladi.

Bu yerda ham (4.121) formulaga o'xshash parallelepipedning chap tomonidan kiradigan issiqlik miqdori δQ_x va o'ng tomondan chiqib ketadigan issiqlik miqdori δQ_{x+dX} larning farqi

$$\delta Q_x - \delta Q_{x+dX} = \frac{\partial}{\partial x}(\delta Q_{kX}) dx = \left[\lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - \rho \left(\vartheta_X \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial \vartheta_X}{\partial x} \right) \right] dx dy dz d\tau \quad (4.127)$$

ga teng bo'ladi.

Umumiy holatda $d\tau$ vaqt davomida parallelepipedning hamma tomonlari orqali o'tadigan issiqlik miqdorini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\delta Q = \left[\lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) - \rho \left(\vartheta_X \frac{\partial h}{\partial x} + \vartheta_Y \frac{\partial h}{\partial y} + \vartheta_Z \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] dV d\tau \quad (4.128)$$

Termodinamikaning I qonuniga asosan δQ issiqlik suyuqlik entalpiyasining o'zgarishiga sarf bo'ladi, ya'ni entalpiyaning o'zgarish tezligi $\frac{\partial J}{\partial \tau}$ desak, u holda

$$dJ = \left(\frac{\partial J}{\partial \tau} \right) d\tau = \rho \left(\frac{\partial h}{\partial \tau} \right) dV d\tau \quad (4.129)$$

(4.124) va (4.125) formulalardagi ifodalarni o'ng tomonlarini o'zaro tenglashtirsak va h ni C_{pt} bilan almashtirsak differensial tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \left(\vartheta_X \frac{\partial t}{\partial x} + \vartheta_Y \frac{\partial t}{\partial y} + \vartheta_Z \frac{\partial t}{\partial z} \right) = \frac{\lambda}{C_{pt}} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (4.130)$$

bunda

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \nabla^2$$

operator desak (4.130) formula quyidagi ko‘rinishni oladi va

$$\frac{D}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \tau} + g_x \frac{\partial}{\partial x} + g_y \frac{\partial}{\partial y} + g_z \frac{\partial}{\partial z} \quad (4.131)$$

hamda $\frac{\lambda}{C_p t} = a$ temperatura o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti desak ($a \cdot m^2/s$), u holda energiyaning differensial tenglamasi

$$\frac{Dt}{dt} = a \nabla^2 t \quad \text{ko‘rinishga keladi} \quad (4.132)$$

Bu formulaga Furrye-Kirxgof tenglamasi deyiladi.

Suyuqlikning harakat differensial tenglamasi

$$\rho \frac{DW}{dt} = \rho g - \nabla p + \mu \nabla^2 W \quad (4.133)$$

ko‘rinishida ifodalanadi.

Differensial tenglamalar sistemalarining xarakteristikasida quyidagi shartlar bo‘lsagina, ularni bir qiymatli deb atash mumkin:

Fizikaviy sharti-muhitning teplofizik holatini xarakterlaydi, $C_p, \rho, \lambda, \beta, \alpha, \nu$.

Geometrik sharti-sistemaning shakli, o‘lchamlarini xarakterlaydi.

Vaqt sharti – nostatsionar jarayonlar uchun.

Chegara shartlari.

Issiqlik oqimi sistemaning yuzasi orqali uzatiladigan bo‘lsa $d\tau$ vaqt ichida uning miqdori

$$\delta Q_x = -\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0} dF d\tau \quad (4.134)$$

Shunga ko‘ra konvektiv issiqlik almashinuv uchun Nyuton-Rixman formulasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\delta Q_\tau = \alpha (t_c - t_m) dF d\tau \quad (4.135)$$

(4.130) ni (4.131) ga tenglashtirsak

$$\alpha = \frac{\lambda}{t_c - t_\delta} \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0} \quad (4.136)$$

(4.136) formulaga issiqlik berishning differensial tenglamasi deyiladi va bu tenglamani yechish EHM yordamida bajariladi.

Demak, amalda tajribadan olingan natijalarni ishlab chiqish talab etilsa, o‘xshashlik nazariyasining kriterial tenglamalaridan foydalaniladi. Bu tenglamani tadbiq etishda yuqoridagi to‘rt shart bajarilishi lozim.

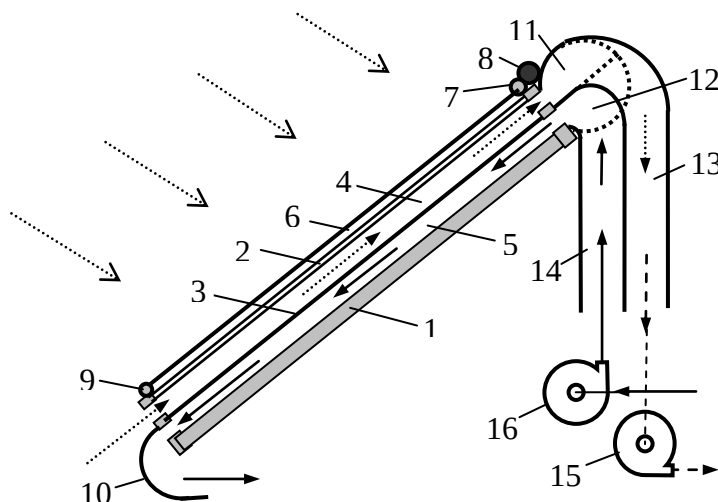
4.8-§. Issiqlikni rekuperativ o‘zlashtirgichli quyosh qavoqizdirgichlar va ulardagi issiqlik-fizikaviy jarayonlar.

Turli xil issiqlik-texnologik qurilmalarda keng foydalaniladigan quyosh qavoqizdirgichlar issiqlik va ekologik jihatdan samarali bo‘lish bilan birga ishlab-chiqarishda texnologik nuqsonga ega, ya’ni quyosh radiatsiyasi tushishining sutkali, mavsumiy va ob-qavodan o‘zgarishi quyosh qurilmalarni ishlab-chiqarishga keng joriy etishni chegaralaydigan asosiy sabablardan biridir. Ko‘pchilik texnologik qurilmalarda issiqlik chiqindilari yuqori energetik potentsialga ega, ammo ulardan ko‘p hollarda foydalanilmaydi. Konstruktiv hamda texnologik nuqtai nazardan ishlangan issiqlik tashuvchining issiqligini o‘zlashtirish uchun rekuperativ metodlardan foydalanish qulay, chunki bu usulda quyosh qavoqizdirgichni rekuperativ issiqlik almashgich

bilan birlashtirishda uning konstruksiyasiga katta o'zgartirishlarni kiritish talab etilmaydi.

Quyosh havoqizdirgichlarni issiqlikni rekuperativ o'zlashtirgich bilan uyq'unlashtirilgan holda tadqiqotlar olib borilmagan, bu esa quyosh radiatsiyasi bo'lmagan hollarda quyosh qurilmalaridan keng foydalanishni tavsiya etish imkonini bermaydi.

Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgichli quyosh havoqizdirgich (RIO'-QHQ) yassi ikki kanalli (kanallar eni 1 m, uzunligi 5 m, balandligi 0,1 m) quyosh havoqizdirgich bo'lib, yuqori kanaldan qizdiriladigan havo, quyi kanaldan esa – ishlangan issiqlik tashuvchi o'tadi (4.9- rasm).



4.9-rasm. Issiqlikni rekuperativ o'zlashtirgichli quyosh qavoqizdirgichning prinsipial sxemasi. 1-issiqlik izolyatsiyalangan quti; 2-shishali qoplama; 3-qoraytirilgan issiqlik qabul qilgich; 4-yuqori va 5-quyi kanallar; 6-ekranli surp va 7-kalava; 8-elektryuritma; 9-yuk; 10-qaytaruvchi tarnov; 11-diffuzor va 12-konfuzor kollektorlar; 13 va 14-havo o'tkazgichlar; 15-chiqarish va 16-qaydash ventilyatorlari.

$$Q_{zat} = Q_n + Q_{ot} \quad (4.137)$$

$$Q_n + Q_{ot} = Q_{pl} + Q_{tp} \quad (4.138)$$

$$Q_n = (S_n + D_n) F_o; \quad (4.139)$$

$$Q_{ot} = G_t C_t (t_{mo} - t_{m1}); \quad (4.140)$$

$$Q_{pl} = G_v C_v (t_{v1} - t_p); \quad (4.141)$$

$$Q_{tp} = Q_{tp1} + Q_{tp2}, \quad (4.142)$$

bu erda Q_{zat} – sarflangan energiya oqimi, Vt ; Q_n – quyosh qavoqizdirgich qiya sirtiga tushuvchi quyosh radiatsiyasi Vt ; Q_{ot} – issiqlik o'zlashtirgich beradigan issiqlik, Vt ; Q_{pl} – havoni qizdirishga sarflangan foydali issiqlik, Vt ; Q_{tp} – yiqindi issiqlik yo'qotish, Vt ; S_n va D_n –qiya yuzaga tushuvchi to'qri va sochilgan radiatsiya oqimi zichligi, Vt/m^2 ; F_o – nur yutuvchi sirt maydoni, m^2 ; Q_{tp1} i Q_{tp2} – yuqori va quyi kanallardagi issiqlik yo'qotish, Vt ; G_t va G_v – issiqlik tashuvchi va havo massa sarfi, kg/s ; S_t i S_v – issiqlik tashuvchi va havo solishtirma issiqlik siqimi, kJ/kgK ; t_{t0} va t_{t1} – issiqlik tashuvchi boshlanqich va oxirgi temperaturasi, K ; t_n va t_{v1} –havoningtashqi (boshlanqich) va oxirgi temperaturasi, K . Insolyatsiya bo'lmaganda foydali issiqlik miqdori sentyabrda $Q_{pl}=124 \div 154 Vt/m^2$, oktyabrda $Q_{pl} =146 \div 176 Vt/m^2$ bo'ladi. Insolyatsiya davrida foydali issiqlik miqdori sentyabr-oktyabrda $Q_{pl} =200 \div 336 Vt/m^2$ gacha oshadi, bu erda: Q_t – issiqlik tashuvchi issiqligi, j ; Q_v –havo issiqligi, j ; Q_{tp} – yiqindi issiqlik yo'qotish, j ; Q_{pg} – yutilgan quyosh radiatsiyasining yiqindi issiqligi, Vt ; . Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- quyosh qavoqizdirgichda issiqlik almashuv dinamik rejimining matematik modeli ishlab chiqilgan va u quyidagi tenglamalar tizimidan iborat:

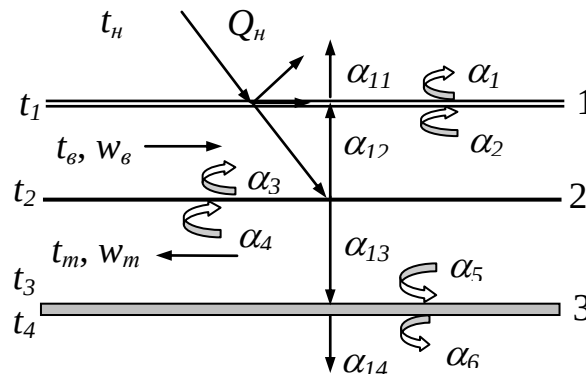
$$dQ_t/d\tau = \alpha_4 F (t_t - t_2) + \alpha_5 F (t_t - t_3); \quad (4.143)$$

$$dQ_o/d\tau = \alpha_3 F (t_2 - t_o) + \alpha_2 F (t_1 - t_o); \quad (4.144)$$

$$dQ_t/d\tau = G_t C_t (t_{t0} - t_{t1}); \quad (4.145)$$

$$dQ_o/d\tau = G_o C_o (t_{o1} - t_n); \quad (4.146)$$

$$dQ_{\tau}/d\tau + Q_{ng} = dQ_{\theta}/d\tau + dQ_{tn} d\tau, \quad (4.147)$$



1-oyina; 2-issiqlik qabul qilgich; 3-tub.

4.10- rasm. Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich - quyosh havoqizdirgich sistemasining issiqlik balansini tashkil etuvchilar sxemasi.

Chegara shartlari sifatida shishali qoplama 1, issiqlik qabul qilgich 2 va tub 3 sirtlardagi issiqlik balans tenglamalar bo'ladi (4.10-rasm):

$$\alpha_{12}(t_2 - t_1) + Q_{n21}/F_o = \alpha_1(t_1 - t_h) + \alpha_{11}(t_1 - t_o) + \alpha_2(t_1 - t_6); \quad (4.148)$$

$$\alpha_4(t_m - t_2) + Q_{n22}/F_o = \alpha_3(t_2 - t_6) + \alpha_{12}(t_2 - t_1) + \alpha_{13}(t_2 - t_3); \quad (4.149)$$

$$\alpha_5(t_m - t_3) + \alpha_{13}(t_2 - t_3) = \sum_j \frac{\lambda_j}{\delta_j} (t_3 - t_4) = \alpha_6(t_4 - t_h) + \alpha_{14}(t_4 - t_n), \quad (4.150)$$

Bu yerda $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ – 1, 2, 3 sirtlardagi konvektiv issiqlik berish koeffitsientlari, $Vt/(m^2 K)$; $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{14}$ – 1, 2, 3 sirtlardagi nurlanish issiqlik berish koeffitsientlari, $Vt/(m^2 K)$; Q_{n21} va Q_{n22} – oyna va issiqlik qabul qilgich yutadigan issiqlik, Vt ; F – quyosh havoqizdirgich sirti maydoni, m^2 ; t_h va t_n – kanallardagi havo va issiqlik tashuvchi o'rtacha temperaturasi, K ; t_1, t_2, t_3 – 1, 2, 3 sirtlar temperaturasi, K ; λ – qatlam issiqlik berish koeffitsiyenti, $Vt/(m K)$; δ – qatlam qalinligi, m . (12)-(14) tenglamalar tizimining echimi:

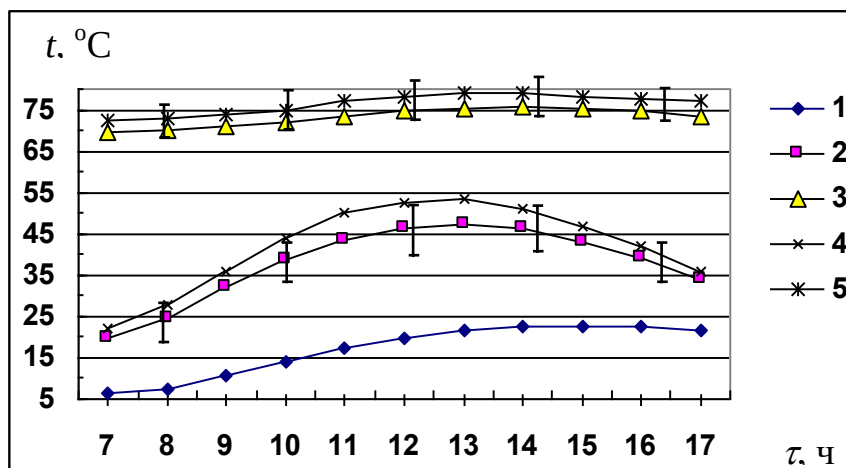
$$t_m = \frac{1}{K_m} (L_m \exp E_m + M_m \exp E_6 - Q_{n2}/F_o - N_m t_h); \quad (4.151)$$

$$t_6 = \frac{1}{K_6} (L_6 \exp E_m + M_6 \exp E_6 + Q_{n2}/F_o + N_6 t_h). \quad (4.152)$$

Matematik modelning ishonchligi rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- qqq temperaturali rejimining eksperimental ma'lumotlari bilan tasdiqlanadi (4.11-rasm). Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- quyosh havoqizdirgichni gidravlik hisoblash metodikasi ishlab chiqilgan. Diffuzor-konfuzor, havoo'tkazgichlar va ventilyatorlar birgalikda rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich-quyosh qavoqizdirgichni ikkita mustaqil qismdan iborat bo'lgan gidrodinamik tizimini tashkil etadi: 1-quyosh havoqizdirgich, 2-rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich. Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- quyosh qavoqizdirgich tizimida bosim yo'qotishlar

$$\Delta P_{\theta} = \sum \Delta P_{\theta m} + \sum \Delta P_{\theta M}; \quad (4.153)$$

$$\Delta P_m = \sum \Delta P_{mm} + \sum \Delta P_{mM}, \quad (4.154)$$



1- tashqi havo temperaturasi t_h ; 2- t_θ ba 3- t_m –eksperimental qiymatlar; 4- t_θ va 5- t_m –hisobiy qiymatlar.

4.11-rasm. 2008 y 13-15/X uchun $w_m=0,3$ m/s da havo t_θ va issiqlik tashuvchi t_m o'rtacha temperaturalarining o'zgarishi.

gidravlik ishqalanish qarshiliklarda bosim yo'qotishlar

$$\Delta P_{\theta mi} = \zeta_i \frac{L_i}{d_{\theta i}} \frac{\rho_\theta w_i^2}{2}; \quad (4.155)$$

$$\Delta P_{m mi} = \zeta_i \frac{L_i}{d_{mi}} \frac{\rho_m w_i^2}{2}, \quad (4.156)$$

mahalliy qarshiliklarda bosim yo'qotishlar

$$\Delta P_{\theta mi} = \sum \zeta_i \frac{\rho_\theta w_i^2}{2}; \quad (4.157)$$

$$\Delta P_{m mi} = \sum \zeta_i \frac{L_i}{d_{mi}} \frac{\rho_m w_i^2}{2}, \quad (4.158)$$

tizimidagi qavo va issiqlik tashuvchilarning qajmiy sarfi

$$V_{\theta n} = V_{\theta 1} n = w_\theta F n; \quad (4.159)$$

$$V_{m n} = V_{m 1} n = w_m F n, \quad (4.150)$$

bu erda $\Sigma \Delta P_{BT}$ va $\Sigma \Delta P_{BM}$ – quyosh havoqizdirgich mahalliy va gidravlik qarshiliklarida bosim yo'qolishi, Pa; $\Sigma \Delta P_{TT}$ ba $\Sigma \Delta P_{TM}$ – rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich mahalliy va gidravlik qarshiliklarida bosim yo'qolishi, Pa; ζ_i - ishqalanish gidravlik qarshilik koeffitsiyenti; ζ_i – mahalliy gidravlik qarshilik koeffitsiyenti; ρ_θ va ρ_m – havo va issiqlik tashuvchi zichligi, kg/m³; w_θ va w_m –havo va issiqlik tashuvchi oqimi zichligi, m/s; V_{B1} va V_{T1} –rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- quyosh havoqizdirgichning bitta modulida havo va issiqlik tashuvchining hajmiy sarfi, m³/s; Π –rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich- quyosh havoqizdirgich modullari soni.

Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich-quyosh havoqizdirgich kanallardagi havo va issiqlik tashuvchilarning oqim tezligi $w_\theta=w_m=0,2 \div 0,35$ m/s oralig'ida qabul qilingan. Bu tezliklar oralig'ida kanallarda Re soni havo uchun $2040 < Re_\theta < 3600$ va issiqlik tashuvchi uchun $1700 < Re_m < 3000$ tashkil etadi. Kanallarda havo va issiqlik tashuvchilarning oqim rejimi laminar-o'tuvchi va gidravlik sillik hisoblanadi. Diffuzor, konfuzor va havoo'tkazgichlarda havo va issiqlik tashuvchilarning oqim tezliklari kanallardagi oqim w_θ va w_m tezliklarga hamda rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich-quyosh havoqizdirgich modullari Π soniga bog'liq bo'lgan holda o'zgaradi. Diffuzor-konfuzor va havoo'tkazgichlarda havo va issiqlik tashuvchilarning ohim rejimi utuvchi-turbulent va gidravlik sillik hisoblanadi.

Rekuperativ issiqlik o'zlashtirgich rejimida eksergetik FIK $\eta_s=13,3 \div 14,1$ % (sentyabr) va $\eta_s=15 \div 15,5$ % (oktyabr) oralig'ida o'zgaradi. Insolyatsiya davrda eksergetik FIK $\eta_s=3,1 \div 4$ % (sentyabr) va $\eta_s=3,6 \div 5$ % (oktyabr) gacha tushadi. Energetik ko'rsatgichlar buyicha $w_e=w_m=0,3$ m/s bo'lganda optimal chekli modullar soni $n=46 \div 48$ tani tashkil etadi.

4.9-§. Murakkab issiqlik almashish

Tegishish vositasida issiqlik uzatish koeffitsiyenti α_t ko'p faktorlarga bog'liq, bu esa buni aniqlashtirishni ancha qiyinlashtiradi. Masalan, ma'lumki muhitning harakati laminar yoki turbulent bo'lishi mumkin. Laminar oqimda muhitdan devorga juda kam issiqlik uzatiladi va asosan, issiq o'tkazuvchanlik orqali sodir bo'ladi. Turbulent harakatida esa muhit bilan devor o'rtasidagi issiqlik almashishi laminar harakatiga nisbatan intensivroq sodir bo'ladi. Muhitning uyurmali harakati tufayli issiqlikni uzatish konvektiv yo'l bilan amalga oshiriladi. Lekin devorda hamma vaqt chegara qatlami bo'lib, bu qatlamda laminar harakat saqlanib qoladi. Qatlamning qalinligi oqimning o'rtacha tezligiga bog'liq; tezlik oshishi bilan u kamaya boradi.

Turbulent rejimda issiqlik uzatish chegara qatlam bilan boshlanadi. Bu qatlam orqali issiqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik orqali uzatiladi.

Barqaror rejimda bir soat davomida jism yuzasining elementi qabul qilgan issiqlik miqdori:

$$dQ = \alpha_m (t - t_d) dF \quad (4.151)$$

bu yerda t – muhitning o'rtacha temperaturasi. Chegara qatlamini yassi devor deb faraz qilib, quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$dQ = \lambda_c \frac{(t - t_d)}{\delta} dF \quad (4.152)$$

bu yerda δ - chegara qatlamining qalinligi. Bu ifodani (4.137) ifoda bilan taqqoslab, quyidagini hosil qilamiz.

$$\alpha_t = \frac{\lambda_c}{\delta} \quad (4.153)$$

Demak, turbulent rejimda suyuqlikdan (muhitdan) jism yuzasiga issiqlik berish koeffitsiyenti suyuqlikning issiq o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ_c va chegara qatlam qalinligi δ bilan aniqlanar ekan. α_t koeffitsiyenti umumiy holda ko'p faktorlarga: muhit harakatining tezligi, muhitning solishtirma og'irligi, temperaturasi va tabiatiga (qovushqoqligi, issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik sig'imi), issiqlik oqimining yo'nalishi, yuzaning shakli, g'adir-budirlik darajasiga va shu kabilar bog'liq. Shuning uchun α o'xshashlik qonunidan foydalanib, faqat tajriba yo'li bilan topiladi. Shunday qilib, murakkab issiqlik almashish jarayoni ikki tashkil etuvchi jarayonga bo'linadi: tegishish bilan issiqlik almashish va nur chiqarish bilan issiqlik almashish. Bularni amalda quyidagi ko'rinishda yozish mumkin. Nur chiqarish bilan uzatilgan issiqlik:

$$q_i = \tilde{N}_{1-2} \left[\left(\frac{\dot{Q}_p}{\dot{Q}_{100}} \right)^4 - \left(\frac{\dot{Q}_i}{\dot{Q}_{100}} \right)^4 \right] \quad (4.154)$$

Bu yerda T_y - jism yuzasidagi K dagi temperatura. T_m - muhitning K dagi temperaturasi. Tegishish orqali uzatilgan issiqlik:

$$dQ = \alpha_m (t_{io} - t_m) \quad (4.155)$$

Umumiy issiqlik

$$q = q_m + q_r \quad (4.156)$$

yoki

$$\alpha(\dot{Q}_p - \dot{Q}_i) = \alpha_t (T_p - \dot{Q}_{100}) + \tilde{N}_{1-2} \left[\left(\frac{T_p}{\dot{Q}_{100}} \right)^4 - \left(\frac{T_i}{T_{100}} \right)^4 \right] \quad (4.157)$$

bu yerda

$$\alpha = \alpha_t + \alpha_m \quad (4.158)$$

$$\alpha_i = \frac{\tilde{N}_{1-2} \left[\left(\frac{T_p}{T_{100}} \right)^4 - \left(\frac{T_i}{T_{100}} \right)^4 \right]}{t_p - t_i}; \quad \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot ^\circ \text{C}} \right] \quad (4.159)$$

Demak issiqlik berishning umumiy (foydali) koeffitsiyenti α , tegishish va nur chiqarish bilan issiqlik almashishni xarakterlovchi faktorlar yigindisiga bog'liq bo'lgan juda murakkab kattalik.

Eksperimental tadqiqotlarda issiqlik berish koeffitsiyenti α aniqlanadi, α_t ning kattaligi esa quyidagicha topiladi:

$$\alpha_t = \alpha - \alpha_M \quad (4.160)$$

Ishlayotgan qurilmalarda α ni bevosita aniqlash ancha qiyin masala. Shu bilan birga tajribadan olingan α ning qiymati faqat ayni shu xususiy holni xarakterlaydi va boshqa issiqlik qurilmalariga tadbiiq etib bo'lmaydi. Bu masalani yechish o'xshashlik nazariyasi tufayli osonlashadi.

Yuzalardan bo'ladigan nurlanish ayrim yo'nalishlar buyicha Lamberg qonuni asosida aniqlanadi. Bu qonunga asosan elementar dF_1 yuzadan dF_2 yuzaga tomon bo'ladigan nurlanish dQ_n normal yo'nalish bo'yicha uzatiladigan nurlanish energiya miqdorini $d\omega$ fazoviy burchak va $\cos\varphi$ ga ko'paytmasiga proporsional bo'ladi.

$$dQ_\varphi = dQ_n d\cos\varphi \text{ [kj/soat]} \quad (4.161)$$

yoki

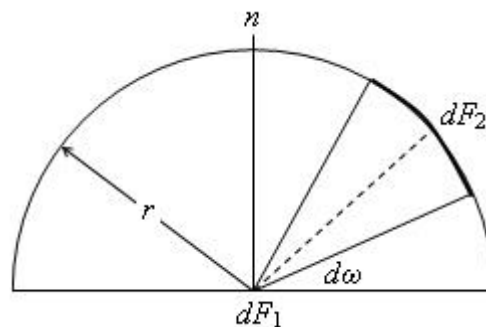
$$dQ_\varphi = E_n d\omega d\cos\varphi dF_1 \text{ [kj/soat]} \quad (4.162)$$

Lamberg qonuniga asosan nurlanishning eng katta miqdori normal yo'nalishda $\varphi=0$ bo'lgan holatga mos keladi. φ burchakning qiymati ortib borishi bilan nurlanish miqdori kamayib boradi va $\varphi=90$ bo'lganda nolga tang bo'ladi.

(4.162) formula Lamberg qonunining to'la matematik ifodalanishidir. Ammo bu formulada E_n ning qiymati nama'lum bo'lib qolmoqda. E_n ning qiymatini aniqlash uchun yarim sferada yotuvchi dF_1 va dF_2 elementar sirtlar orqali muvofiqlashtirib

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (4.163)$$

formulaga asosan ifodalaymiz. 4.9-rasmdan φ – yassi burchak S/r -nisbatan aniqlanadi. S -yoy sirti.



4.9-rasm

Elementar dS yoy sirtini r sfera radiusiga nisbati $d\varphi$ bilan belgilanib, bu yassi kichik burchakni xarakterlaydi. Shuningdek ω -mujassam burchakni sferik sirt f orqali quyidagicha ham aniqlash mumkin.

$$\omega = \frac{f}{r^2} \text{ yoki } \omega = \frac{df}{r^2} \quad (4.164)$$

Agar sferik koordinata ψ ni nur uzoqligi bilan belgilasak, u holda φ - qutblanishi masofasi ψ , $\psi + \Delta\psi$ oraliqda φ , $\varphi + d\varphi$ ga teng bo'lib, juda kichik mujassam burchak $d\omega$, sferaning radiusi r va turtburchakli elementar sferik sirti dF orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$d\omega = \frac{dF}{r^2} = \sin \varphi d\varphi d\psi \quad (4.165)$$

(4.165) ni (4.164) ga qo'ysak

$$dq_\varphi = E_n dF_1 d\psi \sin \varphi \cos \varphi d\varphi \quad (4.166)$$

bu tenglamani $\varphi=0$ dan 2π gacha integrallaymiz:

$$dq = E_n dF_1 \int_{\psi=0}^{2\pi} d\varphi \int_{\psi=0}^{\pi/2} \sin \varphi \cos \varphi d\varphi \quad (4.167)$$

$$dq = E_n dF_1 2\pi \left[\frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right]_0^{\pi/2} \pi E_n dF_1 = \pi dq_n \quad (4.168)$$

(4.163) formulaga asosan bu tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$dq = E_n dF_1 = C \left[\frac{T}{100} \right]^4 dF_1 = \varepsilon C_0 \left[\frac{T}{100} \right]^4 dF_1 \quad (4.169)$$

(4.168) va (4.169) tenglamalarning chap tomoni teng bo'lgani uchun o'ng tomonini tenglashtiramiz va E_n ni aniqlaymiz:

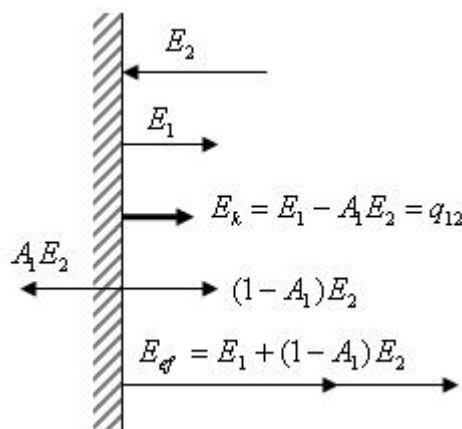
$$A_n = \frac{E}{\pi} = \frac{1}{\pi} C \left[\frac{T}{100} \right]^4 = \frac{C}{\pi} C_0 \left[\frac{T}{100} \right]^4 \quad (4.170)$$

Bundan ko'rinadiki, sferik sirtning nur chiqarish qobiliyati normal yo'nalishda bo'lsa, to'la nur chiqarish qobiliyatidan π marta kichik bo'ladi. (4.170) formulani (4.162) ga qo'ysak, u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$dq = \frac{E}{\pi} C_0 \left[\frac{T}{100} \right]^4 d\omega dF_1 \cos \varphi \quad (4.171)$$

Bu formula yordamida sirtlar orasida issiqlik nurlanishining asosiy qiymatini hisoblash mumkin. Nurlanish, nurning yutilishi va sochilish qonunlarini hamda nurlanishning yo'nalishiga bog'liqligini ifodalovchi qonuniyatlardan jismlar orasida nurlanish bilan amalga oshadigan issiqlik almashinuvi tenglamasini keltirib chiqarish mumkin.

Agar jism bir-biridan biror masofada joylashgan bo'lsa, ular orqali issiqlik almashinuvi natijasida energiya atrof muhitga ma'lum miqdorda yo'qotiladi. Bu sistemada issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha ifodalanadi (4.10-rasm).



4.10-rasm. Issiqlik nurlanishini amalga oshirish jarayoni.

$$q_1 = E_{1y\phi} - A_{2y\phi} = A_1 - A_1 A_{2y\phi} \left[\frac{kJ}{m^2 \text{ soat}} \right] \quad (4.172)$$

bu yerda E_1 - jismning xususiy issiqlik nurlanish energiyasi; $\text{kJ/m}^2 \text{ soat}$; $E_{1\text{эф}} = E_1 + (1-A_1) E_{2\text{эф}}$ - jismning effektiv nurlanish energiyasi; $\text{kJ/m}^2 \text{ soat}$, $E_{2\text{эф}}$ - jismga tashqaridan beriladigan nurlanish energiyasining effektiv miqdori, $\text{kJ/m}^2 \text{ soat}$.

Jismga tashqaridan tushuvchi nurlanish energiyasining miqdori piranometr yoki aktinometr yordamida o'lchanadi.

Agar jism joylashgan atrof-muhitning temperaturasi va nur tushush darajasi ma'lum bo'lsa, u holda nazariy hisoblashlar yordamida aniqlanadi.

Issiqlik texnikasida jismlar orasida issiqlik nurlanishi bilan bo'ladigan issiqlik almashinuvi aniqlashda jismlarning sirt o'lchamlari, temperaturasi ma'lum bo'lishi kerak. Bu holatda qo'yilgan masalani yechishda jismlarning o'lchami, shakli, o'zaro joylashishi, oralaridagi masofa va ularning oralik darajasi hisobga olinadi.

Jismlar orasida nurlanish bilan bo'ladigan issiqlik almashinuvi murakkab jarayon bo'lib, nurning bir necha marta jismlar sirtidan qaytishi, yutilishi va sochilishi sodir bo'ladi. Quyidagi o'zaro parallel joylashgan nurlanish bilan issiqlik almashinuvi jarayonini qaraymiz. Bu jismlarni sirtlarini mos ravishda temperaturasini T_1 , T_2 ; nur chiqarish qobiliyatini E_1 , E_2 , nur yutish qobiliyatini A_1 , A_2 deb belgilaymiz.

1. Jismning sirtidan chiqaradigan nur energiyasini E_1 , A_2 qismini 2-jism yutadi va o'zidan $E_1(1-A_2)$ qismini qaytaradi.

2. Jismning sirtidan qaytgan $E_1(1-A_2) A_1$ nur energiyasini 1-jism sirti yutadi va

$$E_1(1-A_2)(1-A_1) \quad (4.173)$$

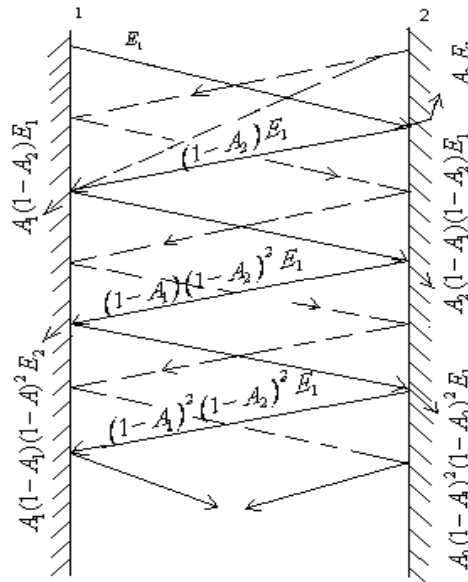
Bu energiya 2-jism sirtiga tushadi va uning

$$E_1(1-A_2)(1-A_1) A_2 \quad (4.174)$$

qismini yutadi. Shu energiya yana bir jismga tushadi va uning

$$E_1(1-A_2)^2(1-A_1) A_1 \quad (4.175)$$

qismini yutadi hamda bu jarayon uzluksiz davom etadi. Shuningdek mulohazani 2-jismdan nurlanish bilan issiqlik almashinuvi uchun ham keltirish mumkin, ya'ni 2-jism sirtidan nurlanadigan energiya miqdorini E_2 ; uning bir jismga yutilgan qismi $E_2 A_1$ va qaytgan qismi $E_1(1-A_1)$ va h.k. (4.11-rasm).



4.11-rasm.

Endi 1-jism sirtidan nurlanish yo'li bilan 2-jism sirtiga uzatiladigan q_{12} energiya miqdorini aniqlaymiz. Buning uchun 1-jism sirtidan 2-jism sirtiga uzatiladigan nur energiyaisi E_1 ni hisoblaymiz.

Shuningdek, bu energiyaning bir qismini 2-jism yutadi va E_2 qismi 1-jism sirtiga qaytadi. yig'indi energiya miqdori:

$$A_1(1 + p + p^2 + \dots)(1-A_2) A_1 \quad (4.176)$$

Soddalashtirish uchun $(1-A_2)(1-A_1) = P$ deb belgilab oldik. Demak, $P < 1$ bo'lsa, u holda cheksiz kamayuvchi geometrik progressiya qatori

$$1 + \delta + \delta^2 + \dots = \frac{1}{1 - \delta} \quad (4.177)$$

bilan hisoblanadi. Bu tenglikni (4.173) ga qo'ysak, 1-jismdan nurlanadigan energiya miqdori

$$\frac{\dot{A}_1(1 - A_2)\dot{A}_1}{1 - \delta} \quad (4.178)$$

hosil bo'ladi. 2-jism uchun

$$\dot{A}_1\dot{A}_1(1 + \delta + \delta^2 + \dots) = \frac{\dot{A}_2\dot{A}_1}{1 - \delta} \quad (4.179)$$

tenglik hosil bo'ladi. (4.178) va (4.179) formulalar asosida q_{12} ni

$$q_{12} = E_1 - \frac{E_1(1 - A_2)\dot{A}_1}{1 - p} - \frac{E_2\dot{A}_1}{1 - p} \quad (4.180)$$

yoki bu formulani maxrajdagi 1-p qiymatining yoyilmasini e'tiborga olsak, (4.159) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$1 - p = 1 - (1 - A_1 - A_2 + A_1 A_2) = A_1 + A_2 - A_1 A_2 \quad (4.181)$$

U holda (4.181) formula quyidagi ko'rinishni oladi;

$$q_{12} = \frac{\dot{A}_1\dot{A}_2 - \dot{A}_2\dot{A}_1}{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_1\dot{A}_2} \quad (4.182)$$

Agar jismning sirtidagi E_{1ef} va E_{2ef} effektiv nurlanish energiyalarini (4.158) formulaga muvofiq quyidagicha ifodalaymiz:

$$q_{12} = E_{1ef} - E_{2ef} \quad (4.183)$$

bu yerda

$$\begin{aligned} E_{1ef} &= E_1 + (1 - A_1) E_{2ef} \\ E_{2ef} &= E_2 + (1 - A_2) E_{1ef} \end{aligned} \quad (4.184)$$

Bu tenglamani E_{1ef} va E_{2ef} larga nisbatan yechamiz hamda hosil bo'lgan quyidagi tenglamalari

$$\begin{aligned} \dot{A}_{1ef} &= \frac{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_1\dot{A}_2}{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_1\dot{A}_2} \\ \dot{A}_{2ef} &= \frac{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_2\dot{A}_1}{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_1\dot{A}_2} \end{aligned} \quad (4.185)$$

(4.185) ni (4.183) ga qo'yamiz:

$$q_{12} = \frac{\dot{A}_1\dot{A}_2 - \dot{A}_2\dot{A}_1}{\dot{A}_1 + \dot{A}_2 - \dot{A}_1\dot{A}_2} \quad (4.186)$$

Bu formula 1- va 2-jism orasidagi nurlanish energiyasi bilan issiqlik almashinuvini ifodalaydi.

$$\dot{A} = \tilde{N} \left(\frac{\dot{O}}{100} \right)^4$$

formulaga asosan 1- va 2-jismlar uchun E_1 va E_2 ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E_1 = A_1 C_0 (T_1 / 100)^4 \text{ va } E_2 = A_2 C_0 (T_2 / 100)^4 \quad (4.187)$$

Shunday qilib, natijaviy tenglamani hosil qilamiz:

$$q_{12} = \dot{A}_n \tilde{N}_0 \left[\left(\frac{\dot{O}_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{\dot{O}_2}{100} \right)^4 \right] = \tilde{N}_n \left[\left(\frac{\dot{O}_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{\dot{O}_2}{100} \right)^4 \right] \left[\frac{kJ}{m^2 soat} \right] \quad (4.188)$$

$$A_n = \frac{1}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} - 1} \quad (4.189)$$

$$C_n = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \quad (4.190)$$

Bu formulalar parallel yassi sirtlar orasida issiqlik nurlanishi orqali issiqlik almashinuvini ifodalaydi, bunda A_n va C_n lar jismlarning keltirilgan nur yutish va nur chiqarish koeffitsiyentlari deyiladi.

Umumiy sirt bo'yicha 1- va 2-jismlarning sirtlari orasidagi nurlanish yo'li bilan bo'ladigan issiqlik almashinuvi formulasi:

$$Q_{12} = \varepsilon_n C_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad \left[\frac{kJ}{soat} \right] \quad (4.191)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Bu yerda

$$\varepsilon_n = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (4.192)$$

ga tengdir.

Agar quyosh nuri jism sirtiga, xususan quyosh meva quritgichining tiniq sirtiga tushadigan bo'lsa, unda nurlanish natijasida sodir bo'ladigan almashinuvidagi energiyaning umumiy miqdorini quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$Q_{12} = \varepsilon_n C_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] - A_{1(s)} F_0 E_s \quad \left[\frac{kJ}{soat} \right] \quad (4.193)$$

bu yerda T_1 – quyosh meva quritgichi tiniq yuzasi (plyonka yoki shisha) ni ichkarisidagi temperaturasi, K. T_2 – quyosh meva quritgichi tiniq yuzasi tashqarisidagi atmosfera temperaturasi, K. E_s – quyoshdan tiniq yuzaga tushadigan nur energiyasi, kJ/m^2 soat. A_{1s} – quyosh meva quritgich qurilmasi tiniq yuzasining nur yutish qobiliyati, (jadvallardan olinadi). F_1 – nurni qaytaruvchi jismning (plyonka va shishaning) yuzasi, m^2 . F_0 – quyosh nuri tushadigan tiniq sirt, m^2 .

V BOB. QUYOSH ENERGIYASINI AKKUMULYATSIYALASH

5.1-§. Issiqlik akkumulyatorlari

Ma'lumki energiya manbalarining yerdagi zahirasi chegaralangan. Agar yoqilg'ining bir yil davomida sarf qilish darajasini 2000 yillarga mo'ljallangan miqdorda (25 milliard tonna) olinsa va undan hozirgi darajada foydalanib borilsa, ularning zahirasi 140-150 yil davomida iste'mol qilishga yetishi mumkin. Bu tarixan juda qisqa muddatdir, albatta.

Shuning uchun ham yoqilg'i energetika balansi strukturasi yaxshilash muhim vazifa hisoblanadi. Yoqilg'i sifatida neft mahsulotlari o'rniga gaz va ko'mirdan, joylarda atom energiyasi, jumladan, tez neytronlar bilan ishlaydigan reaktorlardan foydalanishni keng yo'lga qo'yish mazkur vazifani amalga oshirishning zarur talablaridir.

Shu maqsadda atom va gidroelektrostansiyalar, issiqlik hamda quyosh elektrostansiyalarini qurishga katta ahamiyat berilmoqda. Davrimizning gigant inshootlaridan bo'lmish janubiy Ukrainadagi atom elektrostansiyasi, Tallimarjon kombinatsiyalashgan issiqlik elektrostansiyasi va boshqa energetik obyektlarning tez sur'atlar bilan qurilishi buning yaqqol isbotidir.

Ma'lumki, juda katta va tuganmas energiya resurslaridan biri quyosh energiyasidir. Quyosh nurining faqatgina bizning sayyoramizga tushayotgan ulushining quvvati $2 \cdot 10^{14}$ kilovattni tashkil qiladi.

Quyosh energiyasidan xalq xo'jaligida samarali foydalanishga BMT ham katta e'tibor bermoqda. YUNESKO tashabbusi bilan o'tkazilgan konferensiyalarda shu sohada olib borilayotgan ko'pgina materiallar umumlashtiriladi va kelajakdagi muammolar muhokama qilinadi.

Mamlakatimizda keyingi yillarda quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan qurilmalarning kompleks programmasiga asosan 20 dan ortiq gelioqurilmaning loyihasi ishlab chiqildi. Jumladan, geliotexnik olimlar Qrimda energiya ishlab chiqarish darajasi 500 mvt·soat bo'lgan gelioqurilmani ishga tushirdilar. O'zbekiston fanlar akademiyasi Fizika-texnika instituti olimlari tomonidan yaratilgan yuqori temperaturada ishlaydigan quyosh pechi amaliy sinovdan o'tkazilib ishlab chiqarishga tavsiya etildi.

Xalq xo'jaligida, ayniqsa qishloq xo'jaligida quyosh energiyasidan foydalanish borasida bir qator gelioqurilmalar qurilib sinovdan o'tkazildi. Jumladan, quyosh energiyasi hisobiga ishlaydigan geliosuvsitgichlar, xonalarni isitish va issiq suv bilan ta'minlovchi qurilmalar, quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantiruvchi quyosh batareyalari, quyosh nurining fotosintez ta'siriga asoslangan xlorella yetishtiruvchi qurilmalar, sterling dvigateli va avtonom gelioenergiya qurilmalari, quyosh suv chuchitkicklari, chigit nurlantiruvchi konsentratorlar, quyosh sovutkichlari, gelioquritgichlar, gelioparniklar, geliopteplitsalar va shularga o'xshash qurilmalarni ko'rsatish mumkin.

Markaziy Osiyoning, xususan, respublikamizning janubiy regionlarida parnik va issiqxonalarni quyosh nuri yordamida isitish va shuning hisobiga bir qism yoqilg'ini tejash imkoniyati mavjuddir. Masalan, geografik kengligi 39^0 bo'lgan joylarda isitiladigan issiqxonalarning bir kvadrat metr ekin maydoni uchun 1 yilda 2500-3500 kg shartli yoqilg'i (toshko'mir) yoki $110-120\text{ m}^3$ gaz sarflanadi.

Demak, quyosh energiyasidan ratsional miqdorda foydalanilsa, shuncha miqdordagi yoqilg'ini tejash va sarflanadigan xarajatlarni kamaytirish mumkin. Agar meva quritish uchun oddiy quritgichlarda sarflanadigan yoqilg'i miqdorini hisobga olsak, tejalishi mumkin bo'lgan yoqilg'ining salmog'i yanada oshadi. Masalan, bug' yordamida mevalarni quritadigan PSK-20 quritgichida bir tonna quritilgan mahsulot olish uchun 200 kilogramm yoqilg'i sarflanadi.

Shuning uchun ham bu yerda asosan kunduzgi quyosh energiyasini to'playdigan issiqlik akkumulyatorli qurilmalar haqida kengroq to'xtalamiz.

Quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash faqatgina geliouylar, gelioparniklar, gelioissiqxonalar uchun zarur bo'lmasdan, balki quyosh quritgichlari uchun ham katta ahamiyatga ega.

Ma'lumki, quyosh quritgichlari asosan kunduzi ishlaydi, quyosh quritgichlarida quritishni kechayu-kunduz davomida amalga oshirilishi uchun ularga issiqlik akkumulyatorini joylashtirish kerak bo'ladi.

Ma'lumki, quyoshning og'ish burchagi o'zgarib turganligi sababli yer yuziga tushadigan energiya miqdori ham o'zgarib turadi. Bu esa o'z navbatida geliouylar va gelioissiqxonalarni isitishga salbiy ta'sir etadi. Ikkinchidan, yoz oylarida kun uzoq bo'lganligi uchun quyoshdan energiya tushish davri ham uzun (yer sirti 14 soat davomida yoritilib turadi), qish oylarida esa qisqa (er sirti 9 soat davomida yoritilib turadi) bo'ladi.

Qish oylari quyoshning og'ish burchagi manfiy qiymatlarni olgani uchun uning balandligi ham kamayadi. Demak, energiya ko'proq o'tishi uchun uni qabul qiluvchi yuzalarning gorizontga nisbatan qiyaliklarini o'zgartirib turish kerak, ya'ni quyosh nurlariga nisbatan tik holatga keltirish zarur.

Agar gelioqurilma tiniq yuzasining gorizontga nisbatan qiyaligini texnik sabablarga ko'ra o'zgartirish imkoni bo'lmasa, qish paytida ishlashga mo'ljallangan gelioqurilmalar, masalan, geliouylar, gelioissiqxonalar tiniq yuzalarining qiyalik burchaklari o'sha joyning geografik kengligiga qarab, qishda $\alpha_1 = \phi + \delta$, yozda esa $\alpha_2 = \phi - \delta$ deb olinadi.

Qarshi tuman geografik kengligi $\phi = 39$ da qish oylari uchun $\alpha_1 = 32$, yoz oylarida $\alpha_2 = 16$ ga teng bo'lishi kerak.

Yoz oylarida ishlashga mo'ljallangan moslamalarni, jumladan, suv isitgichlar, meva quritgichlar va sho'r suvdan chuchuk suv olish qurilmalarning qiyalik burchaklari odatda kichik qilib olinadi.

Quyosh energiyasidan foydalanishning uchinchi kamchiligi – uning ob-havoga bog'liq bo'lishidir. Dastavval quyosh energiyasi miqdoriga atmosferaning tiniqligi ta'sir etadi. Atmosferaning quyosh nurlarini yutishi, sochishi va qaytarishini hisobga olib, yer yuzasiga tushadigan qismini Q_m ga teng deb olamiz. Agar quyosh doimiysini (atmosfera chegarasidagi miqdorini) Q_0 desak, ular orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$Q_m = K^m \cdot Q_0$$

K – atmosferaning tiniqlik koeffitsiyenti, m – quyosh nuri o'tadigan atmosfera massasi.

Ma'lumki, atmosferaning massa soni quyoshning gorizontdan balandligiga bog'liq. Masalan, $\alpha=0$ bo'lganda (quyosh gorizontda) $m=1$ ga teng bo'ladi. $\alpha=30^\circ$ bo'lsa $m=2$, $\alpha=90^\circ$ (quyosh zenitda) bo'lganda $m=35,4$ ni tashkil etadi.

Yer sirtining geografik kengligi, iqlimi, joylashishi va boshqalariga qarab joylarda bulutli va bulutsiz kunlarga bo'linadi.

Geliotexnika nuqtai nazaridan, gelioqurilmalar ochiq va yarim ochiq kunlarning soni 320 va undan ortiq bo'ladigan joylarda o'rnatilgan bo'lsa, juda yaxshi samara beradi.

Markaziy Osiyo respublikalarida, jumladan, O'zbekistonning janubiy regionlarida shunday kunlar soni yiliga 315-330 kunni tashkil etadi.

Yoz oylarida gelioqurilmalarga salbiy ta'sir etadigan to'rtinchi omil – chang-to'zonli shamoldir. Birinchidan, quyuq chang-to'zon ko'tarilganda, quyosh energiyasining tiniq yuzalarga tushishi kamayadi, ikkinchidan, qurilmaning yuzasiga chang o'tirib qoladi. Chang qatlami esa qurilma ichiga quyosh energiyasi o'tishiga to'sqinlik qiladi. Natijada qurilma xizmatchilarining ko'p vaqti shishani tozalashga sarflanadi.

Quyosh energiyasidan foydalanishda sodir bo'ladigan qiyinchiliklardan beshinchisi, uning sutka davomida o'zgarib turishidir, ya'ni gelioqurilmalar ichiga kun davomida quyosh energiyasi o'tib tursa-da, kechga yaqin energiya o'tishi to'xtaydi.

Yil va sutka davomida quyosh energiyasi o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan kamchiliklarni bartaraf etish yo'llari asosan quyidagilar:

a) kunduzi, quyosh energiyasining bir qismini ma'lum bir moslamalarda akkumulyatsiyalash va kechasi undan foydalanish;

b) qurilmaning issiqlik yo'qotishini kamaytirib uni minimum darajaga olib kelish.

Quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash muddati 4 ga bo'linadi: yillik akkumulyatsiyalash, mavsumli akkumulyatsiyalash, sutkali akkumulyatsiyalash, davriy akkumulyatsiyalash.

Yillik akkumulyatsiyalash issiq paytlarda quyosh energiyasini to'plab sovuq paytlarda mavsumli akkumulyatsiyalash, kuzda (3 oy davomida) quyosh energiyasidan to'plab, qishda (3 oy davomida) foydalanishdan iborat.

Sutkali akkumulyatsiyalashda qish va bahor oylarida kunduzi ichiga o'tgan quyosh energiyasining bir qismini to'plab kechasi quyosh botgandan so'ng foydalaniladi. Davriy akkumulyatsiyalashda 3-4 kun davomida quyosh energiyasini to'plab kechasi va bulutli kunlarda undan foydalanish, tashqi havo temperaturasi ko'tarilganda esa akkumulyatorni ajratish va zarur bo'lganda yana qo'shish kerak. Quyosh isitish sistemalarida asosan ikki xil akkumulyatordan foydalaniladi: 1-o'ziga issiqlikni qabul qilib oluvchi – issiqlik sig'imli akkumulyatorlar, 2) kimyoviy (izotermik) akkumulyatorlar.

Issiqlik akkumulyatorlarda issiqlik to'plovchi modda sifatida to'proq, qayroq tosh, g'isht, suv, beton, qum kabilar ishlatiladi. 5.1-jadvalda issiqlik sig'imli akkumulyatorlarda foydalanish mumkin bo'lgan moddalarning ba'zi bir konstantalari (doimiy miqdorlari) berilgan.

5.1-jadval

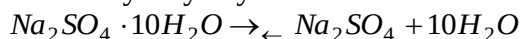
Moddalar	λ , Vt/t $^\circ\text{C}$	C, Kj/kg $^\circ\text{C}$	α , kg/m 3	$\alpha \cdot 10^2$ m 3 /s
----------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------	-------------------------------

Suv	1,2	1	2500	0,2
Shag'al	0,361	0,22	1840	0,00136
Beton	1,280	1,20	2000	0,00494
Pishiq g'isht	0,36	0,26	1200	0,00149
Tuproq	2,6	0,21	1900	0,46
Bazalt	1,8	0,20	3850	0,00492
Qum	1,130	2,09	1650	0,00492

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, issiqlik sig'imli akkumulyatorlar uchun eng qulay modda suv ekan, chunki suvning issiqlik sig'imi boshqa moddalarga qaraganda kattadir.

Olimlarning tekshirishiga ko'ra, qayroq toshli akkumulyatorlardan foydalanayotgan toshlarning diametri 2,5-3,5 sm bo'lishi kerak ekan. Aks holda issiqlik qabul qiluvchi yuza kamayib, akkumulyatorlarda gidravlik qarshilik kattalashadi va havoni haydaydigan ventilyatorlar quvvatini oshirishga to'g'ri keladi.

Kimyoviy akkumulyatorlarda issiqlik to'planishi va qaytib berilishi to'plovchi moddalarning agregat holatlari o'zgarishiga asoslangan bo'ladi. Ma'lumki, moddalar agregat holatlarining o'zgarishi doimiy temperaturada sodir bo'lgani uchun bunday akkumulyatorlar "izotermik akkumulyatorlar" deb ham yuritiladi. Masalan, sulfat natriy kristali kimyoviy o'zaro reaksiya natijasida issiqlikni akkumulyatsiyalaydi:



Bunda uning temperaturasi 32,3 °C da saqlanadi va sekinlik bilan tarkibida suv miqdori yo'qolib qiziydi. 5.2-jadvalda to'plovchi (akkumulyatsiyalovchi) modda sifatida foydalanish mumkin bo'lgan ba'zi noorganik tuzlar gidratlarning yashirish issiqligi keltirilgan.

5.2-jadval

Birlashma	Erish harorati, T, K	Erishilgan issiqlik, kJ/kg
CaCl 6 H O	302-303	214.3
NaCO 10 H O	305-319	260.8
NaCO 12 H O	309	266.5
Ca(NO) 4 H O	313-315	200
NaSO 10 H O	305	243.6
NaSO 5 H O	322-325	200

Issiqlik sig'imli akkumulyatorlar bilan kimyoviy akkumulyatorlarni solishtirish shuni ko'rsatadiki, ularda bir xil miqdorda issiqlik to'plash uchun turli hajmli modda olish zarur va teskarisiga 1 m³ hajmli modda turli xil energiya to'playdi. Masalan: 303 K da 1 m³ suvda 126000 kJ/m³; natriy sul'fati dekagidratida 357000 kJ to'planadi. Bu suvda to'planadigan energiya dan qariyb 62,8 marta ko'p demakdir.

Shuni ko'rsatib o'tish kerakki, geliouylar va gelioissiqlikxonalarini isitish uchun qurilgan akkumulyatorlarda issiqlik eltuvchi modda sifatida asosan issiq nam havodan, ba'zi hollardagina suvdan foydalaniladi.

Uylarni isitish uchun mo'ljallangan issiqlik akkumulyatorlaridan gelioparnik va gelioissiqlikxonalarda ham keng foydalanish mumkin.

Quyosh energiyasini elektr akkumulyatorlarida ham to'plash mumkin. Elektr akkumulyatorlari quyosh elektrostansiyalari territoriyasida joylashtiriladi. Elektr akkumulyatorlarining sig'imi shunday bo'lishi kerakki, kunduzi quyoshdan olingan energiya elektr energiyasi iste'molchisining kechasi ishlashini to'la qondira olsun. Buning uchun, birinchidan, kunduzi quyosh elektrostansiyasi ishlab chiqaradigan elektr energiyaning qariyb yarmi akkumulyatorlarni zaryadlashga berilishi kerak.

Ikkinchidan, elektr akkumulyatorlaridan transport vositalarida, masalan, gelioavtomobil, geliosamolyot, geliokater va boshqalarda foydalanish mumkin. Bularda ham kunduzi fotoelementlardan olinadigan bir qism elektr energiyani akkumulyatorni zaryadlashga beriladi, kechasi esa bu akkumulyatordan olingan energiya dvigatellarni harakatlantirishga sarflanadi.

Kelajakda, quyosh energiyasini akkumulyatsiyalashning yana bir qulay usuli uni ma'lum bir balandlikka joylashtirilgan maxsus havzalarda suv to'plashdan iborat. Buning uchun quyosh elektrostansiyasi ishlab chiqargan energiyaning bir qismi hisobiga maxsus nasoslar yordamida suv yuqori havzaga quyiladi, kechqurun generator elektr toki ishlab chiqara boshlaydi.

Navbatdagi muammo kun davomida gelioqurilmalarda to'plangan energiyani ertalabgacha saqlash bilan bog'liqdir. Mazkur tadbir asosan qurilmaning issiqlik yo'qotishini kamaytirish bilan amalga oshiriladi. Gelioqurilmalarda issiqlik yo'qotilishini hisoblash A.M.Shklover, K.F.Fokin va boshqalar tomonidan mukammal o'rganilgan. Buning uchun geliouy, gelioissiqxona, gelioquritgich va boshqa qurilmalarda teplo texnik hisoblash ishlarini olib borish hamda barcha qoplama devorlar uchun issiqlik oqimining kam yo'qotilishini ta'minlash kerak.

Tajribadan ma'lum bo'lishicha, gelioissiqxona va gelioquritgichning janubga qaratilgan tiniq yuzalari bir qavat shisha yoki poletilen plyonka bo'lsa, qurilma tezda sovib qoladi. Shuning uchun bunday gelioqurilmalarning shimol tomoni bir necha qatlamdan iborat teploizolyatsiya qatlamdan, janubga qaratilgan tiniq yuzalari esa bir-biridan 5-10 sm havo oralig'idagi ikki qavat shisha yoki polietilen plyonkali qatlamdan tayyorlanadi.

Gelioissiqxona-quritgichlardan yo'qotiladigan jami issiqlik miqdori quyidagicha ifodalanadi.

$$\Sigma Q_y = Q_m + Q_n + Q_\varphi + Q_t$$

bu yerda: ΣQ_y - jami yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_m - shisha yuza orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_n - Q_n issiqxonaning tiniq bo'lmagan yuzasi orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_φ - fundament orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_t - tirqishlar orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori.

Bunday hollarda jami yuzalarning issiqlik uzatish koeffitsiyenti $K=1,2-2,9 \text{ Vt/m}^2\text{K}$ bo'lsa issiqlik yo'qotilishi minimal miqdorda bo'lishiga erishiladi.

Tajribalar ko'rsatishicha, gelioissiqxonalarining tiniq yuzalari orasidagi qatlam qalinligi 4 sm va 6 smli polietilen plyonka bo'lganda namlik rejimlari normal bo'lishiga erishiladi, shunday qilib, issiqlik akkumulyatorlari past temperaturali gelioqurilmalar uchun, xususan geliouy, gelioissiqxona, gelioparniklar uchun muhim rol o'ynaydi.

Bir kunda gelioqurtxonada akkumulyatsiyalangan energiya hisobi:

$$\Sigma Q_{ak} + Q_{tup} + Q_{ekin} \quad (5.1)$$

bu yerda, Q_{ak} qayroq toshli issiqlik akkumulyatorlarda akkumulyatsiyalangan energiya miqdori. Q_{tup} -yer (tuproqdagi) akkumulyatsiyalangan energiya miqdori. Q_{ekin} -ekinlar (o'simlik)larda akkumulyatsiyalangan energiya miqdori.

Havoni majburan haydashda akkumulyator bilan olingan Q issiqlik miqdorini ko'rib chiqamiz. Havo va akkumulyator o'rtasidagi issiqlik almashishi uning kanallarida bo'lib o'tadi. Kunduzi t_1 temperaturagacha qizdirilgan havo tabiiy tortilishi bilan akkumulyator kanallari bo'ylab harakatlanadi va o'zini issiqligini ularning devorlariga beradi va sekin-asta t_2 temperaturagacha sovib boradi, tungi vaqtda esa teskari jarayon sodir bo'ladi. Akkumulyator bilan qizdirilgan havo issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q_{ak} = X \cdot F_k (t_1 - t_2) \quad (5.2)$$

bu yerda, X - Shaku davri bo'yicha issiqlik uzatish koeffitsiyenti. $t_1 - t_2$ davridagi akkumulyator kanalida qizdirilgan havoning o'rtacha temperaturasi. F_k - kanalning ichki sath (yuzasi) maydoni; t - kanal devorlarining o'rtacha temperaturasi.

Akkumulyatorning to'liq ish davri

$$T = \tau_H - \tau_{ox} \quad (5.3)$$

Bu yerda, τ_H - akkumulyator zaryadkasi davri. τ_{ox} - akkumulyatorning elektrsizlanish davri. X ning koeffitsiyentini aniqlash uchun Rummel formulasini qo'llaymiz: ξ - akkumulyator yonmayon turgan kanallar o'rtasidagi masofa.

ψ - Greber funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Psi(F_o) = \sqrt{\frac{F_o}{2\pi}} \cdot \sqrt{\frac{ch \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}} - \cos \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}}}{ch \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}} + \cos \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}}}} \quad (5.4)$$

bu yerda, F_o - Furye va Rovna kriteriysi. $F_o = \frac{\alpha \tau_0}{\chi^2} \psi$ funksiyani devorlaridan foydalanish koeffitsiyentidan hisoblanadi va 0,92-0,24 chegarasida (atrofida) namoyon bo'ladi: Tuproq va beton uchun u 0,68 ga teng. ξ - Rummel formulasi bilan hisoblanadigan o'lchovsiz koeffitsiyent.

$$Q_{\max} - Q_{\min} = \xi(Q_H - Q_{ox}) \quad (5.5)$$

Bu yerda, $Q_H - Q_{ox}$ va $\tau_H - \tau_{ox}$ - davrda akkumulyatordagi kanal devorlari yuzining o'rtacha temperaturasi. $Q_{\max}$ va $Q_{\min}$ - qizitish va sovutish davrining oxirida kanal devorlarining maksimal va minimal temperaturasi.

Butun isitish zichligi orqali zaryadlash va zaryadsizlash davrida akkumulyator devorlari va havo o'rtasida issiqlik almashuvida ishtirok etadigan umumiy issiqlik miqdorini quyidagi formulada ifodalanadi:

$$a) \text{ zaryadlash davrida } Q = \alpha \tau_H \cdot F_e(t-Q) \quad (5.6)$$

$$b) \text{ elektrsizlash davrida } Q' = \alpha' \tau_{ox}(Q-t') \quad (5.7)$$

Bu yerda, F_e – kanal devorlarining yuzasi. Bu formulaga kiradigan α va α' issiqlik uzatish koeffitsiyentini quyidagi teoremdan (nazariyadan) foydalanib aniqlash mumkin.

Issiqlik akkumulyatori ichida uning yuzasiga (sirtida) havo bilan tarqaladigan issiqlik uzatishni hisoblash uchun Bio $B_i = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ va Pekle $P_e = \frac{\sigma \cdot d}{a}$ kriteriysini qo'llaymiz. Bu yerda, d - kanal diametri, α -havoning issiqlik uzatuvchanlik koeffitsiyenti, α -v- havoning ms dagi harakat tezligi, α -temperatura uzatuvchanlik koeffitsiyenti.

Temperatura uzatuvchanlik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C_p \gamma_e} 9 \quad (5.8)$$

Bu yerda, C_p - doimiy bosimda havoning issiqlik sig'imi. γ_e – havoning solishtirma og'irligi.

Eslatib o'tilgan ikkala kriteriyni bog'lab turadigan funksional bog'lanishni olamiz.

$$B_i = f(P_e) \quad (5.9)$$

bunda

$$\gamma = \frac{\lambda}{d} \cdot f\left(\frac{\sigma d}{Q}\right) \quad (5.10)$$

Nusselt tadqiqotlari bo'yicha:

$$\gamma = c \cdot \lambda^{0,4} d^{0,21} (\sigma \cdot c \cdot \gamma)^{0,79}$$

Demak,

$$f = \left(\frac{\sigma \cdot d}{Q}\right) = C \left(\frac{\sigma \cdot d}{Q}\right)^{0,79} \quad (5.11)$$

bu yerda, C – koeffitsiyent taxminan 18 ga teng.

X va $C_1 \gamma$ kattalikdagi bosim va nam havo temperaturalarini Shaku qisqartirib quyidagi holatga keltirdi.

$$\gamma = \frac{3 \cdot \sigma^{0,8}}{4 \sqrt{d_m}} \left(\text{kkal} / \text{m}^2 \text{ soat } ^\circ K \right) \quad (5.12)$$

bu yerda, d_m – kanalning ekvivalent diametri.

5.2-§. Kimyoviy issiqlik akkumulyatorlar. Kimyoviy elementlarni fazaviy o'tishda kristall gidratlarni erish va qotishidagi issiqlik miqdori

Kimyoviy akkumulyatorlarda issiqlik to'planishi va qaytib berilishi to'plovchi moddalarning agregat holat o'zgarishiga asoslangan bo'ladi.

Ma'lumki, moddalar agregat holatlarining o'zgarishi doimiy temperaturada sodir bo'lgani uchun bunday akkumulyatorlarni *izotermik akkumulyatorlar* deb yuritiladi.

Masalan, sulfat natriy kristali kimyoviy o'zaro reaksiya natijasida issiqlikni akkumulyatsiyalaydi.



Bunda uning temperaturasi 32,3 °C da saqlanadi va sekinlik bilan tarkibidagi suv miqdori yo'qolib qiziydi. 5.3-jadvalda akkumulyatsiyalovchi modda sifatida foydalanish mumkin bo'lgan ba'zi noorganik tuzlar gidratlarning yashirin issiqligi keltirilgan.

5.3-jadval

Бирлашма	Эриш температураси Т, К	Эришилган иссиқлик, q _к кЖ/кг
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	302-303	174,3
$NaCO_4 \cdot 10H_2O$	305-319	260,8
$NaPO_4 \cdot 12H_2O$	309	266,5
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	313-315	200
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	305	243,6
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	322-325	200

Issiqlik sig'imli akkumulyatorlar bilan kimyoviy akkumulyatorlarni solishtirish shuni ko'rsatadiki, ularda bir xil miqdorda issiqlik to'plash uchun turli hajmli modda olish zarur va aksincha 1 m³ hajmli modda turli xil energiya to'playdi. Masalan, 303 K da 1 m³ suvda 120·000 kJ/m³, natriy sulfati dekagidratidan qariyb 2,8 marta ko'p issiqlik to'planadi.

Shuni qayd qilish lozimki, geliouylar va gelioissiqxonalarni isitish uchun qurilgan akkumulyatorlarda issiqlik eltuvchi modda sifatida asosan issiq quruq havo, ayrim gelioissiqxonalarda va geliouylarda issiq nam havodan, ba'zi hollarda suvdan foydalaniladi.

Quyosh energiyasini elektr akkumulyatorida ham to'plash mumkin. Elektr akkumulyatorlari quyosh elektrostansiyalari territoriyasida joylashtiriladi. Elektr akkumulyatori sig'imi shunday bo'lishi kerakki, kunduzi quyoshdan olingan elektr energiyasi iste'molchini kechasi to'la qondira olsun. Buning uchun, birinchidan, kunduzi quyosh elektrostansiyasi ishlab chiqaradigan elektr energiyaning qariyb yarmini akkumulyatorlarni zaryadlashga berish kerak.

Keyingi yillarda ikki komponentali kompozitsion kimyoviy akkumulyatorlar tuzli gidratlardan tayyorlanib keng qo'llanilmoqda.

Qo'yidagi 5.4-jadvalda qo'llaniladigan kompozitsion tuz gidratlaridan ayrimlarining tarkibi tuzilishi va teplofizik xarakteristikalar keltiriladi.

. Issiqlik akkumulyatori sifatida ishlatiladigan organik bo'lmagan birikmalar va kompozitsiyalar

5.4-jadval

Tarkibi, nisbiy mas %	Tm °C	ΔHm, J/g	ρ, g/sm ³
CaBr ₂ ·6H ₂ O(55)CaCl ₂ ·6H ₂ O	14,7	140	-
Ca(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O(51+55)/LiNO ₃ ·3H ₂ O	16,5	250	-
LiNO ₂ ·3H ₂ O(52+55)/LiNO ₃ ·3H ₂ O	17,2	220	-
CO(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O(41,5+52,5)/4 ₂ O(5,8+9,7)/LiNO ₃ ·3N ₂ O	22,3	265	-

$\text{LiNO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(55\text{q}55)/$ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24,2	230	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(45)\text{Zn}/$ $(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	25	130	1,93
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(55\text{q}55)/$ $\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	29,2	130	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(55\text{q}45)$ $\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30	135	1,67

Ammo bunday murakkab tarkibli organik bo'lmagan birikmalar va kompozitsiyalardan geliokomplekslarda foydalanish uchun ilmiy yo'llanmalar tanlash va unda belgilangan tarkibning fizik-kimyoviy tabiatini aniqlab, foydalanishga tavsiya etish mumkin. Bunday kimyoviy birikmalardan tuzilgan issiqlik akkumulyatorlarining optimal variantini chiziqli bo'lmagan dinamik jarayonlarini va ularning funksional xarakteristikasini aniqlab issiqlik-akkumulyator sifatida samarali foydalanishga erishish muammoli masalalardandir.

Issiqlik akkumulyator sifatida foydalaniladigan materiallar, jismlar kimyoviy elementlarning birikmalari va kompozitsion materiallardan gelioussiqxonalarda, geliouylarda va boshqa past potentsialli quyosh qurilmalarida foydalanishda ularning issiqlik to'plash quvvatini, issiqlik sig'imini optimal variantda joylashtirish o'lchamlari, massasi va temperatura o'zgarishi fazoviy o'tishlardagi jarayonlarni aniqlash talab etiladi.

Quyosh issiqxonalar uchun polietelin plyonkalar to'ldirilgan nam tuproq, qora mazut va bitumlar bilan ishlov berilgan toshlar qum va metallarning qirindilarining yig'indisi, turli o'lchamli bochkalar va plasmassa bitumlar to'ldirilgan suv, transformatorlarda ishlatib bo'lingan yog'laridan optimal o'lchamlarda hajmiy sig'implarda akkumulyatorlar tayyorlab, ulardagi issiqlik akkumulyatsiyalanish miqdorini hisoblash muhimdir.

Quyosh uylari uchun esa hozirgi paytda turli xil qurilish materiallaridan ham issiqlik akkumulyatorlar sifatida foydalanilmoqda. Geliouylar uchun qurilish materiallarini issiqlik to'plovchi g'ishtlardan, organik bo'lmagan kimyoviy elementlarning birikmalaridan, shuningdek issiqlik akkumulyator sifatida foydalanish mumkin bo'lgan jismlarning teplofizikaviy xarakteristikalari, issiqlik sig'imi, issiqlik to'plash quvvati fazoviy o'tishlari muvofiq keladigan qurilish materiallaridan tanlash iqtisodiy samara beradi.

Yapon olimlari o'zlari ixtiro qilgan super texnologiya (kimyoviy elementlar birlashmasidan iborat issiqlik hosil qilish) vositasi yordamida istalgan paytda va istalgan yerda foydalanishi mumkin, degan fikrni ilgari surdilar. Kimyoviy unsurlarning issiqlik ishlab chiqarishga va issiqlikni akkumulyatsiya qilishga asoslangan bu texnologiyasi yordamida uylarni isitish va boshqa maqsadlarda foydalanish mumkin.

Ko'pgina mualliflar olib borgan tadqiqotlarning natijasi shuni ko'rsatadiki, quyosh qurilmalarida sutkalik issiqlik sig'imli akkumulyatorlar va kimyoviy akkumulyatordan foydalanish bilan bir qatorda surunkali bulutli va sovuq kunlarida qo'shimcha issiqlik bilan ta'minlash uchun elektrokloriferdan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Kimyoviy akkumulyatordan foydalanish ikki bosqichga bo'linadi. Birinchi bosqichda kimyoviy suyuq tuzlarning xajmi ortiqcha issiqlik miqdorining $t_{qo'y}$ qo'yilish temperaturasi va t_{qot} – qotish temperaturasi oralig'idagi qismidan foydalaniladi. Natijada hajmiy kimyoviy issiqlik miqdori butun kesim bo'yicha tenglashgunga qadar foydalaniladi. Bu jarayonda kimyoviy kristallashgan tuzning shakli va o'lchamlarining akkumulyatsiyalanishdagi issiqlik almashinuviga ta'siri bo'lmaydi, faqat V - hajmiy va kimyoviy jismning sovuq yuzasi F ga va $d\tau$ vaqtga bog'liq bo'ladi va fazoviy o'tish jarayonida beriladigan issiqlik miqdori

$$dQ = J F(t - t_c) d\tau \quad (5.14)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda, J – kimyoviy element yuzasidan quyosh qurilmasiga issiqlik berish koeffitsiyenti, $\text{KKal/m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{K}$; $\Delta t = t - t_c$ – kimyoviy muz eritmasidagi temperaturalar farqi, $^{\circ}\text{C}$. Demak kimyoviy elementlar birikmasidan tuzilgan tuz erish jarayonida uning

temperaturasi pasayib boradi va natijada $d\tau$ vaqt oralig'ida sistemaning hajmiy issiq saqlash tarkibining o'zgarishi

$$dq = -V\gamma c dt \quad (5.15)$$

ga teng bo'ladi va kimyoviy issiqlik akkumulyatoridan quyosh qurilmalariga r vaqt oralig'ida beriladigan issiqlik miqdori

$$\tau = \frac{V}{F} \frac{\gamma c}{L} \ln \frac{t}{t_{kuy}} \quad (5.16)$$

formula bilan hisoblanadi.

Ikkinchi bosqichda kimyoviy elementlarning birikmalari qotishi davomida o'zidagi akkumulyatsiyalangan issiqlikni quyosh qurilmalariga uzatadi. Natijada quyosh qurilmasi ichidagi havo temperaturasi kimyoviy elementlar birikmasi, tuzlar yutib akkumulyatsiyalagan quyosh energiyasi hisobidan mo'tadillashtiriladi.

VI BOB. QUYOSH ENERGIYASINI ELEKTR ENERGIYASIGA AYLANTIRISH

6.1-§. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish

Elektroenergiya shubhasiz, foydalanish uchun eng qulay energiya shaklidir. O'rta maktab fizikasidan elektr zaryadlari, elektr toki va u bilan bog'liq elektr maydon, potensial, elektr yurituvchi kuch, tok kuchi, tok zichligi, tokning issiqlik, kimyoviy, magnitik ta'sirilari tushunchalari ma'lum. O'quvchi atom tuzilishi va atom yadrosi tuzilishi haqida asosiy ma'lumotga ham ega deb hisoblaymiz. Amalda, odamlar ko'pincha qattiq jismlar bilan ish qiladilar, biz bayon qilmoqchi masalalar ham bevosita ana shunday jismlar xossalari bilan bog'liq. Shuning uchun dastlab qattiq jismlar tuzilishi bilan qisqacha tanishaylik.

Dastavval, atom tuzilishini eslaylik. Ma'lumki, quyosh atrofida uning sayyorolari muayyan orbitalar bo'yicha aylanib turadi. Xuddi shunga o'xshash, atomning (juda kichik hajmli, atomning deyarli butun massasiga ega) musbat zaryadli yadrosi atrofida manfiy zaryadli yengil zarralar – elektronlar bir-biridan ajrim holdagi muayyan orbitalar bo'yicha aylanib turadi. Bu atomning sayyoraviy taqlidi bo'lib, uning elektronlari uchun anchagina orbitalar mavjud va ular muvozanatda yadroga yaqin holatlarda bo'ladi, ammo yadrodan uzoqda elektronlar bo'lmagan imkoniy holatlar bo'sh turadi. Atom yorug'lik energiyasini muayyan kichik ulushlar, fotonlar (foton – yorug'lik zarrasi) deb atalgan zarralar ko'rinishida yutadi, foton yutilganda atomdagi elektron yuqoriroq energiyali holatga o'tadi va aksincha, qo'zg'algan elektron yana pastki holatga o'tganda atom o'zidan bir foton yorug'lik energiyasi chiqaradi. Atomdagi elektronlar energiya holatlarini E energiya o'qida tasvirlash mulohazalarni ancha osonlashtiradi. Bunda atomdagi elektronning yadroga eng yaqin holatini E_1 sath, keyingilarini $E_2, E_3, \dots E_n$ sathlar deb aytishga kelishilgan. E_1 sathdagi elektron atom yutgan foton energiyasi hisobiga E_2, E_3, E_n sathlarga o'tishi mumkin. Ammo, buning uchun foton energiyasi sathlar energiyalari farqiga teng bo'lishi zarur.

Bir qoidani – Pauli qonunini eslatib o'tamiz. Unga ko'ra, bir energiya sathida, eng ko'pi bilan spinlari qarama-qarshi bo'lgan (tezliklar yo'nalishi) ikki elektron bo'lishi mumkin xolos, ammo sathda bir elektron bo'lishi yoki sath elektronsiz (bo'm-bo'sh) bo'lishi mumkin. Bu kimyoviy elementning atomi tarkibiga bog'liqdir. Sathlar oralig'idagi energiya qiymatlariga elektron ega bo'lolmaydi, bu oraliqlar ta'qiqlangan energiya oraliqlaridir.

Qattiq jism juda ko'p atomlardan tashkil topgan. Bu holda elektronlarning energiya holatlari (sathlari) qanday bo'ladi degan savol tug'ilishi tabiiy. Yuqorida aytilgan Pauli qonuniga muvofiq ravishda, ayrim atomning elektroni energiya sathi o'rniga qattiq jismda barcha atomlar elektronlari joylasha oladigan holatlar bo'lishi kerak. Qattiq jismni tashkil etgan atomlar soni qancha bo'lsa, mazkur holatlar soni ham o'shancha bo'lishi kerak. Bu holatlar ruxsat etilgan energiyalar oralig'ini (zonasini) tashkil etadi. Ruxsatlangan energiya orasida ta'qiqlangan energiyalar zonalari bo'shligini payqash qiyinmas.

Mazkur ruxsatlangan zonalarining elektronlar bilan qay darajada to'ldirilganligi atomlarning qaysi kimyoviy elementga tegishli bo'lishiga va binobarin, atomda necha elektron bo'lishligi va boshqa ba'zi omillarga bog'liq bo'ladi. Shunga qarab, moddalar metallar, yarim o'tkazgichlar, dielektriklar kabi guruhlariga ajraladi. Elektrik tokini yaxshi o'tkazadigan metal moddalarda yuqori ruxsatlangan zonaning yarmisigina elektronlar bilan to'ldirilgan, ular erkin elektronlar deyiladi va ular tok o'tkazishda qatnasha oladi.

Yarim o'tkazgichlarda esa mutloq nol (K) temperaturada yuqori ruxsatlangan energiya zonasini elektronlar to'la band qilgan bo'ladi, ammo uning ustidagi zonada elektronlar yo'q. To'la to'ldirilgan zona elektronlari bog'langan, erkinmas elektronlar bo'lib, ular tok o'tkazishda qatnasha olmaydi. Bu temperaturada yarim o'tkazgich tok o'tkazmaydi (izolyator-dielektrik). Lekin, mutloq noldan yuqori har qanday temperaturada to'ldirilgan zonadagi elektronlarning biroz qismi yuqori zonaga o'tib oladi, ya'ni bog'langan elektronlar erkin elektronlarga (o'tkazuvchanlik elektronlariga) aylanadi. Yarim o'tkazgich muayyan darajada tok o'tkazadi. Bu hodisa suyuqlik molekulalarining bug' molekulalariga aylanishiga o'xshashdir.

Bog'lanishda bo'lgan elektronlar zonasi *valent zona*, erkin (o'tkazuvchanlik) elektronlar zonasi *o'tkazuvchanlik zonasi* deyiladi. Elektron valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib ketganda, u bo'shatib ketgan holat o'zini musbat zaryadli harakatchan zarra sifatida tutadi va u *kovak* deyiladi, u ham tok o'tkazishda qatnasha oladi. Mazkur ikki zona oralig'ini ta'qiqlangan *Eq zona* deyiladi. Metallar va yarim o'tkazgichlar elektrik hossalariining ikki muhim tafovutiga e'tiborni jalb kilamiz.

1. Metallning elektrik o'tkazuvchanligi yarim o'tkazgichnikidan juda katta. Masalan, toza germaniy yarim o'tkazgichining o'tkazuvchanligi aksariy metallarnikidan milliardlarcha kichik.

2. Metallning elektrik qarshiligi temperatura ortgan sayin sekin ortib boradi. Aksincha, yarim o'tkazgichning qarshiligi temperatura ozgina o'zgarganda ham u minglarcha va undan ko'p darajada kamayib ketishi mumkin. Qisqasi: yarim o'tkazgich temperatura o'zgarishiga juda sezgir moddadir. Yarim o'tkazgich metallarga nisbatan beqiyos darajada, yorug'likka va boshqa tashqi ta'sirlarga ham sezgir bo'ladi. Aytib o'tilgan xossalar yarim o'tkazgichlarning tobora keng qo'llanishiga sabab bo'lgan.

Yarim o'tkazgichda kirishmalar

Yarim o'tkazgichlarning xossalari yaxshi namoyon bo'lishi uchun ularni o'ta darajada tozalash zarur. Bu maqsadda o'ta toza moddalar sanoati barpo qilingan. Eng takomillashgan usullar bilan tozalanganda ham yarim o'tkazgichda muayyan oz miqdorda ayrim yot qirindilar qoladi. Eng muhimi shuki, yarim o'tkazgichga nazorat qilinadigan miqdorda turli elementlar atomlarini kiritish usullari ishlab chiqilgan. Bu esa, yarim o'tkazgichning elektrik, fotoelektrik va boshqa xossalariini o'zgartirish (boshqarish) imkoniyatini paydo qildi va turli-tuman vazifalarni bajaruvchi asboblarni hamda qurilmalarni yaratish mumkin bo'lib qoldi.

Misollar tariqasida elektronikaning asosiy xomashyosi kremniy kristaliga kiritiladigan kirishmalarni ko'raylik.

Agar yetarlicha yuqori temperaturada kremniy ichiga fosfor (P) atomlari kiritilsa, bu holda ular kremniy atomlari o'rniga o'rnashib oladi. Fosforning eng chetki elektroni o'z atomiga bo'sh bog'langan bo'ladi, unga ozgina E_d energiya berilsa, o'z atomidan uzilib ketadi, erkin elektronga aylanadi (o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib oladi).

Xona temperaturasida bir zarraga to'g'ri kelgan o'rtacha issiqlik energiyasi $3/2 kT$ tartibida bo'ladi va bunda u o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib oladi – erkin (tokda qatnashadigan) elektron bo'ladi, fosfor atomlari musbat ionga aylanadi. Bunday elektronlarni bera oladigan kirishmalarni donor kirishmalar deyiladi, ularni kiritib, o'tkazuvchanlik elektronlari ko'paytirib oligan (kovaklar nisbatan juda kam) yarim o'tkazgichni elektronli yarim o'tkazgich yoki n - tur yarim o'tkazgich deyiladi.

Endi kremniy kristaliga bor (B) elementi atomlari kiritilsa, ular ham yuqori temperaturada kremniy ichiga kiritilsa, ya'ni ular ham kremniy atomlari o'rnini egallaydi. Ammo, Bor (B) atomlari bittadan elektronni kremniy atomlari orasidagi bog'lanishdan o'ziga tortib olishi

mumkin. Buning uchun kichik E_a energiya kifoya va Bor (B) atomlari xona temperaturasida bittadan elektronni tortib oladi. Bu bog'lanishdagi, ya'ni valent zonadagi elektron Bor (B) atomga o'tib, bu atom manfiy ion bo'ladi, uning holati bo'shab qoladi, ya'ni valent zonada kovak hosil bo'ladi demakdir. O'ziga asosiy moddada bog'langan elektronlarni tortib olib, kovaklar hosil qiladigan kirishmalar akseptor kirishmalar deyiladi, ularni kiritib, kovaklarni ko'paytirib olgan (erkin elektronlari juda kam) yarim o'tkazgich *kovakli yarim o'tkazgich* yoki p-tip yarim o'tkazgich deyiladi.

Kirishmalarni kiritishning bir necha usullari ishlab chiqilgan, kremniyga bir necha element atomlari kiritib, ularning kremniy xossalariga ta'siri o'rganilgan, bu holat bilan bog'liq tadqiqotlar hozirda davom ettirilmoqda.

Shuni ta'kidlash kerakki, kirishmalarning miqdori asosiy modda (bizning misollar kremniy) miqdoridan juda kam bo'lib, asosiy moddaning elektrik, foto elektrik va boshqa ba'zi xossalarini muhim darajada o'zgartirsa-da, ammo uning tuzilishini, mexanik xossalarini, zaminiiy fizik-kimyoviy xossalarini o'zgartirmaydi. Masalan, kremniyga unga miqdordan million marta kam fosfor kiritilsa, toza kremniyga nisbatan uning elektrik o'tkazuvchanligini million marta oshirib yuborishi mumkin, ammo kremniyning boshqa xossalari saqlanib qoladi.

Elektron – kovak ($p - n$) o'tish

Aksariy yarimo'tkazgichli asboblarning (diodlar, tarnzistorlar, fotoelementlar, quyosh elementlari va batareyalari, mikrosxemalar va boshqalarning) asosiy qismi elektron kovak ($p - n$) o'tishlardir. Shu sababdan $p - n$ o'tish bilan chiqish zarur.

Agar kovakli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan (p -tip) yarim o'tkazgich elektronli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan (n -tip) yarim o'tkazgich bilan tutashtirilsa, chegara yaqinidagi n - tur yarimo'tkazgich qatlamidan elektronlar p - tur yarim o'tkazgich tomonga o'tib ketadi, bu qatlamda erkin elektronlar juda kamayib, qo'zg'almas musbat donor ionlari qoladi, p - tur soha chegaraviy qatlamidan kovaklar n - tur yarim o'tkazgich tomonga o'tib ketadi, bu qatlamda kovaklar juda kamayib, qo'zg'almas manfiy akseptor ionlari qoladi, oqibatda ajoyib xosalarga ega bo'lgan $p - n$ o'tish qatlami hosil bo'ladi, uning asosiy xossalari qo'yidagilar:

1. $p - n$ o'tish qatlami yupqa bo'lib, undan tokda qatnasha oladigan harakatchan erkin elektronlar va kovaklarning deyarli hammasi ketib qolgan, shu boisdan uning qarshiligi juda katta, ayrim sohalar qarashligidan ancha katta bo'ladi. Tashqari manbadan berilgan kuchlanish asosan shu qatlamga to'g'ri keladi.

2. $p - n$ o'tishning n - soha tarafidagi qatlamida musbat ionlar, p -soha tarafidagi qatlamida manfiy ionlar bo'ladi, ya'ni bu sohani *qo'sh elektrik qatlam* deb qarash mumkin: n - sohadan p -soha tomonga yo'nalgan elektrik maydon hosil bo'lgan bo'lib, u elektronlarning n - sohadan p -sohaga o'tishiga, kovaklarning p -sohadan n -sohagacha o'tishiga to'siqlik qiladi. $p - n$ o'tishning ikki cheti orasidagi potensial ayirmasi mazkur potensil to'siqning balandligini aniqlaydi.

3. Potensial to'siqning mavjudligidan $p - n$ o'tishning o'zgaruvchan tokni to'g'rilash xossasi kelib chiqadi: u $p - n$ soha tarafdin p -soha tarafga tokni yomon (kam) o'tkazadi, n -soha tarafga yaxshi o'tkazadi.

4. $p - n$ o'tish kondensatorga o'xshash elektrik sig'imga ega, ammo bu sig'im tashqi kuchlanish kattaligi va yo'nalishiga bog'liq bo'ladi.

Endi quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asboblarni va qurilmalar tavsifiga o'tamiz.

Termoelektrik generator

Agar elektrodlardan birini (katodni) yetarlicha yuqori temperaturagacha qizdirilsa, undan ancha elektronlar tashqariga chiqib ketishi mumkin (termoelektron emissiya). Agar katod

yaqinida boshqa elektrod (anod) bo'lsa, katoddan chiqqan elektronlar anodga yetib boradi, gar ikkala elektroid tashqi zanjirga ulangan bo'lsa, zanjirda elektronlar oqimi – elektrik tok hosil bo'ladi.

Katodni qizdirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish mumkin. zanjirdan oqayotgan tok energiyasi hisobiga ish bajariladi. Kosmik apparatlarda energiya olish uchun va hotto ko'p ko'lamda ishlab chiqarish uchun termoelektrik generator deb atalgan qurilmadan foydalaniladi. Uning tuzilishi sodda, ammo FIK uncha katta emas. Termoelektrik generatorlarning yangi konstruksiyalarini yaratish, ularning FIK ini ko'tarish, ulardan foydalanish samaradorligini oshirish yo'nalishida tadqiqotlar to'xtagan emas.

6.2-§. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirish

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirishning termoelektrik, fotoelektrik va fotogalvanik usullari mavjud bo'lib, ularning ichida fotogalvanik usul hali yaxshi o'rganilgan emas. Ma'lumki, matereallarda erkin elektronlar mavjud bo'lib, ular musbat ion atrofida xaotik ravishda harakat qiladi, metallning o'zi esa elektr jihatdan neytral hisoblanadi. Agar bir yoki bir necha elektron metall sirtidan tashqi muhitga (vakuumga) chiqsa, metall sirti bilan muhit orasida potentsiallar ayirmasi $\Delta\phi$ hosil bo'ladi. Elektron zaryadi (e) ni bu potentsiallar ayirmasi $\Delta\phi$ ga ko'paytmasi **elektronning chiqish ishi** deb ataladi:

$$A = e \cdot \Delta\phi, \quad eV \text{ yoki } J.$$

Har xil metallardagi elektron chiqish ishi har xil bo'ladi. Bu ish ko'pincha joullardan yoki elektron voltlarda o'lchanadi. $1eV = 1,602 \cdot 10^{-19} J$. Ba'zi metallar uchun chiqish ishining son qiymatilarini keltiramiz:

Metall	ChI (eV)	Metall	ChI (eV)
Alyuminiy	3,74	Mish	4,47
Temir	4,36	Kumush	4,28
Kobalt	4,25	Seziy	1,89
Litiy	2,39	Sink	3,74

Chiqish ishlari har xil bo'lgan ikki metall bir-biri bilan payvandlanganda elektronlar diffuziyasi hisobiga kontakt potentsiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Agar kontakt joyi qizdirilsa, elektronlar diffuziyasi ortadi va kontakt potentsiallari ayirmasi ham kattalashadi.

Agar uchlari payvandlangan ikkita har xil metall simlarni galvanometrغا ulab, kontaktlardan birini sovuq holatda qoldirib, ikkinchisi isitilsa, zanjirda elektr toki hosil bo'ladi. Bu hodisani birinchi marta nemis olimi Zeyebek kuzatgan bo'lib, termoelektrik effekt yoki "Zeyebek effekti" deb yuritiladi.

Termoelektr yurituvchi kuch E payvandlangan uchlaridagi temperaturalar (absolyut shkala bo'yicha) ayirmasiga to'g'ri proporsional bo'lib, metallar tabiatiga bog'liq:

$$E = \alpha(T_1 - T_2)$$

Bunda α – metallning termo EYK koeffitsiyenti.

$T=100^\circ C$ uchun ba'zi metal kontaktlar – termoelementlarning termoelektr yurituvchi kuchlari:

temir – mis – $1,12 \cdot 10^{-3} V$;

mis – konstantan – $4,25 \cdot 10^{-3} V$;

xromel – alyumel – $4,09 \cdot 10^{-3} V$;

xromel – kopel – $6,71 \cdot 10^{-3} V$.

Uchlari o'zaro payvandlangan ikkita har xil metallardan yasalgan asbobga **termopara** yoki **termoelement** deb ataladi. Termoelement kavsharlangan uchi temperaturasi o'lchanuvchi moddaga va ikkinchi – sovuq uchlari o'lchov asbobga ulanadi. Bir necha termoelementlardan tuzilgan sistemaga **termobatareya** deb ataladi.

1908-yilda Moskva universiteti professori V.Serasskiy 100 ta termoelementdan iborat bo'lgan quyosh batareyasini yaratdi. Bu batareya oynaband yashik ichiga joylashgan bo'lib, elektr qo'ng'irog'ini tok bilan ta'minlab turadi.

Asrimizning 30-yillarida akademik A.F.Ioffe termogeneratoridan quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish masalasini taklif etgan bo'lsa, 1941-yilga kelib u shunday termogeneratorni ishlab chiqdi. Quyosh termoelektrogeneratorlari asosan quyosh konsentratori va termobatareyalardan tashkil topgan.

1956-yilda G.M.Krijanovskiy nomidagi Energetika instituti xodimlari diametri 2m bo'lgan ko'zgu fokusiga termogenerator o'rnatib, issiq va sovuq payvandlar orasidagi temperaturalar farqi 400°C bo'lganda 21V kuchlanish ostida 18,9 Vt quvvat olishga muvaffaq bo'ldilar. Termogenerator FIK 2% ga yaqin. Bunga sabab elementlarni o'zaro ulash sistemasi yaxshi ishlanmaganidir. Keyinchalik Y.Malevskiy va A.Oxotinlar termogenerator FIK 8% ga yetkazish imkoniyatiga ega bo'ldilar.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirishning ikkinchi usuli – fotoelektrik usuldir. L.G.Stoletovning fotoeffekt bo'yicha kashf etgan qonunlari hamma ma'lumdir.

Yarim o'tkazgichlar uchun termoelektrik EYK metallardagiga nisbatan bir necha o'n marta katta bo'lib, ularga bo'lgan qiziqish 1954-yildap boshlandi. Hozirgi kunda kremniy asosidagi fotoelektrik aylantirgichlar keng ishlatilmoqda. Kremniy va Mendeleyev elementlar davriy sistemasidagi V guruh elementlaridan birining aralashmasi n -yarim o'tkazgich, III guruh elementlaridan birining aralashmasi esa p -yarim o'tkazgichga aylanadi. Bu ikkala tur p - n yarimo'tkazgichlar kontakti quyosh batareyasining negizini tashkil etadi. Kremniy plastinkasining qalinligi 1mm ga yaqin bo'lib, sirtini 10sm dan kattaroq qilib yasash hozircha mumkin bo'lmayapti.

Fotoelektrik elementlarni yasash texnologiyasi deyarli to'la hal etilgan, lekin ular sirtiga elektrodni ulash, tegishli tok va kuchlanishlar olish uchun bu elementlarni o'zaro ulash masalalari ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Quyosh batareyalarini yasash texnologiyasi quyidagicha: kremniy plastinkani yuqori temperaturali elektropechga o'rnatib, unga p yoki n tipidagi yarimo'tkazgich materiali vakuumga diffuziya yo'li bilan kiritiladi. Bu material qalinligi taxminan bir necha 10 mikron ni tashkil etadi. Bu material – aralashma kremniy plastinkasining hamma tomoniga diffuziyalanadi. Shuning uchun plastinkaning yuqori qismidagi qatlam qoldirilib, qolgan qismlaridagi qatlamlar olib tashlanadi, so'ngra plastinka pastki va yuqori qismlariga elektrodlar ulanadi.

Krijanovskiy nomidagi Energetika instituti xodimlari yarim o'tkazgichli termoelementlarning shunday kombinatsiyasini ishlab chiqdilarki, termobatareya FIK 20% ni tashkil etdi.

Quyosh batareyalarining asosiy afzalliklari – FIK katta bo'lishi, uzoq muddat davomida ishlashi, oddiyligi, solishtirma quvvatining katta bo'lishi (quvvatning element massasiga nisbati), ammo nisbatan qimmat turishi va qo'shimcha energiya manbai talab etishi quyosh batareyasining kamchiliklaridir.

Quyosh batareyasining tannarxini kamaytirish maqsadida keyingi paytlarda kristallik kremniy o'rniga amorf kremniy olish tavsiya etilmoqda. Bu esa hozirgi tannarxni qariyb 50 marta kamaytirishga olib keladi.

Keyingi yillarda yarim o'tkazgich xususiyatiga ega bo'lgan materiallar plyonkalarining fizik xossalarini o'rganish va ular asosida arzon hamda samarali ishlaydigan asboblarni yasashga ko'p ahamiyat berilmoqda. Hozirgacha bizga ma'lumki, monokristalldan yasalgan quyosh elementlarining foydali ish ko'effitsiyenti polikristall yoki amorf yarim o'tkazgichlardan tayyorlangan quyosh elementlarining foydali ish ko'effitsiyentidan ancha kattadir. Kremniy monokristali asosida olingan eng katta foydali ish ko'effitsiyentiga ega bo'lgan quyosh elementlari asosan katta temperaturada diffuziya yo'li bilan tayyorlanadi. Yuqori temperaturali texnologiya polikristall va amorf yarim o'tkazgich materiallarining asosiy parametrlariga salbiy

ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun odatda yarim o'tkazgichlar asosida asboblari yaratishda texnologiya jarayoni temperaturasini pasaytirishga alohida e'tibor beriladi.

Quyosh batareyasi elementlarining FIKni yarim o'tkazgichlarining man' qilingan zonasi kengligiga bog'lab o'rganish eng katta FIK man' qilingan zonasi 1,1 eV dan 1,5 gacha bo'lgan kremniy (Si), fosforid indiy (InP), arsenid galley (GaAs), tellurid kadmiy (CdTe) lardan olingan elementlarga to'g'ri kelishini ko'rsatdi.

Odatda quyosh batareyasi elementlarining yuza (nur tushadigan) tomonidagi p yoki n qatlami nisbatan yupqa bo'lganligi uchun asosiy zaryad tashuvchilar shu qatlam bo'ylab harakat qilishga majbur bo'ladi. Bu esa o'z navbatida quyosh elementi ichki qarshiligining ortishiga va, demak, uning foydali ish ko'effitsiyentining kamayishiga olib keladi. Lekin bu yupqa qatlamdagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini mumkin qadar orttirish va uning yuzasi tomonidagi kontakt to'rlarining bir-biriga nisbatan joylashishining optimal hollarini tanlash kabi texnologik choralar ko'rilib, fotoelektrik elementlarning effektivligini saqlab qolish mumkin.

Quyosh elementlari ichida ro'y beradigan fizik hodisalar tahlil qilinganida shu narsa ravshan bo'ldiki, yarim o'tkazgichga tushgan quyosh nuri spektrining faqat ozgina qismi elektr energiyasini hosil qilishga sarf bo'lar ekan. Agar yorug'lik energiyasining ma'lum bir qismi elektron-teshik juftlarini hosil qilishga sarf bo'lsa, qolgan qismi esa, issiqlik hosil qilishga sarf bo'lar ekan.

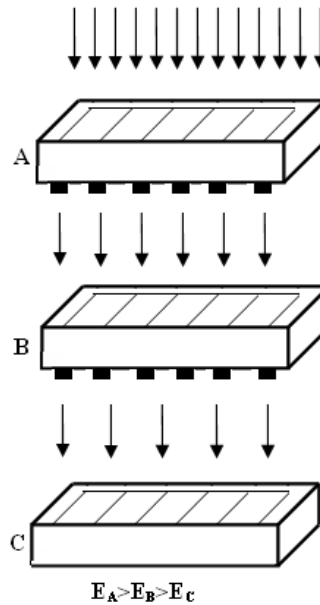
Keyingi yillarda yarim o'tkazgich xususiyatiga ega bo'lgan matreallar plyonkalarining fizik xossalarini o'rganish va ular asosida arzon hamda effektiv ishlaydigan asboblari yasashga ko'p ahamiyat berilmoqda. Hozirgacha bizga ma'lumki, monokristallardan yasalgan quyosh elementlarining foydali ish ko'effitsiyenti polikristal yoki amorf yarim o'tkazgichlardan tayyorlangan quyosh elementlarining foydali ish ko'effitsiyentidan ancha kattadir. Kremniy monokristali asosida olingan eng katta foydali ish ko'effitsiyentiga ega bo'lgan quyosh elementlari asosan katta temperaturada diffuziya yo'li bilan tayyorlanadi. Yuqori temperaturali texnologiya polikristall va amorf yarim o'tkazgich materiallarining asosiy parametrlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun odatda yarim o'tkazgichlar asosida asboblari yaratishda texnologiya jarayoni temperaturasini pasaytirishga e'tibor beriladi.

Quyosh batareyasi elementlarining foydali ish ko'effitsiyenti (effektivligi)ni yarim o'tkazgichlarning man' qilingan zonasi kengligiga bog'lab o'rganish eng katta FIK man' qilingan zonasi 1,1 eV dan 1,5 gacha bo'lgan kremniy (Si), fosforid indiy (InP), arsenid galliy (GaAs), tellurid kadmiy (CdTe) lardan olingan elementlarga to'g'ri kelishini ko'rsatdi.

Yarim o'tkazgichlar asosida yasalgan quyosh batareyasi elementlarining ishlash prinsipi asosan 2 xil ya'ni teshikli (r -tip) va elektronli (p -tip) o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan bir jinsli yoki ikki jinsli yarim o'tkazgich qatlamlarining kontaktga keltirilganda hosil bo'luvchi gomo yoki getero (elektron-teshikli) o'tishda yuz beruvchi fizik hodisalarga asoslangandir. Elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlar kontaktga keltirilganda elektron va teshiklar o'zaro diffuziyanishi natijasida n – tipli qatlamga elektronlar (asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar) va p – tipli qatlamga teshiklar o'tadi, bo'linish chegarasida erkin zaryadlarning kamayishi natijasida qo'zg'almay hajmiy zaryadlar hosil bo'ladi (6.1-rasm).

$n - p$ o'tishning potentsial energiyasi qatlamlardagi asosiy zaryad tashuvchilarning konsentratsiyalariga, temperaturaga va boshqa bir qancha faktorlarga bog'liq bo'lib, elektr maydoni ma'lum qiymatga yetganida diffuziya jarayoni tugaydi va dinamik muvozanat holatining paydo bo'lishiga olib keladi.

Bu holatda $n - p$ o'tishda hosil bo'lgan kontakt potentsiallari ayirmasi (V_k) n va p tomonlar E_{F_n}, E_{F_p} fermi energetik sathlarining ayirmasiga teng bo'ladi, ya'ni $V_k = E_{F_n} - E_{F_p}$.



6.1—rasm.

Shunday qilib kristallning ichida potensial to'siq hosil bo'ladi. Qorong'ulikda muvozanatdagi asosiy va asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning toki $I_r^+, I_r^-, I_p^-, I_p^+$ bir birini kompensatsiya qiladi, natijada yig'indi tok nolga teng bo'ladi: $I_r^+ + I_r^- - I_p^- - I_p^+ = 0$. Agarda uning atrofida quyosh nuri yordamida asosiy bo'lmagan qo'shimcha erkin zaryad tashuvchilar hosil qilinsa, ular r – p o'tishning maydoni ta'sirida qarama – qarshi tomonlarga o'tib asosiy zaryadlarga aylanadilar. R – p o'tish yaqinida asosiy bo'lmagan ortiqcha zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishi ichki potensial to'siq qiymatining kamayishiga olib keladi, (2b-rasm) boshqacha qilib aytganda r – p o'tishdagi hajmiy zaryadning ma'lum qismini netrallashtirib r va p tomonlar orasida ΔV gat eng bo'lgan potenciallar farqini vujudga keltiradi. Salt ishlash rejimida nur ta'sirida hosil bo'lgan va maydon tomonidan ajratilgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar asosan r – p o'tish potensialini kamaytirishga sarf bo'ladi, yigindi tok esa nolga teng bo'ladi, ya'ni $I_\phi - I_{T,T} (e^{qV_{c,u}} I^{\kappa T} \cdot 1) = 0$. Potensiallar farqi ΔV qiymati r – p o'tishga ulangan tashqi zanjirning qarshiligiga hamda elementga tushayotgan quyosh nurining intensivligiga bog'liq bo'lib, tashqi zanjir ochiq bo'lganda eng katta qiymat salt ishlash kuchlanishiga ($V_{c,u}$) gat eng bo'ladi, tashqi zanjir qisqa tutashgan holda esa zanjirda eng katta tok ($I_{\kappa,m}$) hosil bo'ladi.

Fotoelementning ($J_{\kappa,m}$) va ($V_{c,u}$) lari qancha katta va nagruzka xarakteristikasining ($\xi I_n V_n$) shakli to'g'ri to'rtburchakka yaqin bo'lsa, yuza birligida olinayotgan quvvatning (P) shu yuzaga tik tushayotgan quyosh nuri quvvatiga (W) nisbati, ya'ni uning foydali ish koeffitsiyenti $\eta = \frac{P}{W} \cdot 100\%$ shuncha katta bo'ladi. Yana shuni ham aytib o'tish kerakki, fotoelementning nagruzka qarshiligi optimal qiymatiga ega bo'lganda uning quvvati eng yuqori bo'lib, ($V_{c,u}$) va ($I_{\kappa,m}$) orqali $P = \xi V_{c,u} \cdot I_{\kappa,m}$ ko'rinishida ifodalanadi. Bu yerda $\xi = \frac{V_{onm} I_{onm}}{V_{c,u} I_{\kappa,m}}$ fotoelementning

volt – amper harakteristikasining to'ldirish koeffitsiyentidir. Bu koeffitsiyentning qiymati asosan fotoelementning ketma – ket qarshiligiga bog'liq bo'ladi. Tushayotgan nurning energiyasi yarim o'tkazgichning man qilingan zonasidan juda katta bo'lsa ham, quyosh batariyasi elementining effektivligi kam bo'ladi, chunki hosil qilingan asosiy bo'lmagan erkin zaryad tashuvchilarning

ortiqcha energiyasi tez orada matrealning panjarasiga berilib o'sha sturuturaning o'zini qizdirish uchun sarf qilinadi.

Odatda quyosh batareyasi elementlarining yuza (nur tushadigan) tomondagi r va p qatlami nisbatan yupqa bo'lganligi uchun asosiy zaryad tashuvchilar shu qatlam bo'ylab harakat qilishga majbur bo'ladi. Bu esa o'z navbatida quyosh elementi ichki qarshiligining ortishiga va demak, uning foydali ish koeffitsiyentining kamayishiga olib keladi. Lekin bu yupqa qatlamdagi zaryad tashuvchilar konsentrasiyasini mumkin qadar orttirish va uning yuzasi tomonidagi kontakt to'plarining bir – biriga nisbatan joylashshining optimal hollarini tanlash kabi texnologik choralar ko'rib fotoelektrik elementlarning effektivligini saqlab qolish mumkin. Quyosh elementlari yuzasidagi va hajmiy zaryad oblastida kuzatiladigan rekombinatsiya jarayonlarini cheklash, yuza qatlami qarshiligini kamaytirish, spektorga sezgirlik diapazonini kengaytirish va boshqa bir qancha texnologik jarayonlarlar bilan bog'liq bo'lgan problemalar kremniy va arsenid galliydan tayyorlangan fotoelementlarda anchagina muvaffaqiyatlarga erishildi va erishilmoqda.

Quyosh batareyalarining yerda qo'llanilishi nuqtai nazaridan kremniydan yasalgan elementlar alohida o'rin tutadi. Polikristal va amorf kremniy asosida yasalgan fotoelementlar esa katta masshtabdagi arzon fotoenergetik qurilmalarni yaratish imkoniyatini beradi. Quyosh elementlarining FIK sobiq Sovet Ittifoqining va Amerika Qo'shma Shtatlarining olimlari tomonida 15–16% ko'tarildi. Arsenid galliy fosfid galliy sul'fid va tellurid kadmiy asosida yangi quyosh elementlari joriy qilingan.

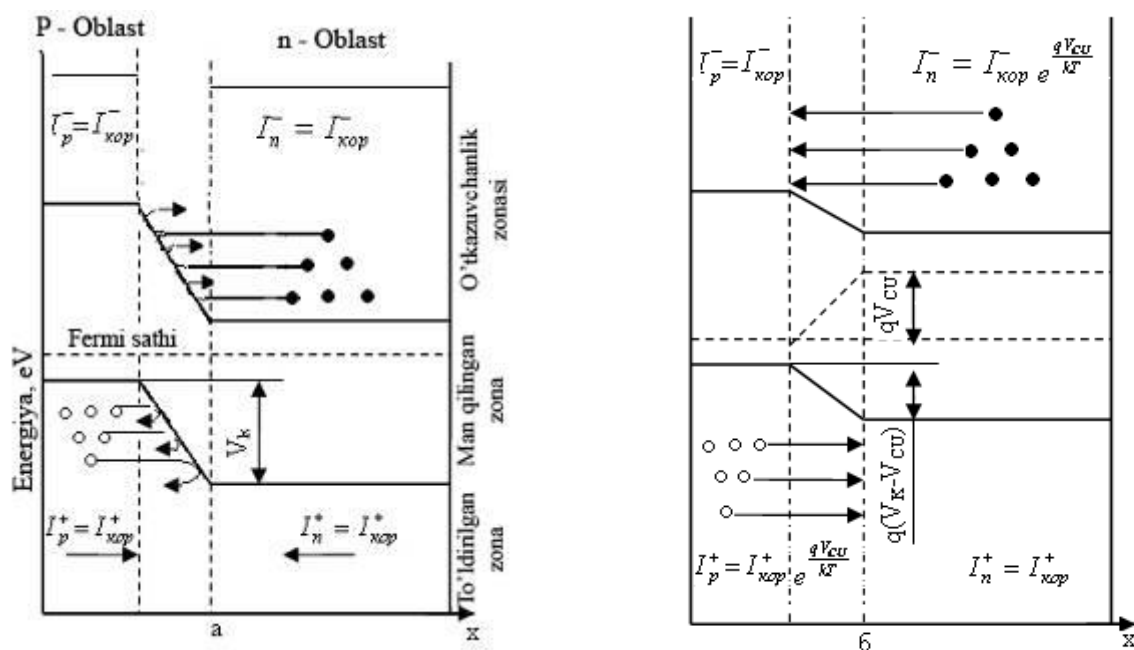
Nazariy hisblashlar quyosh elementlari kelajagining porloqligi tasdiqladi. Lekin dastlabki tajribalar fotoelementlarning o'zida energiyaning yo'qtilishini ko'rsatdi. Agarda bu muammo hal qilinmaganda edi, yarim o'tkazgichlar asosidagi quyosh energetikasi faqat qog'ozdagi narsa bo'lib qolar edi.

Quyosh elementlari ichida ro'y beradigan fizik hodisalar tahlil qilinganida shu narsa ravshan bo'ldiki, yarim o'tkazgichga tushgan quyosh nuri spektorning faqat ozgina qismigina elektr energiya hosil qilishga sarf bo'lar ekan. Agar yorug'lik energiyasining ma'lum bir qismi elektron – teshik juftlarini hosil qilishga sarf bo'lsa, qolgan qismi esa biz aytib o'tgandek issiqlik hosil qilishga sarf bo'lar ekan. Bu elementlarning harakteristikalariga salbiy ta'sir ko'rsatadi, ayniqsa, konsentriyalashgan yorug'likda elektron juftlarni ajratuvchi elektr maydonni yuqolishiga olib keladi. 150 – 200⁰C temperaturada kremniy asosidagi quyosh elementlari ishlash xususiyatini yuqotadi. Yuqorida aytilgan muammo hozirgi kunda yetarlicha hal qilinmoqda.

Arsenid galliy asosida olingan quyosh elementining FIK 25% ga etdi, bu quyosh issiqlik elektrostansiyasining FIK ga qaraganda qariyb 2 marotaba kamdir. Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki agarda yarim o'tkazgichdan yutilmay o'tib ketayotgan quyosh spektri qismini ko'p elementli (kaskadli) o'zgartirgichlar yordamida elektron teshik hosil qilishga erishilsa va yutilmay o'tib ketayotgan fotonlar energiyasiga aylantirib ma'lum bir maqsadga ishlatilsa, bunday quyosh qurilmalarining FIK 70–80 %ga borar ekan.

6.2-rasmda shunday kaskadli quyosh o'zgartirgichlarini joylashish sxemasi ko'rsatilgan. Bunday ketma-ket joylashgan man qilingan zonasi (E) kattadan kichikka o'zgarib boruvchi yarim o'tkazgichlardan yasalgan quyosh elementlari quyosh nuri to'laroq elektr energiya hosil qilishga sarflanadi. Bunday elementlarning parallel ikki yuzasiga to'rli omik kontaktlar olinadi.

Birinchi jadvalda man qilingan zonasi katta bo'lgan o'zgartirgichdan keyin joylashtirilgan kremniy va arsenid galliyli o'zgartirgichlarda quyosh spektri energiyasining qancha qismi (foizlarda) elektr energiyasi hosil qilishga sarflanganligi ketirilgan.



6.2 – rasm

Ikkinchi jadvalda esa kremniydan qilingan P-Si-n-Si (gomo) o'tishli elementlarning FIK lari berilgan. Jadvallar talqini effektiv, ko'p elementli quyosh o'zgartirgichlarini joriy etishda qanday yarim o'tkazgichlarni tanlash maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

Yarim o'tgazgichlar fotoenergetikasida quyosh spektoridan to'la foydalanish nur hisobiga hosil bo'lgan issiqlikni bartaraf qilish alohida o'rin tutadi. Ma'lumki, element yuzasiga tushayotgan nurning ma'lum bir qismi yuzadan qaytadi, qolgan qismi yutiladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, yutilgan nurning hamma qismi elektron juftlarini hosil qilish uchun sarflanmas ekan, ya'ni spektrning ma'lum bir qismi yarim o'tkazgichda yutilmasdan o'tib ketar ekan. Agar qaytarish koeffesentini R, yutish koeffesentini A bilan, o'tkazish koeffisientini T bilan belgilasak, berilgan spektr oralig'ida $A+R+T=1$ bo'ladi. Bu tenglikdan R va T ma'lum bo'sa A osongina topib olish mumkin. Ma'lumki quyosh nurining qariyb 9% ini ul'traibafsha, 44% ini ko'zga ko'rinuvchi, 47% ini infraqizil nurlar tashkil qiladi. Haqiqatdan ham

6.1-jadval

Birinchi o'zgartirgich-ning materiali	InP	CaAS	CdTe	AlSb	Cu ₂ O	Se	CaP
Kremniydan qilingan o'zgartirgichda	7,6	10,5	13,6	16,5	48,2	51,8	53,2
Arsenid galliydan qi-lingan o'zgartirgichda			3,5	7,32	37,7	41,1	43,2

6.2-jadval

Birinchi o'zgartirgichning materiali	InP	CaAS	CdTe	AlSb	Cu ₂ O	CaP
P-Si-P-Si	1,17	1,58	2,73	4,01	12,26	13,68
P-Si-n-Si	2,57	3,05	7,72	4,73	12,99	14,38

quyosh nurining ozgina qismini fotoelementlar tomonidan hosil qilishga sarflanadi. Foydaydali ish koeffisiyenti 20% bo'lgan fotoelement quyosh nurining spektrining 1/5 qismini

foydali ishga sarflaydi. Darhaqiqat R,Tlarni yetarlicha kamaytirish fotoelement FIKni orttirishga olib keladi.

Biz yuqorida ko'p kaskadli fotoelementlarni qo'llab Tni kamaytirish yo'llariga qisqacha to'xtalib o'tgan edik. Endi R ni kamaytirish usullarini qarab chiqamiz.

Fotoelement tayyorlangan material yuzasining sifatiga qarab R–50% gacha boradi. Element yuzasini ma'lum qoplamalar bilan qoplash Rni 1% gacha kamaytirish imkoniyatini beradi. Berilgan yorug'lik energiyasining spektrlar bo'yicha taqsimotidagi maksimumning fotoelement sezirliligining to'lqin uzunligi bo'yicha taqsimotidagi maksimum bilan to'g'ri kelmasligi yarim o'tkazgich va qoplama sindirish ko'rsatkichlarinin yorug'lik to'lqin uzunligiga qarab o'zgarishi element nur tushadigan yuzasidan ideal tekis bo'lmasligi qoplama materialini va uni olish texnologiyasini yarim o'tkazgichning elektrofizik va fotoelektrik xususiyatlarini hisobga olgan holda tanlashni talab qiladi.

Uchinchi jadvalda taqqoslash uchun ba'zi materiallar sindirish ko'rsatkichining to'lqin uzunligiga qarab o'zgarishi ko'rsatilgan.

3-jadval

Matreallar	λ, mkm							
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
<i>Si (monokristall)</i>	5,3	4,24	3,94	3,72	3,64	3,54	3,49	3,49
<i>ZnS (yupqa qatlam)</i>	2,56	2,4	2,34	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
<i>SiO (yupqa qatlam)</i>	2,25	2,0	1,92	1,88	1,8	1,8	1,85	1,84
<i>Cn₂O (yupqa qatlam)</i>	1,0	1,3	1,2	2,3	2,2	2,1		

Yarim o'tgazgichning qaytarish koeffisiyenti quyidagi tenglikdan aniqlanadi.

$$R(\lambda) = \left(\frac{n^\circ(\lambda) - 1}{n^\circ(\lambda) + 1} \right)^2 \quad (6.1)$$

bu yerda n° – yarim o'tkazgichning sindirish koeffisiyenti. Kremniy uchun $n^\circ=3;5$ deb olsak yuqoridagi tenglikdan $R=30\%$, $A=70\%$ ni topamiz. Qaytarish koeffisiyentini kamaytirish uchun ishlatiladigan qop-lamalarining asosiy parametrlari uning sindirish koeffisiyentini n_1° va qalinligi d_1 bo'lib shunday tanlanishi kerakki, natijada qoplama yuzasidan qaytgan birinchi nur to'lqinlari qoplama bilan interferensiya natijasida bir – birini susaytirsin.

Qoplama bilan qoplangan yarim o'tkagich yuzasining qaytarish koeffisiyenti quydagicha aniqlanadi:

$$R^\circ = \frac{q_1^2 + q_2^2 + 2q_1q_2 \cos 2\alpha_1}{1 + q_1^2 + q_2^2 + 2q_1q_2 \cos 2\alpha_2} \quad (6.2)$$

$$\text{bu yerda } q_1 = \frac{n^\circ - n_1^\circ}{n^\circ + n_1^\circ} \quad q_2 = \frac{n_1^\circ - n_2^\circ}{(n_1^\circ + n_2^\circ)} \quad \alpha = \frac{2\pi n_1^\circ d_1}{\lambda}$$

n_2° – havoning sindirish koeffisiyenti:

n_1° – qoplamaning sindirish koeffisiyenti:

λ – qaytgan nurlari susayadigan nurning to'lqin uzunligi:

α_1 – qaytgan ikki nurning boshlang'ich fazalari farqi.

Yuqoridagi tenglikdan $R^\circ \rightarrow 0$ bo'lishi uchun $\cos 2h_1 = -1$, $q_1 = q_2$ bo'lishi kifoya. Birinchi shartdan $2d_1 = \Pi$, 3Π , 5Π bo'lishi kelib chiqadi. $2h = \Pi$, shartdan biz qoplamaning qalinligi qancha bo'lishi kerakligini topamiz, ya'ni

$$\alpha_1 = \frac{\lambda}{4h_1^\circ} \quad (6.3)$$

Ikkinchi shart $h_1^\circ = \sqrt{n^\circ n_2^\circ}$ bo'lganda qanoatlanadi. Bundan biz n° , n_2° larni bilgan holda qoplama-ning sindirish ko'rsatkichi n_1° qancha bo'lishi osongina topib olamiz.

Formula (6.3) bitta to'liq uzunliklari uchun $R \rightarrow 0$ dan farqli bo'ladi. Shuning uchun ham ma'lum bir to'liq uzunliklari orasida $R \rightarrow 0$ bo'lishi uchun ko'p qatlamli qoplamalar olish zarur bo'ladi. Hozirgi kunda kremniy yuzasiga vakkumda quydagi moddalarni bug'lantirish yo'li bilan qoplamalar olinadi. Ularning sindirish ko'rsatkichi $\lambda = 0,8 \mu m$ da quydagicha: Ftorli magniy MgF_2 ($n_{MgF_2} = 1,38$) qalayi ikki oksidi SnO_2 ($n_{SnO_2} = 1,7$) kremniy monooksidi SiO ($n_{SiO} = 1,9$) oksidlangan kremniy monooksidi SiO_x ($n_{SiO_x} = 1,7$) kremniy ikki oksidi SiO_2 ($n_{SiO_2} = 1,44$) seriy ikki oksidi CeO_2 ($n_{CeO_2} = 2,2$) ruh sul'fid ZnS ($n_{ZnS} = 2,3$).

Kremniydan qilingan fotoelementlarga $ZnS + MgF_2$ yoki $CeO_2 + SiO_2$ qoplamalarini ishlatish uchun qisqa tutushuv toki va FIK ni nisbatan 50-55% ga orttiradi.

Fotoelementlarning asosiy parametrlaridan biri uning ketma-ket qarshiligi bo'lib elementning FIK ta'siri kattadir. Shuning uchun elementlarga qoplamalar olishdan oldin uning ketma-ket qarshiligi bo'lib obdan nazorat qilinadi.

Fotoelementlarga qoplama olingan keyin ketma-ket qarshilikning nagruzka tokiga ta'siri quydagi formuladan hisoblanadi:

$$I_n = I_\phi - I_{T.T} \left\{ \exp \left[\frac{q(V + R_{KK})I_n}{AKT} \right] - 1 \right\} \quad (6.4)$$

Hisoblash shuni ko'rsatadiki, ketma-ket qarshilik $R_{KK} = 1 \text{ om. cm}^2$ bo'lganda qisqa tutashuv toki 40% ga, $R_{KK} = 10 \text{ om. cm}^2$ bo'lganda 12% ortishini ko'rsatadi. Shuning uchun har xil qoplamalarning effektivligi ketma-ket qarshiligi bir xil bo'lgan fotoelementlarda tekshiriladi.

Konsentrlashtirilgan quyosh nurida ishlovchi batareyalarning temperaturasi konsentratsiya darajasiga bog'liq bo'lib 1000 krat konsentratsiyada, ya'ni $30 \frac{MVT}{sm^2}$ ga nisbatan quvvati 1000 marotaba katta bo'lgan quyosh nuridan elementlarining temperaturasi juda katta bo'ladi. Bunday hollarda effektiv sovitgichlar ishlatishga to'g'ri keladi. Bunday sovitgichlar rolini frionli sovitgichlar, issiqlik almashinuvchi maxsus trubkalar suvli sovitgichlar o'ynashi mumkin. Berilgan fotoelementning yuzasiga tushadigan integral energetik yoritilganlik $W_\odot$ ma'lum bo'lsa elementning temperaturasi $W_\odot = 2\Pi\tau_0 T^4$ tenglikdan topiladi. Nurlanish fotoelementining ikkila yuzasida ro'y bergani uchun tenglikka ikki soni kiritilib qo'yilgan, σ_0 – Stefan Bol'sman doimiysi bo'lib, son qiymati $5,67 \cdot 10^{-12} \text{ vt/sm}^2 \cdot \text{grad}^4$ ga teng. agar yutish koeffisienti – A, nurlanish qobilyati – ε ni hisobga olsak, elementning temperaturasi quydagi tenglikdan topiladi.

$$T = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon W_\odot}{2A\tau_0}} \quad (6.5)$$

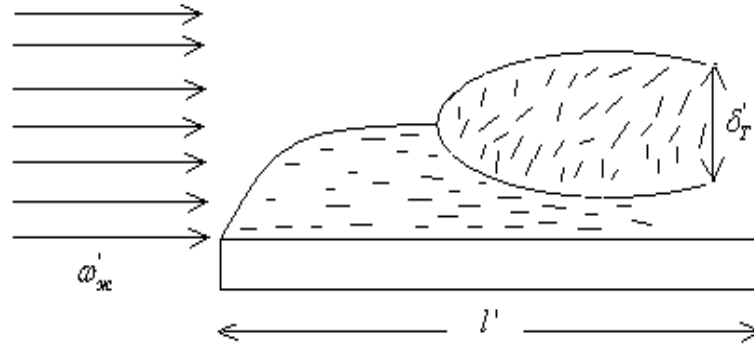
Hozirgi kunda $P - Al_x - CeO_{1-x} - PCaAS - n - CaAS$ sestema asosida olingan getero fotoelementlar yuqori temperatura ($100-200$) $^\circ C$ da 2000 karra yoriilganlikda ham effektiv ishlaydi. Bunday elementlarning 1 cm^2 yuzasidan 2500 karra yig'ilgan quyosh nurida 20–30 Vt elektr quvvati olish mumkin. bunday yoritilganda elementlarning FIK 15%, vol't–amper xarakteristikasining to'ldirish koeffisienti $\varepsilon = 0,6$ ni tashkil etadi. Bu juda yaxshi ko'rsatkichdir.

VII BOB. QUYOSH QURILMALARIDA NAZARIY VA AMALIY MASALALARNI HISOBLASH

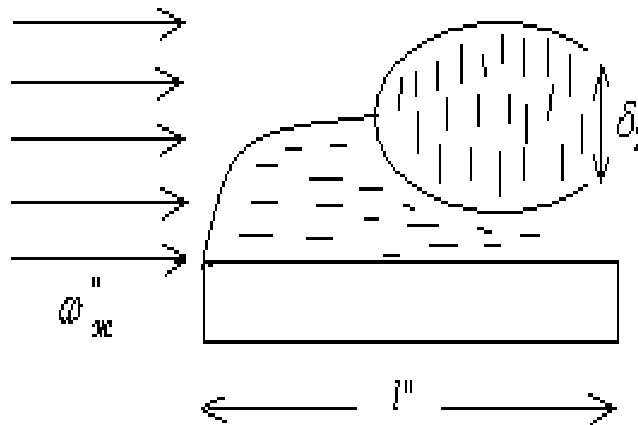
7.1-§. Issiqlik almashinuv jarayonlarini o'rganishda o'xshashlik nazariyasini qo'llash

O'xshashlik nazariyasi - bir-biriga o'xshash hodisalarni o'rganish demakdir. Masalan, plastinka sirtidan bo'ylama yo'nalishda suyuqlik (suv) statsionar harakatlanadigan (oqadigan) bo'lsin. Plastinkaning haqiqiy o'lchami l' , modelning o'lchami esa l'' , suyuqlikning haqiqiy statsionar oqimi tezligi ω' , modeldagi oqim tezligi ω'' .

Suyuqlikning haqiqiy qalinligi δ_T' . Modeldagi qalinligi δ_T'' .



7.1 a-rasm



7.1 b-rasm

Suyuqlikning temperaturasi t_j va bosimi P_j . Suyuqlikning istalgan nuqtasidagi temperaturasi $\theta = t - t_j$. Bosimi $\pi = P - P_j$. Bu yerda masala ikki o'lchamli bo'lib, y o'qi yuqoriga, g og'irlik kuchining tezlanishiga teng. Bu jarayonda issiqlikning konvektiv almashinuv differensial tenglamasidan:

1) issiqlik berish koeffitsiyenti

$$a = -\frac{\lambda}{\theta} \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right)_{y \rightarrow 0} \quad (7.1)$$

ga teng bo'ladi.

2) energiya almashinuvi esa

$$\varpi_x \frac{\partial \theta}{\partial x} + \varpi_y \frac{\partial \theta}{\partial y} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \quad (7.2)$$

3) chiziqli tenglamasi

$$\frac{\partial \varpi_x}{\partial x} + \frac{\partial \varpi_y}{\partial y} = 0 \quad (7.3)$$

O'xshashlik jarayonlarida matematikaviy natijaviy hisoblashlar o'lchamsiz qiymatga ega bo'ladi. Bunda belgilangan masshtablar, kiruvchi fizikaviy konstantalar o'xshashlik sonlari va

kriteriyalari deb ataladi hamda o'lcamsiz komplekslar holida birlashtiriladi. Quyida eng ko'p ishlatiladigan o'xshashlik sonlarini va kriteriyalarini qaraymiz.

Nusselt soni – qattiq jism bilan suyuqlik chegarasidagi issiqlik almashinuvini xarakterlaydi.

$$Nu = \frac{dl}{\lambda}$$

yoki

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad (7.4)$$

bu yerda, λ - qattiq jismni yuvib o'tadigan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ($Vt/sm \cdot X$), α - issiqlik berish koeffitsiyenti $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Reynolds soni – inersiya kuchlari bilan qovushoqlik nisbatini xarakterlaydi.

$$Re = \frac{\sigma \cdot l}{g}$$

yoki

$$Re = \frac{\sigma \cdot \alpha}{g} \quad (7.5)$$

bu yerda, g - suyuqlikning kinematik qovushoqligi; l , d - jismning chiziqlik o'lchami yoki diametri; σ - suyuqlikning tezligi.

Pekle soni - issiqlikning konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan tarqalish tezliklari nisbatini xarakterlaydi.

$$Pe = \frac{v \cdot \ell}{a} \quad (7.6)$$

bu yerda, a - suyuqlikning temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot p} \quad (7.7)$$

Eyler soni - bosim kuchlari bilan inersiya kuchlarining nisbatini xarakterlaydi.

$$E \cdot u = \frac{P}{\rho \cdot v^2} \quad (7.8)$$

Grasgof soni - zichliklarning farqi tufayli suyuqlikda paydo bo'ladigan ko'tarish kuchlarining qovushoqlik kuchlariga nisbatini xarakterlaydi.

$$g \cdot r = \frac{\beta(t_{deb} - t_c) \cdot \ell \cdot \delta}{v^2} \quad (7.9)$$

bu yerda $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dt} \right)$, v - suyuqlikning solishtirma hajmi.

Arximed soni - ikki fazali muhitdagi erkin harakatlanishda: masalan, suyuqlikda bug' pufakchalarining yoki bir suyuqlikda ikkinchi suyuqlik tomchisining harakatlanishida foydalaniladi.

$$Ar = \frac{g \cdot \ell^3}{\delta^2} \cdot \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \quad (7.10)$$

bu yerda, ρ_0 va ρ - turli fazalarning zichliklari.

Prandtel soni - suyuqlikning fizikaviy xossalari xarakterlaydi.

$$Pr = \frac{\partial}{\alpha} \quad (7.11)$$

Suyuqlik uchun Prandtel soni temperaturaga juda bog'liq bo'ladi. Masalan temperatura $0^\circ C$ dan $180^\circ C$ gacha ko'tarilganda suv uchun Prandtel soni 13,7 dan 1 gacha o'zgaradi. Issiqlikni juda yaxshi o'tkazadigan suyuq metallar uchun $Pr \approx 0,005-0,05$ ga teng bo'ladi. Gazlar uchun Prandtel soni deyarli o'zgarmas bo'lib, 1 ga yaqin bo'ladi. Ma'lumki,

$$Pe = Re \cdot Pr \quad (7.12)$$

Quyidagi shartlar bajarilganda fizikaviy jarayonlar o'xshash bo'ladi.

1. Jarayonlarning fizikaviy tabiati bir xil bo'lishi va ifodalanishi shakli jihatidan bir xil bo'lgan differensial tenglamalar bilan tavsiflanishi kerak.

2. Muhitning shakli va o'lchamlarini, uning fizikaviy xossalarini xarakterlovchi shartlar, shuningdek chegara va boshlang'ich shartlar, ulardagi o'zgarish kattaliklarning son qiymatlaridan tashqari barchasida bir xil bo'lishi kerak.

3. Ikkita jarayonning o'lchamsiz son qiymatlari bir xil bo'lishi lozim. Konvektiv issiqlik almashinuv haqidagi masalaga o'xshashlik metodini tatbiq etish natijasida aniqlanadigan Nusselt sonini aniqlovchi o'lchamsiz sonlarga quyidagiga bog'liq bo'ladi.

$$Nu = f(x, y, z, Pe, Re, C_{T_2}) \quad (7.13)$$

bu yerda x, y, z - issiqlik almashinish sirti koordinatalarining o'lchamsiz qiymatlari. Pe, Re, C_{T_2} - Pekle, Reynolds, Grashof soni. Bunday bog'lanishga **kriterial tenglamalar** deyiladi.

Masalan, havoning trubada turbulent stabillashgan harakatidagi issiqlik almashinuvini tajribada o'rganish asosida quyidagicha kriterial tenglama olingan

$$Nu = 0,18 \cdot Re^{0,8} \quad (7.14)$$

Bu bog'lanish gelioqurilmalardagi issiqlik akkumulyatorlari, havo qizdirgich kallektorlarda keng foydalaniladi.

Erkin konveksiya yo'li bilan issiqlik almashinuvida qizigan zarralar yuqoridan tushayotgan sovuq zarralarga qarshi, yani pastdan yuqoriga tomon harakat qiladi. Bunday murakkab harakat vujudga kelib, ko'tariluvchi va tushuvchi oqimlar to'qnashadi. Erkin harakatlanishda issiqlik almashinuv jarayoni ko'pchilik fizikaviy issiqlik jarayonlari va gelioqurilmalarda kuzatiladi. Masalan qizigan vertikal truba atrofida harakatlanishning sxemasi keltirilgan x_1 -uchastkada laminar oqim bo'lib, issiqlik berish koeffitsiyenti a_1 -trubaning balandlik bo'ylab a_2 qiymatgacha kamayadi. x_2 - uchastkada gajaksimon harakatlanish bo'lib, a_2 - qisman ortib suyuqlikning x_3 - uchastkasidagi turbulent oqimga mos keladigan a_3 - qiymatga yetadi. Keyin esa turbulent oqim shu uchastkada a_3 taxminan o'zgarishligicha qoladi.

M.A.Mixeyev tabiiy konveksiyada issiqlik almashinuviga doir ko'p tajriba materiallarini tahlil qildi va issiqlik almashinuvining turli hollarida issiqlik berilishini topishga imkon beradigan bir qator tenglamalarni taklif etdi. Dastlab:

$$Nu_c = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \quad (7.15)$$

tenglamadan Nusselt soni aniqlanadi. C va n konstantalar argument $(Gr \cdot Pr)$ ning o'zgarish intervaliga bog'liq. Majburiy harakatlanishda issiqlik berish koeffitsiyenti α laminar oqimli tabiiy harakatidagiga nisbatan ancha katta bo'ladi. Chunki bunda oqimning harakat rejimi turbulent bo'ladi. Issiqlik almashinuv muhit yuvib o'tayotgan sirtning shakliga ham ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Agar issiqlik oqimi harakatlanadigan soha yoki sirt tekis bo'lsa, oqim uzluksiz deyiladi. Agar oqim harakatlanadigan soha notekis bo'lsa, u holda oqim uzilishga ega bo'lib, issiqlik almashinuvga ham uning intensivligi ham pasayadi.

Gorizontal joylashgan trubalarda suyuqlikning majburiy laminar harakatlanishda issiqlik almashinuvini hisoblash uchun A.M.Mixeyev formulasi:

$$N \cdot u_c = 0,17 Re_c^{0,33} \cdot Pr_e^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{deb}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e \quad (7.16)$$

bu yerda $\varepsilon_e = \frac{\ell}{d}$ kiritiladigan tuzatish. ℓ - truba uzunligi, d - diametri.

Agar oqim rejimi $Re < 2300$ bo'lsa majburiy laminar oqim

$$2 \leq Pr \leq 12 \quad 6,7 \cdot 10^4 < Gr < 3,6 \cdot 10^6$$

Turbulent oqimda trubalardagi issiqlik almashinuv uchun M.A.Mixeyev quyidagi formulani taklif etadi.

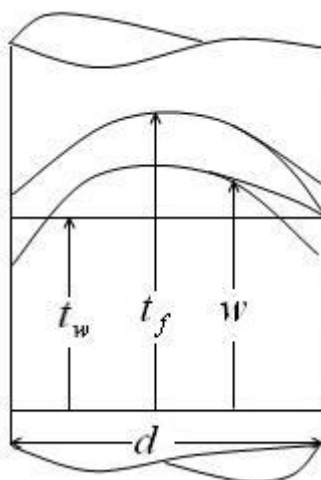
$$N \cdot u = 0,021 \text{Re}_e^{0,8} \cdot \text{Pr}_c^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_c}{\text{Pr}_{deb}} \right) \cdot \varepsilon_e \quad (7.17)$$

Bu kriterial tenglamalardan quyosh issiqxonalari, limonariyalar va quritgichlarning tuproq osti issiqlik akkumulyatorlaridagi havo oqimi bilan bog'liq bo'lgan issiqlik almashinuv va issiqlik akkumulyatsiyalanishi jarayonlarini hisoblashda foydalanish mumkin.

7.2-§. Tajriba natijalarini ishlash va umumlashtirish

Issiqlik almashuvi jarayonida suyuqlik temperaturasi turli nuqtalarda turlicha bo'ladi. U issiqlik almashuv qurilmalarining ko'ndalang kesimi va uzunligi bo'yicha o'zgarib turadi. Fizikaviy va texnik hisoblashlarda suyuqlikning o'rtacha temperaturasi deb yuritiladi. Bunda suyuqlik temperaturasini o'rtachalashtirish metodidan foydalanish muhimdir. Truba bo'ylab suyuqlik oqadigan bo'lsin. Unda temperatura o'zgarishi 7.2-rasmda ko'rsatilganidek bo'ladi. Trubaning ko'ndalang kesimini df qismlar orqali, vaqt birligida tezligi va temperaturasi T doimiy bo'lgan suyuqlik har xil miqdorda γ ω df oqib o'tadi. Bu holda trubaning ko'ndalang qismi df orqali o'tadigan suyuqlikning $f_{o'rt}$ -o'rtacha temperaturasi:

$$t_{f \cdot pm} = \frac{\int \gamma c_p \omega t_f df}{\int \gamma c_p \omega df} \quad (7.18)$$



7.2-rasm. Trubaning ko'ndalang kesimi bo'yicha suyuqlikning tezligi va temperaturasining o'zgarishi

Trubaning ko'ndalang kesimi bo'yicha suyuqlikning tezligi va temperaturasining o'zgarishi

$$t_{f_{o'rt}} = \frac{\int \gamma \omega t_f df}{\int \gamma \omega df} = \frac{1}{v} \int \omega t_f df \quad (7.19)$$

formula yordamida aniqlanadi. Bu yerda v suyuqlikning hajmiy sarfi, m^3/s .

(7.19) formulada truba bo'ylab oqadigan suyuqlik tezligi ko'ndalang kesimi o'zgarmas. U holda

$$t_{f_{o'rt}} = \frac{1}{f} \int t_f df \quad (7.20)$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Bu holda suyuqlikning fizikaviy xossalarini bilgan holda temperaturasining o'rtachalashtirilishi mumkin:

1-holda (7.18) formula suyuqlikni issiqlik saqlash hodisasidagi fizik parametrlar ko'paytirilib o'rtachalashtiriladi.

2-trubaning hajmi bo'yicha sarfi.

3-kanalning ko'ndalang qismi bo'yicha temperatura o'rtachalashtirilib o'rganiladi. Trubadan oqadigan suyuqlikning temperaturasi o'rtachalashtirib tezlik va temperatura o'zgarishi kundalang kesmi bo'yicha bir vaqtda o'rnatiladi. Agar suyuqlik temperaturasi sistemali o'zgarishga nisbatan qaramasdan o'rtacha temperaturasi aniqlamoqchi bo'lsak, u holda trubadagi suyuqlik aralashtirilib uni o'rtacha qiymatini o'lchab o'rganish mumkin. Shuningdek (7.18-7.20) formulalar yordamida suv yoki havoning va boshqa suyuqliklarning fizik parametrlari konkret hollari uchun aniqlab ma'lum bir diapazondagi temperatura o'zgarishi uchun qo'llash mumkin. Masalan (7.19) formula suv yoki havoning temperaturasi o'rtachalashtirishda foydalanish mumkin. Suv bug'lari uchun (7.18) formuladan foydalaniladi. Issiqlik almashinuvi jarayonida eksperimentda yoki hisoblashlarda temperaturani o'rtachalashtirish jarayoni fizikaviy parametrlarni e'tiborga olmasak, u holda ancha xatoliklarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi.

b) uzunlik bo'yicha o'rtalashtirish.

Issiqlik almashinuv jarayonida suyuqlik temperaturasi doimiy bo'lmasdan faqatgina ko'ndalang kesim bo'yicha emas, balki uzunlik bo'yicha o'zgaradigan bo'lsin. Bu holda suyuqlikning o'rtacha temperaturasi $t_f, Q = \alpha F \cdot (t_f - t_\omega)$ kJ/soat formula uchun hisoblashda uning o'rtachalashtirilgan qiymatini uzunlik bo'yicha ham hisobga olib ko'paytirish kerak. Masalan, trubaning boshlang'ich kesimidagi o'rtacha temperaturasi t' va oxirgi kesimidagi temperaturasi t'' , bo'lsin. Bu holda truba uzunligi bo'yicha temperaturasi o'zgarishining o'rtacha qiymatini

$$t_f = \frac{1}{2}(t_f^1 + t_f^2) \quad (7.21)$$

bo'ladi. Ammo umumiy holda truba bo'yicha suyuqlikning o'rtacha qiymatini hisoblash

$$\tilde{t}_f = t_\omega \pm \Delta t \quad (7.22)$$

formula yordamida bajarilishi mumkin. Truba uzunligi bo'yicha sovishi (+) va (-) suyuqlikni qizdirishni ifodalaydi. Bu yerda t_ω devorning temperaturasi Δt temperatura o'zgarishining o'rtacha arifmetik miqdoridir. Shunga asosan

$$\Delta t = \Delta t_{11} \left(\frac{\Delta t^{11}}{\Delta t^1} - 1 / \ln \frac{\Delta t^{11}}{\Delta t^1} \right) = \frac{t_f^1 - t_f^{11}}{\frac{t_f^1 - t_\omega}{t_f^{11} - t_\omega}} \quad (7.23)$$

Temperaturaning o'rtacha logarifmik qiymati hamma vaqt o'rtacha arifmetik qiymatidan kichik bo'ladi. Ammo $\frac{\Delta t''}{\Delta t'} > 0,5$ bo'lib, ular orasidagi farq juda kichik (hatto 4 % ham) t_f -

qurilma ichidagi suyuqlik temperaturasi belgilanadi. Demak issiqlik almashinuvi apparatlarida suyuqlik temperaturasi doimiy o'zgarib borishi bilan uning fizik parametrlari ham o'zgaradi. Shuning uchun issiqlik almashinuv qurilmalarida temperaturani o'rtachalashtirishda fizik parametrlarni ham o'rtachalashtirilgan qiymatlaridan foydalanish kerak. Chegara qatlamlari uchun odatdagi temperaturani o'rtachalashtirishgan $t_m = 0,5 \cdot (t_\omega + t_\gamma)$ formulasidan foydalaniladi. t_ω - devor temperaturasi, t_f - suyuqlik temperaturasi. Issiqlik almashinuv jarayonlarida t_m ni hisoblashda ba'zi mualliflar oqimni to'g'ri yo'nalishda deb, ayrimlari teskari yo'nalishda deb olib t_m ni hisoblaydilar. Ayrimlari t_ω ning o'rtachalashtirishgan qiymatini, ayrimlari t_γ ning o'rtachalashtirilgan qiymatlarini olib hisoblaganlar. Shuningdek, ayrim mualliflar kombinatsiyalashtirilgan qiymatlardan foydalanadilar. Shuning uchun tajribada olingan natijalarni umumlashtirishdan har xil emperik formulalar olinadi. Issiqlik almashinuv jarayonlarida yoki gidravlik yoki aerodinamik qarshiliklarni aniqlash uchun tajribadan olingan natijalarni umumlashtirib, quyidagicha hisoblashlarni bajarish mumkin. Suyuqliklar yoki havoning trubalarda majburiy yoki tabiiy harakatlanishida, ko'ndalang yoki bo'ylama issiqlik almashinuv apparatlar yuzasi orqali oqim jarayonida, shuningdek, plita devorlar bo'ylab havo tabiiy harakatlanganda o'rtacha temperatura qabul qilinib hisoblashlar bajarilishi mumkin.

Suyuqlik qaynashida yoki bug‘lanishining kondensatsiyalanishidagi temperatura davriy ravishda to‘yingan holdagi qiymatlari olinadi. Bunday hollarda temperatura o‘zgarishi chegara qatlamdagi qismida suyuqlikning fizik parametrlari o‘zgaradi. Shunga asosan maxsus tajribalar o‘tkazish bilan issiqlik almashinuv jarayonlari o‘rganiladi. Bunda asosan kriterial tenglamalardan foydalaniladi. Jumladan Prandtel kriteriyasi berilgan temperatura uchun:

$$Pr_f = \frac{\nu}{a} \text{ ya'ni } \left(\frac{Pr_t f}{Pr_{\omega}} \right)^{0.25}$$

bu yerda, t_f – suyuqlik temperaturasi, t_{ω} – devor temperaturasi.

Tajriba natijalarini olishda va hisoblashda temperaturaning qiymatlari barcha hollarda bir qiymatli olinishi kerak. Masalan, truba yoki kanalda suyuqlik yoki havo harakatlanganda issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\lambda F(t_{\omega} - t_f) = \omega \gamma C_p f(t_f^{11} - t_f^1) \quad (7.24)$$

Bu yerda, ω - suyuqlik tezligi; γ - suyuqlikning solishtirma og‘irligi; C_p - bosim o‘zgarmasdagi solishtirma og‘irligi; t_f - suyuqlikning o‘rtacha temperaturasi.

(7.24) formulaning ikkala tomonini d ga ko‘paytirib, λ ga bo‘lamiz:

$$\frac{\lambda d}{\lambda} F(t_{\omega} - t_f) = \frac{\omega d \gamma C_p}{\lambda} \cdot f(t_f^{11} - t_f^1) = \frac{\omega d}{\lambda} \cdot \frac{\partial}{\partial a} f(t_f^{11} - t_f^1) \quad (7.25)$$

bundan

$$\frac{Nu}{Pe} = \frac{Nu}{Re \cdot Pr} = \frac{f}{F} \approx \frac{\delta}{pt} \quad (7.26)$$

kriterial tenglamalar oralig‘ida bog‘lanish hosil bo‘ladi.

Issiqlik almashinuvini hisoblashda bu kriterial tenglamalarning emperik xarakteristikasini keltirib chiqarish talab etiladi.

$$Nu = C R e^n \cdot P r^m \quad (7.27)$$

bu yerda, C , n va m lar doimiy sonlar bo‘lib, tajriba natijalari qayta ishlanishi jarayonida aniqlanadi. Amalda issiqlik almashinuvi masalalarini yechishda

$$Nu = C R e^n \quad (7.28)$$

kriterial tenglama grafik asosida ifodalanadi. Buning uchun (7.28) formulani logarifmlaymiz:

$$\lg Nu = \lg C + n \lg Re \quad (7.29)$$

$$\lg Nu = Y$$

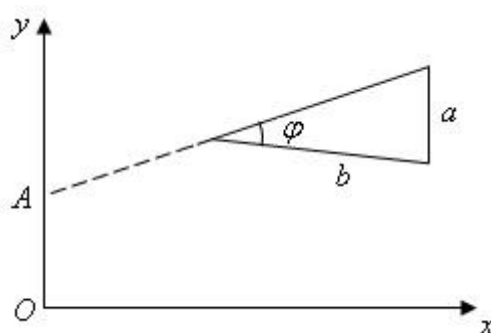
$$\lg Nu = X \quad (7.30)$$

$$\lg C = A$$

(7.30) ni (7.29) ga qo‘ysak:

$$Y = A + n X \quad (7.31)$$

Grafikda bu belgilarni quyidagicha ifodalaymiz.



7.3-rasm.

$$\frac{a}{b} = \tan \varphi \quad (7.32)$$

(7.31) tenglama to'g'ri chiziqni ifodalaydi. $a/b=n$ deb belgilaymiz va (7.32) ga qo'yamiz: $n=tq\varphi$. Bu ifodaga qiymat berib borsak, u to'g'ri chiziqning istalgan nuqtasini qoniqtiradi. (7.28) formuladan

$$C = \frac{Nu}{Re^n} \text{ va } Re = \frac{wd}{\nu}$$

tengliklar ham to'g'ri chiziqni belgilaydi. Bu formula orqali issiqlik tashuvchi va quvurlarni devorlari oralig'idagi issiqlik almashinuvini aniqlash mumkin. Tajriba asosida kriterial tenglamadagi fizik parametrlarni aniqlaymiz. Masalan, quvurdan oqadigan gazning tezligini ω ni o'lchab olsak, Reynolds kriteriyasini aniqlash mumkin:

$$Re = \frac{wd}{\nu} \quad (7.33)$$

Agar tajribada issiqlik tashuvchining quvur bo'ylab oqim sarfi C_T (kg/s) aniqlanadigan bo'lsa, u holda

$$Re = \frac{Gd}{fgm}; \quad \alpha = \frac{3600}{\pi l d} C_p C_T \frac{\delta f}{\delta t} \quad (7.34)$$

va

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = \frac{3600}{\pi \lambda} \cdot \frac{C_p C_T}{\lambda} \cdot \frac{\delta f}{\delta t} \quad (7.35)$$

Shunga o'xshash jarayonlar uchun ham yechish mumkin.

$$\frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{\omega \cdot \gamma \cdot C_p} = \frac{\delta \cdot t}{\Delta t} \cdot \frac{f}{F} = \frac{\delta \cdot t}{\Delta t} \cdot \frac{d}{4e} \quad (7.36)$$

Tajriba natijalarining aniqlik darajasiga muvofiq issiqlik almashinuvi amalga oshadi. Issiqlik tashuvchi va oqim quvurlarining devorlari bilan bo'ladigan issiqlik almashinuv jarayonlarida olingan tajriba natijalarini umumlashtirish o'xshashlik kriteriyalari orqali amalga oshiriladi.

$$\alpha = A \cdot \Delta t^n, \quad \alpha = B \cdot \omega^m \quad (7.37)$$

Bu tenglamalar issiqlik tashuvchi va oqim harakatlanadigan quvurlarning devorlari o'rtasida issiqlik berish koeffitsiyentlarining ifodalanishidir. Quvurlarda oqadigan issiqlik tashuvchi (suv yoki issiq havo) bilan bog'liq issiqlik almashinuvi jarayonlari tajribalardan olingan aniq ma'lumotlar asosida kriterial tenglamalar olinadi.

Nusselt quvurdan oqadigan gaz issiqligidan quvur devorlariga beriladigan issiqlikni tajribalar yordamida tekshirib quyidagi kriterial tenglamani oldi.

$$Nu = 0.018 Re^{0.8} \quad (7.38)$$

$$Nu = \frac{ad}{\lambda_\gamma}, \quad Re = \frac{\omega d}{\nu} \quad (7.39)$$

(7.39) ni (7.38) ga olib borib qo'yamiz.

$$\frac{ad}{\lambda_\gamma} = 0.08 \left(\frac{\omega d}{\sigma} \right)^{0.08} \quad (7.40)$$

bu yerda,

$$a = \frac{0.08}{9.81^{0.8}} \left(\frac{\lambda f}{m_f^{0.8}} \right) (\gamma \omega)^{0.8} d^{0.2} \quad [kJ / m^2 K] \quad (7.41)$$

Bundan issiqlik tashuvchi gazni quvur devorlariga issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash mumkin.

$$a = 0,018 \left(\frac{\omega \cdot d}{\delta} \right)^{0,08} \cdot \frac{\lambda_\gamma}{d} \quad (7.42)$$

Shuningdek, bu ifodani quyidagicha empirik tenglama ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$a = \beta \cdot \frac{(a \cdot \omega)^{0,8}}{d^{0,2}} \left[kJE / m^2 \cdot J \right] \quad (7.43)$$

bu yerda,

$$\beta = \frac{0,018}{(9,81)^{0,8}} \cdot \frac{\lambda_\gamma}{\mu_{\gamma,0}^{0,8}} \quad (7.44)$$

ga teng bo‘lib, issiqlik tashuvchining o‘rtacha temperaturasi bog‘liq bo‘ladi. Masalan, quvur ichidan issiq havo ω tezlik bilan oqadigan bo‘lsa, issiqlik tashuvchidan quvur devorlariga beriladigan issiqlikni, issiqlik berish koeffitsiyenti tajriba asosida o‘lchanib α quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\lambda = 0,021 \frac{\lambda_\delta \omega^{0,8}}{d^{0,2} g_r^{0,37} a^{0,43}} \left(\frac{P_r}{P_{rd}} \right)^{0,25} \quad (7.45)$$

Bu tenglamalar yordamida suyuqlik yoki gaz oqimi quvurdan ω tezlik bilan oqishi jarayonida quvur devorlariga issiqlik berish koeffitsiyentini empirik aniqlash imkonini beradi.

Tenglamalar yordamida tajribadan olingan natijalar analiz qilinadi, umumlashtiriladi va soddalashtirilib yechiladi.

7.3-§. Ikki pog‘onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektorli quyosh dushining issiqlik fizikaviy jarayonlari va iqtisodiy samaradorligi

Bunday qurilmada issiq suv bosimi P va suv sarfi L bo‘lib, sistemadan beriladigan issiq suv bilan havo o‘rtasida sodir bo‘ladigan issiqlik hamda namlik bilan issiqlik almashinuvi konvektiv, issiqlik o‘tkazuvchanlik va diffuziya asosida amalga oshadi. Ikki pog‘onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektorli quyosh dush qurilmasining umumiy sxemasi 7.4- va 7.5-rasmlarda keltirilgan. Issiqlik almashinuvining quvvati issiq suv beriladigan sistemadagi temperaturalar T_1 va T_2 lar farqiga hamda sistemadagi suv bug‘ining parsial bosimlariga muvofiq havo zarralarining namligini oshirishda yuzaga keladigan massa almashinuvi bilan xarakterlanadi. Suv bug‘i bilan kontaktda bo‘lgan havoning teplofizik parametrlari (temperaturasi, namligi) asosan suv bug‘i temperaturasi o‘zgarishiga va bevosita havo oqimi zarralari bilan o‘zaro kontaktda bo‘lishidagi massa almashinuv jarayoniga bog‘liq bo‘ladi. Issiq suv va havo oqimi o‘rtasidagi kontakt natijasida sodir bo‘ladigan to‘la issiqlik miqdori (Q_T kVt/m²) yuza birligiga mos keladi.

$$Q_T = Q_d + Q_x + Q_k = \alpha (T_c - T_x) F + rW + C\gamma V_{is} \cdot \Delta T \quad (7.46)$$

Bu yerda Q_d, Q_x - ikki pog‘onali qizdirgichdan berilgan va yashirincha issiqlik miqdorlari, kVt; α - issiqlik berish koeffitsiyenti, kVt/m²·K; F - issiq suv va havoning issiqlik almashinuv yuzasi, m²; T_x - atrof-muhit temperaturasi, K; T_c - issiq suv temperaturasi, K; W - issiq suv yuzasi bilan havoning o‘zaro kontaktda bo‘lishi natijasida hosil bo‘lgan namlik miqdori, kg/m·s; $\tau = 2500 - 2,38$; C - suvning solishtirma issiqlik sig‘imi, kJ/m² K; γ - suvning zichligi kg/m³ va ΔT - geliokollektordan beriladigan issiq suvning o‘rtacha temperaturasi, K;

Bu yerda

$$W = \beta (p_\delta - P_2) F \quad (7.47)$$

ga teng bo‘lib, β - nam almashinuv bug‘lanish koeffitsiyenti, kg/(C·n); $p_\delta - P_2$ - suv bug‘ining va suv havo chegarasidagi parsial bosimlar, n/m².

Ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan yoqilg'i-quyosh tarmoq qizdirgichida sistemada bug' hosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan tenglik;

$$\frac{P_{\delta} - P_q}{d_{\delta} - d_q} \cdot 10^3 = m \approx \text{const}$$

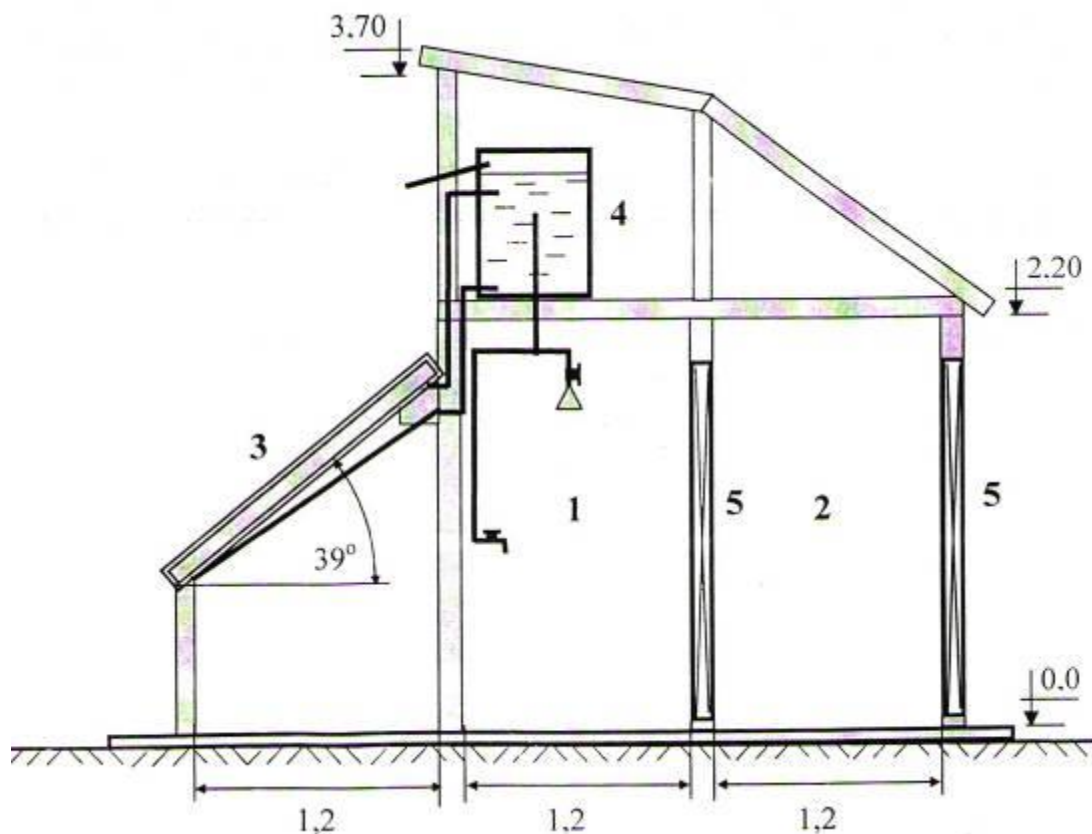
yoki

$$P_{\delta} - P_x = m(d_{\delta} - d_x) \cdot 10^{-3} \quad (7.48)$$

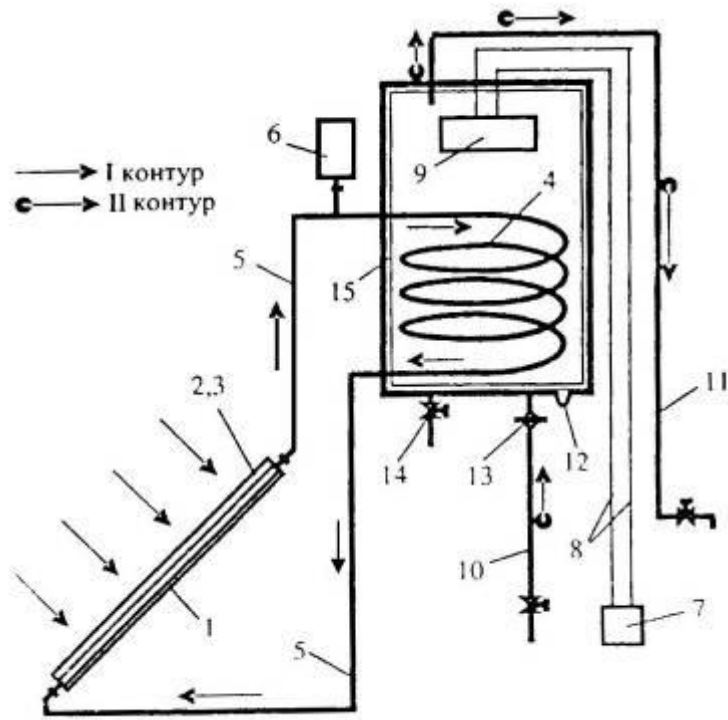
bu yerda, $d_{\delta} - d_x$ - to'yingan suv bug'i va nam havoning namsaqlash darajasi;

$P_{\delta} - P_x$ - ifodasini (7.48) dan (7.47) ga qo'yib,

$$W = m\beta(d_{\delta} - d_x) \cdot 10^{-3} F = \beta^1(d_{\delta} - d_x) \cdot 10^{-3} F \quad (7.49)$$



7.4-rasm. Quyosh dushining ko'ndalang kesimi sxemasi 1-dush xonasi; yechinish xonasi; quyosh kollektori; 4-issiqsuv baki; 5-eshik



7.5-rasm. Quyosh dush qurilmasining ikki konturli suv isitish kollektorining ko'ndalang kesim.

1 - quyosh kollektori; 2 - kollektorning tiniq yuzasi (shisha) 3 - shisha joylashtiriladigan taglik; 4 - issiqlik almashuv qurilmasi; 5 - kollektorni bak bilan bog'lovchi rezina shlang; 6 - suv bakini kengaytiruvchi va oqimni boshqaruvchi sistema; 7 -elektr suv qizdirgichni boshqaruvchi qurilma; 8 - elektr boshqarish sistemasining elektr liniyasi; 9 - elektr suv qizdirgich; 10 - sovuq suv uzatish trubasi; 11- issiq suv chiqadigan truba; 12 - yer bilan elektr tarmog'ini bog'lovchi saqlagich; 13 - teskari klavin (bak bilan kollektorni orasidagi issiq suvni aylanishini ta'minlaydi); 14 - quyosh dushiga issiq suv beradigan moslama; 15 - bak akkumulyator.

Bu yerda

$$\beta^1 = m\beta = \beta \frac{P_\delta - P_x}{d_\delta - d_x} \cdot 10^{-3}; ds \text{ va } ds \cdot \tau / kg$$

ifodalandi.

Demak, (7.46) ifodani quyidagi ko'rinishda keltiriladi:

$$Q_T = [\alpha(T_\delta - T_x) + r\beta^1(d_\delta - d_x) \cdot 10^{-3}]F + C\mathcal{N}_{uc} \bar{\Delta}T = \beta' \left[\frac{\alpha}{\beta'} (T_\delta - T_x) + r(d_\delta - d_x) \cdot 10^{-3} \right] F + c\mathcal{N} \bar{\Delta}T \quad (7.50)$$

$\alpha = \beta' \approx c'$ bo'lib nam havoning issiqlik sig'imi va u $1,005 + 1,806x(d/1000)$, $kJ/(kg \cdot K)$. Bu ifodalarni (7.50) ga qo'yamiz va

$$Q_T = \beta' [\alpha(T_\delta - T_x) + r(d_\delta - d_x) \cdot 10^{-3}]F + C\mathcal{N}_{uc} \bar{\Delta}T = \beta' \left[(1,005 + 1,806 \frac{\alpha}{1000}) \cdot (T_\delta - T_x) + (2500 - 2,38T_x) \frac{d_\delta - d_x}{1000} \right] F + c\mathcal{N} \bar{\Delta}T \quad (7.51)$$

Ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektordan quyosh dushi uchun foydalanish jarayonida qurilmada suv, bug' va nam havoning entalpiyalari I_δ va I_x larga teng bo'ladi.

Shunga asosan ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektordan isitish qurilmasiga beriladigan to'la issiqlik miqdori

$$Q_T = \beta' \left[\alpha (I_\delta - I_x) - 2,38 T_x \frac{d_\delta - d_x}{1000} \right] F + C \gamma V_{is} \bar{\Delta T} \quad (7.52)$$

Bu yerda, $T_x \frac{d_\delta - d_x}{1000}$ - kattalikning miqdori $I_\delta - I_x$ ga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun (1 % dan kam bo'lgani uchun) bu qiymatni e'tirof etmasdan (7.52) ifodani:

$$Q_T = \beta' (I_\delta - I_x) F + C \gamma V_{is} \bar{\Delta T} \quad (7.53)$$

ko'rinishda ifodalash mumkin. Bu ifodani havoning namlik miqdoriga bo'lsak,

$$\frac{Q_T}{W} = \frac{(I_\delta - I_x) + C \gamma V_{is} \bar{\Delta T}}{(d_\delta - d_x) \cdot 10^{-3}} = \frac{\Delta I (C \gamma V_{is} \bar{\Delta T})}{(d_\delta - d_x) \cdot 10^{-3}} = \varepsilon \quad (7.54)$$

tenglik hosil bo'ladi. Bu formuladan foydalanib I, d diagrammani tuzib ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektorda suv qizdirgichi uchun issiqlik tashuvchining teplofizik xarakteristikasi aniqlanadi.

Kombinatsiyalashtirilgan ikki pog'onali geliokollektor suv isitgichning qizdirgichini ish rejimi davrda talab qilinadigan yoki yig'indi energiya kattaligi E ga mos keladi. (7.54) formulani yechish uchun geliokollektorning tiniq yuzasidan o'tadigan quyosh energiya yig'indi miqdori quyosh kollektoriga va atrof muhit temperaturasi $T_{am}(t)$ ga bog'liq bo'ladi. Geliokollektorga tushadigan quyosh radiatsiyasini intensivligi Q , nur qabul qiluvchi kollektorning janubiy orentatsiyaga nisbatan joylashish burchagi α ga bog'liq bo'ladi.

$$Q = Q \left[\sin(\varphi - \alpha) \sin \delta + \cos(\varphi - \alpha) \cos \delta \cos[(t - 12)15] + Q_p(1 - d/180) \right] \quad (7.55)$$

Bu yerda, Q_1 - geliokollektor tiniq yuzasiga perpendikulyar tushadigan energiya intensivligi; Q_p - geliokollektor tiniq yuzasidan sochiladigan quyosh nur energiyasining intensivligi; φ - joyning geografik kengligi; α - geliokollektorni gorizontga nisbatan joylashish burchagi; δ - quyoshning og'ish burchagi; t - vaqt (soatlarda o'lchanadi); j - sutkalar nomeri.

$$\delta = 23,45^\circ t_m \left(360^\circ \frac{284 - j}{365} \right) \quad (7.56)$$

Tashqi havo temperaturasining o'zgarishi quyidagicha qonuniyatga asosan o'zgaradi.

$$T_{at} = T_{a.o'r} + \frac{1}{2} \delta T \cos \frac{\pi(t - t_m)}{12} \quad (7.57)$$

bu yerda, $T_{a.o'r}$ - atrof muhitning o'rtacha temperaturasi; δT - sutka davomida temperatura amplitudasining o'zgarishi; t_m - sutka davomida vaqt bo'yicha temperatura o'zgarishi. (7.57) formula sutka davomida havo temperaturasi o'zgarishini xarakterlaydi.

Kombinatsiyalashtirilgan ikki pog'onali geliokollektordan quyosh dush qurilmasida foydalanishda quyosh issiqlik yig'uvchi sistemani ishlash rejimini modellashtirish $Q_1, Q_p, T_{a.o'r}, \delta T$ - kabi parametrlarga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun bu sistemada issiqlikning yig'ilishini funksiyalashtirish sistemasini modellashtirishda Monte-Karlo metodidan foydalaniladi.

Buning uchun quyidagicha fikr mulohazalarni asosiy tadqiqot uchun belgilab olamiz:

-kombinatsiyalashtirilgan geliokollektor tiniq yuzasiga tushadigan to'g'ri va sochilgan quyosh radiatsiyasiga;

- shuningdek, sutka davomida havo temperaturasini davriy o'zgarish;

- oylar davomida meteorologik faktorlar miqdoriga mos ravishda yillik o'zgarishga va radiatsion rejimga iqlim sharoitlariga bog'liq darajalarini parametrlariga bog'liqligini belgilab olinadi.

Kombinatsiyalashtirilgan bu qurilmadagi teplofizik jarayonlarni e'tiborga olib oy davomida bu parametrlarni darajasini olamiz. Shuningdek quyosh radiatsiyasining intensivligini va tashqi havo haroratining o'zgarishi, to'g'ri quyosh radiatsiyasi va sochilgan radiatsiya intensivliklarini oy davomidagi o'zgarishini o'rtacha deb hisoblaymiz va kerakli ma'lumotlarni olish uchun o'lchamsiz teplofizik parametrlarni aniqlaymiz:

$$Q_0 = \frac{QC_p T_{kol}}{AE_{tp} \Delta t}; \quad (7.58)$$

$$K_0 = \frac{KST_{kol}}{N_{OT} + N_{q.h.qiz}}; \quad (7.59)$$

$$\beta = \frac{N_{OT}}{N_{OT} + N_{q.h.qiz}} \quad (7.60)$$

$$r = \frac{AE_{yil}}{N_{OT} + N_{q.h.qiz}} \quad (7.61)$$

bu yerda, E_{yil} - quyosh kollektorining $1m^2$ yil davomida oladigan energiyasi. Δt – modellashirishda vaqt qadami

$$N_{OT} = X \int_0^{1_{yil}} R dt, \quad R = \begin{cases} T_{q.qiz} - T_{at.muh} \\ 0, \text{ arap } T_{q.qiz} > T_{at.muh} \end{cases} \quad (7.62)$$

$$N_{q.suv.qiz} = C_p C_{T0} \int_0^{1_{yil}} (T_{q.suv.qiz} - T_{s.suv}) dt, \text{ arap } T_{q.kol} > T_{at.muh} \quad (7.63)$$

7.6-rasmda ikki pog'onali kombinatsiyalashtirilgan geliokollektorli quyosh dushida issiq suv olish grafigi keltirilgan. Q va K_0 issiqlik akkumulyatorining o'lchamsiz parametrlari, hajmi va issiqlik akkumulyatorining issiqlik berish koeffitsiyenti; β – quyosh issiqlik kollektorining suv isitish bilan ta'minoti yig'indisi; r – yillik davomida issiqlik talab qilinadigan miqdorni quyosh energiyasi hisobidan amalga oshirish miqdori.

Kombinatsiyalashtirilgan ikki pog'onali geliokollektorli quyosh dushini issiq suv bilan ta'minlash sistemasini optimallashtirish jarayonida sarflanadigan minimal xarajatlar miqdorini hisoblashda

$$P = C(N_{q.suv.qiz} + N_{y.istal})(1 + \Sigma) + (E_n + \gamma)(C_{q.kol} A + K) \quad (7.64)$$

bu yerda, C – elektr energiyasi hisobida beriladigan issiqlikni solishtirma narxi; $C_{q.kol}$ – quyosh kollektorining solishtirma narxi; K – issiqlik yig'uvchi sistemaning qurilishiga sarflanadigan xarajatlarni tarkibiy doimiysi; γ – quyosh kollektori hisobida beriladigan issiqlik hisobida iqtisod qilinadigan bir yillik solishtirma miqdor; E_n – normal koeffitsiyent.

Keltirilgan sarf xarajatlarni hisoblashda keltirilgan o'chamsiz ifodalar;

$$P = \frac{P'}{N_{q.h.qiz} + N_{y.istal}} = 1 - \Sigma + H_{ch} + K_0 \quad (7.65)$$

$$H = \frac{(E_n + \gamma)C_{q.kol}}{CE_{yil}}; \quad (7.66)$$

$$K_0 = \frac{(E_n + \gamma)K}{C(N_{q.suv.qiz} + N_{y.istal})}$$

H – parametr quyosh kollektori 1 m^2 dan bir yilda olinadigan energiya miqdori sarf xarajatini ikki pog‘onali energiya qurilmasida shuncha energiya olish uchun sarflanadigan solishtirma keltirilgan miqdori. $E(r)$ – funksiya miqdorini r – funksiya minimal kamaytirilganga bog‘lanishini aniqlash bilan natijalar olamiz. $r = r_{qo'sh.pol}$ ni H ga nisbatan minimal qiymatgacha optimal o‘lchamga keltirib natijalarni olamiz. Agar $r_{qo'sh.pol} > 0$ bo‘lsa, demak optimallashtirilgan ikki pog‘onali tarmoq yoqilg‘i-quyosh qurilmasida issiqlik energiyasini to‘plab foydalanishda quyosh kollektoridan qo‘shimcha foydalanish bilan sistemada energiya tejamkorligiga erishish mumkin bo‘ladi. H – teplofizik parametrning qiymati $\tau_{qo'sh.pol} = 0$ bo‘lgan optimal holatga mos kelsa u holda issiqlik ta‘minoti uchun faqat quyosh energiyasidan olingan miqdor energiya yetarli bo‘ladi.

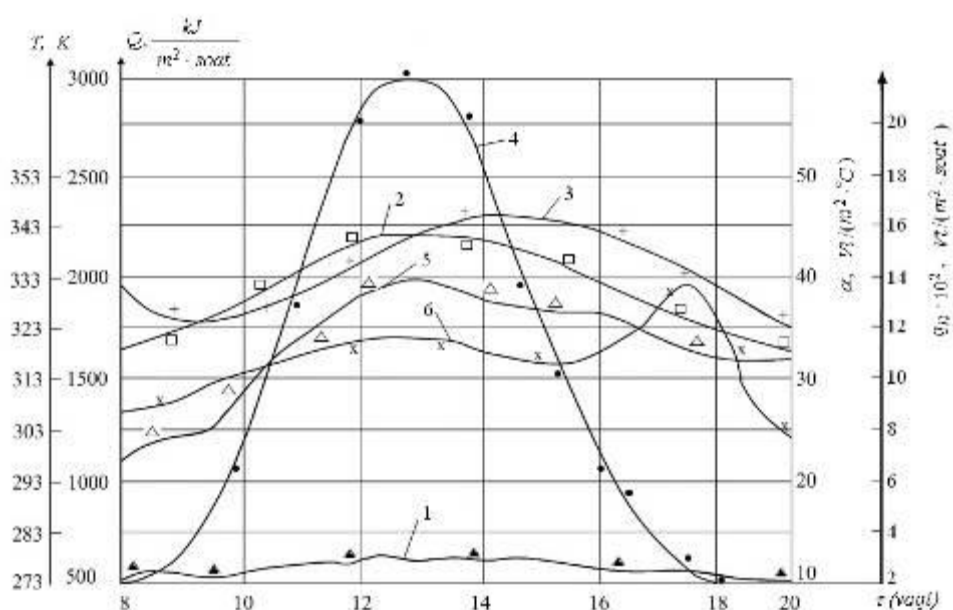
Qarshi shahar geografik kengligi uchun ikki pog‘onali tarmoq qizdirgich yoqilg‘i-quyosh isitish energetik tizimi qurilmasi bilan issiqlik ta‘minotini o‘rganishda quyosh energiyasi va atmosfera havo temperaturasi ma’lumotlar va tajriba natijasida olingan:

$$\varphi = 39^\circ, \alpha = 25 \div 50^\circ, t_{ikki,tor} = 3^\circ C,$$

$$T_{kol,qayt} = 18^\circ C, \Delta T = 15^\circ C, \Delta t = 1 \text{ soat},$$

$$m = 0,25, Q = 10, K = 0, a = 0,7, b = 4,3.$$

Kuz va qish faslida quyosh dush qurilmasini issiq suv bilan ta‘minlab isitish uchun kombinatsiyalashtirilgan optimal qurilmadan foydalanib olingan natijalar 7.6-rasmda keltiriladi:



7.6-rasm. Geliodushevoyning issiqlik-fizikaviy va energetik xarakteristikasi (18-22 dekabr 2009 yil)

1-tashqi havo temperaturasi, K; 2-quyosh energiyasi ta'sirida kollektorning 1-konturida qiziydigan suvning temperaturasi, K; 3-elektr enegiyasi hisobidan 2-konturda qizigan suv temperaturasi, K; 4-kollektorning tiniq yuzasidan oladigan quyosh energiyasining miqdori, $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$; 5-quyosh energiyasi ta'sirida kollektorning 1-konturi qora panelining qizishi natijasida suvga beriladigan issiqlik miqdori, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$; 6-kollektor qora ponelining suv issiqlik berishi koeffitsiyenti, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ C)$.

Ikki pog‘onali tarmoq qizdirgich kombinatsiyalashtirilgan quyosh dush qurilmasini quyosh kollektorini tayyorlash sarf-xarajatlari nisbatan optimal koeffitsiyenti orasidagi bog‘lanish grafigi 7.6-rasmdan aniqlash mumkinki, issiqlik energiyasi ta‘minoti uchun ikki

pog'onali tarmoq qizdirgichida quyosh energiyasidan samarali foydalanishga erishish mumkin bo'ladi.

Tajribalar va hisoblashlardan ko'rinadiki, qish faslida havo bulutli kunlarda qo'shimcha elektr energiyasidan foydalanish mumkin bo'lmagan hollarda isitish sistemasi uchun faqat quyosh energiyasidan foydalanib issiqlik ta'minotiga erishib bo'lmas ekan. Teplofizik parametrdan $H = H_{s/s.suy}$ ning kritik qiymatlari 0,5; 0,7; 0,8 va $\beta = 0; 0,6; 1,0$ bo'lganda quyosh dushini issiqlik ta'minoti uchun quyosh energiyasidan foydalanish iqtisodiy jihatdan samarali bo'ladi.

O'tkazilgan tajribalar va nazariy hisoblashlar taqqoslanib tuzilgan grafiklar va o'tkazilgan tajriba natijalaridan ko'rinadiki, Qarshi shahrining klimatik sharoitida issiqlik ta'minoti uchun quyosh energiyasidan quyosh dush qurilmasida samarali foydalanilsa, geliokollektorlar va issiqlik akkumulyatorlarining optimal qurilmalari tayyorlanib ishlatishga erishilsa ikki pog'onali tarmoq qizdirgich yoki elektr suv qizdirgichda nisbatan (45-60 %) iqtisodiy samaradorlikka erishilar ekan.

Bir kishiga bir kunda beriladigan issiq suv sarfi 60-100 litr bo'lib, 100 litr suvni 50-60 °C temperaturaga (qish faslida) qizdirish uchun 1,4m² ishchi yuzali quyosh kollektori talab etiladi; 2009-yil 18-19-dekabr kunlari quyosh kollektori ishlaydigan (elektr boshqarish sistemasi qo'shilmagan); 20-21-dekabr kunlari quyosh kollektori qo'shilmasdan faqat elektr suv qizdirgich qo'shilgan holda tajribalar o'tkazildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, 100 litr suvni quyosh energiyasi bilan 50-60 °C temperaturaga qizdirish uchun 4,5-5 soat davom etgan bo'lsa, elektr suv qizdirgich bilan shunday temperaturaga qizdirish uchun 2-2,5 soat zarur bo'lar ekan. Ammo quyosh energiyasi bilan quyosh kollektorida bir kunda suvni qizdirish davomida 8-10 kVt energiya tejallishiga erishiladi.

7.4-§. Devorning teplofizik va energetik xossalarini matematik hisoblash va issiqlik yo'qotishni aniqlash

Dala shiypolarida bir qavatli binolar qurilib, ularning devorlari pishiq g'isht devor va uning ichki, tashqi tomonlari mayin somon bilan aralashtirib tayyorlangan loy shuvoq bilan qoplanadi.

Bunday uylarda temperatura va derazalardan o'tuvchi nur energiyasining doimiy o'zgarib turishi, shu bilan bog'liq holda devor orqali issiqlikning tashqariga uzatilishi, ya'ni issiqlik to'liqlarining o'tishini aniqlash uchun E.Shmidtning chekli ayirmalar usulidan foydalanamiz. Garchi bu usul taxminiy bo'lsa-da, amaliy masalalar uchun yetarlidir.

Bu usul bo'yicha berilgan yassi devorning va uning ΔX qalinlikdagi somon mayin shuvoqning teplofizik xossalari λ, C, γ asosida formula yordamida vaqt intervali $\Delta \tau$ aniqlanib, vaqt intervali $\Delta \tau$ dan keyingi temperaturalarning taqsimlanishi hisoblab chiqildi. Buning uchun devorni qalin plastinka shaklida deb olish mumkin.

Shmidt tenglamasida faqatgina konvektiv issiqlik almashinish hisobiga olinmasdan, balki nurlanish yo'li bilan issiqlik almashinish ham e'tiborga olinadi. Mis va konstantanli termoparalar yordamida yassi devor tashqi va ichki sirtlaridan temperaturalarni miqdorlari, ichki va tashqi havo haroratlari termograflar yordamida qayd qilib borildi hamda temperatura egri chiziqlari har bir $\Delta \tau$ moment uchun hisoblandi.

Bunda issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (7.67)$$

Shmidt usuli bo'yicha

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = a \frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2} \quad (7.68)$$

bilan almashtiriladi, bunda

$$a = \frac{\lambda}{C\gamma}$$

ga teng bo'lib, devorning temperatura o'tkazuvchanligi deyiladi.

$\Delta\tau$ ixtiyoriy olinmasdan quyidagi ifoda bilan bog'langandir.

$$\Delta\tau_{maks} = \frac{\Delta X^2}{2a} \quad (7.69)$$

Shu bilan jism chegarasidagi temperatura o'zgarishi ma'lum bo'lmaganda, har bir qo'shni qatlamdagi temperatura quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$t_{(n+1)\Delta Z, m\Delta x} = \frac{t_{n,\Delta Z} + (m+1)\Delta X + tm\Delta\tau, (m-1)\Delta X}{2} \quad (7.70)$$

bu yerda, $n, \Delta z$ - vaqt bo'lagining nomeri, m - qatlam nomeri.

Xonaning harorati ma'lum bo'lsa, konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti, yutilgan nur energiyasi miqdori va devorning teplofizik xossalari orqali devorning sirtidagi ichki havo harorati t_x qalinligi ΔX bo'lgan devorning tashqi chegara sirtidagi haroratini t_2 , bino ichidagi havoning devorga beradigan issiqlik berish koeffitsiyentini α , devorlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining o'rtacha kattaligini λ deb belgilaymiz.

Professor V.S.Lukyanov tomonidan tavsiya etilgan $\Delta\tau_{max}$ vaqt oralig'ida devor qatlamlari orqali issiqlik to'liqlari quyidaicha yoziladi:

$$\tau_{n,z+1} = (\tau_{n-1,z+1} + \tau_{n+1,z+1})/2 \quad (7.71)$$

(7.70) va (7.71) formula yordamida $\Delta\tau = \Delta\tau_{max}$ vaqt ichidagi issiqlik to'liqlari devor qatlamlari orqali so'nib borishida havodan devorga berilgan issiqlik miqdorini Q_2 desak, ularning ifodalanishi quyidagicha bo'ladi:

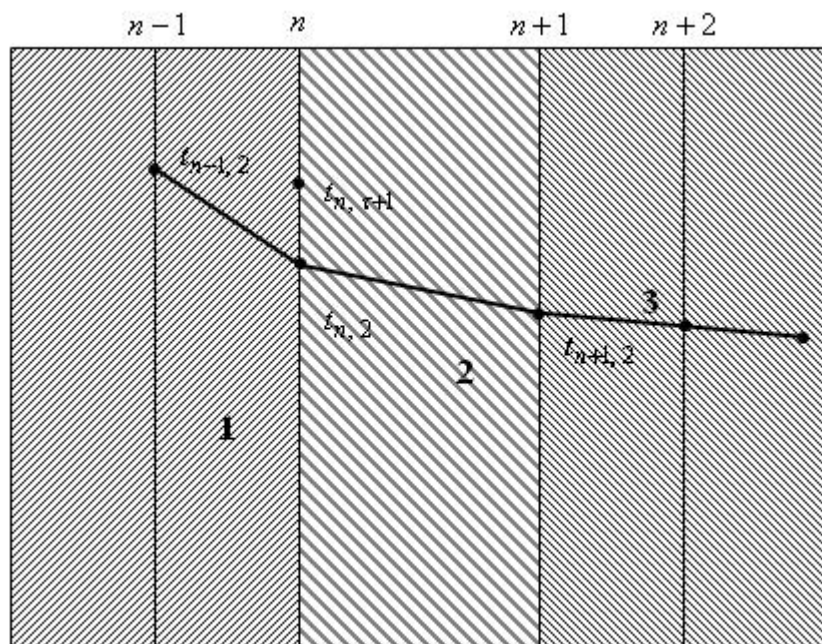
$$Q = \frac{\lambda}{\Delta X} (t_{1,z+1} - t_{2,z}) \Delta\tau;$$

bu yerda

$$\alpha t_{1,z+1} - \alpha t_x + \frac{\lambda}{\Delta X} t_{1,z+1} - \frac{\lambda}{\Delta X} t_{2,z} = 0 \quad (7.72)$$

bo'lib, bu tenglamani $t_{1,z+1}$ bo'yicha yechsak, xona ichidagi havo temperaturasini aniqlagan bo'lamiz (7.7-rasm):

$$\tau_{1,z+1} = \frac{\alpha t_x + \frac{\lambda}{\Delta X} t_{2,\tau}}{\alpha + \frac{\lambda}{\Delta X}} \quad (7.73)$$



7.7-rasm. Devor qatlamlari turli xil bo'lganda qatlamlarda temperatura o'zgarishi 1, 3-mayin g'isht, 2-pishiq g'isht devor.

Agar $\Delta\tau < \Delta\tau_{\max}$ bo'lsa, ichki somon shuvoqli qatlamdan paxsa devor qatlamiga $(\Delta X_0)\Delta\tau$ vaqt oralig'ida issiqlik to'liqlari o'tadi, ya'ni

$$\Delta X_0 = \sqrt{2a\Delta\tau} \quad (7.74)$$

Bizning tajribada dala shiypnidagi bir qavatli binoning devorli qatlamlari 7.7-rasmda ko'rsatilgandek, devor qatlamlari turli xil bo'lganda qatlamlarda temperatura o'zgarishini hisoblash, ya'ni temperaturaning $\Delta X_1, \Delta X_2$ va ΔX_3 qatlamlardan o'tishi (7.74) formula yordamida aniqlanadi. Bu yerda n qatlam orqali issiqlik oqimi hisoblanadi:

$$Q_1 = (t_{n-1,z} - t_{n,z}) \frac{\lambda_1}{\Delta X_1} \Delta\tau \quad (7.75)$$

n -qatlamdan $(n+1)$ - va $(n+2)$ -qatlamlarga uzatiladigan issiqlik miqdori

$$Q_2 = (t_{n,z} - t_{n+1,z}) \frac{\lambda_2}{\Delta X_2} \Delta\tau \quad (7.76)$$

$$Q_3 = (t_{n+1,z} - t_{n+2,z}) \frac{\lambda_3}{\Delta X_3} \Delta\tau \quad (7.77)$$

formula bilan aniqlanadi. Shunga asosan ta'lim binoning ichidan tashqarisiga uzatilib yo'qoladigan issiqlik miqdori

$$\Delta Q = \frac{1}{3}(C_1\gamma_1\Delta X_1 + C_2\gamma_2\Delta X_2 + C_3\gamma_3\Delta X_3)(t_{n,z+1} - t_{n,z}) \quad (7.78)$$

kabi bo'ladi. Demak, bino devori orqali issiqlik yo'qolishining balans tenglamasini

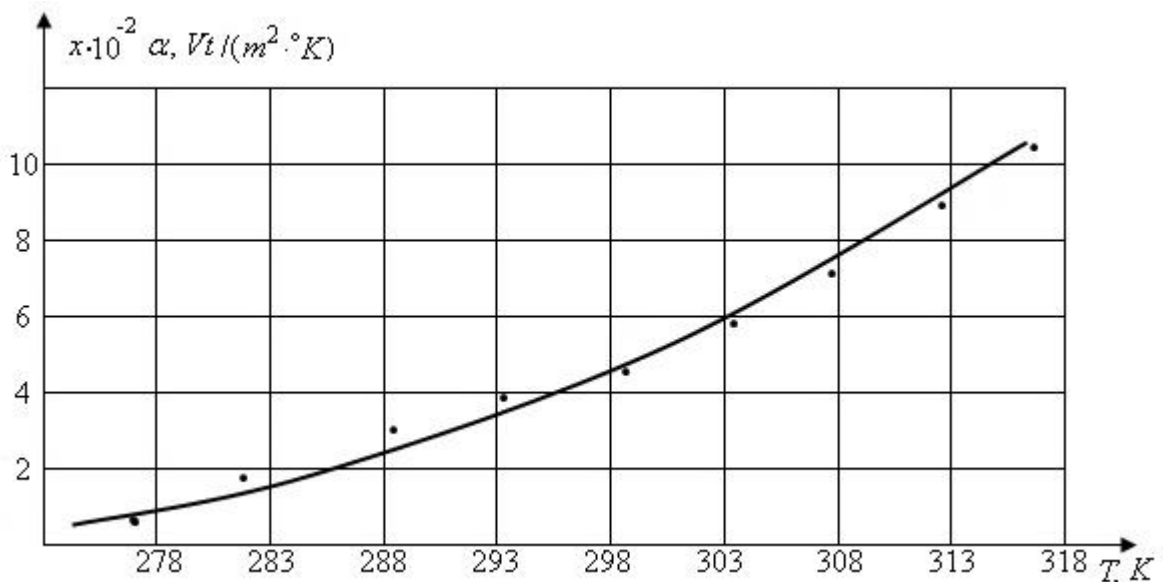
$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 - Q_3 \quad (7.79)$$

ko'rinishda ifodalasak, u holda

$$\frac{1}{3}(C_1\gamma_1\Delta X_1 + C_2\gamma_2\Delta X_2 + C_3\gamma_3\Delta X_3) = \left(\frac{t_{n,z+1} - t_{n,z}}{\Delta X_1} \lambda_1 - \frac{t_{n,z} - t_{n+1,z}}{\Delta X_2} \lambda_2 - \frac{t_{n+1,z} - t_{n+2,z}}{\Delta X_3} \lambda_3 \right) \Delta\tau \quad (7.80)$$

Bu formulaning ochib uch qatlamli devor orqali temperatura o'zgarishi bilan bog'liq issiqlik yo'qolishini hisoblash mumkin.

Quyida bir qavatli dala shiypnidagi 3×6 metr yoki $18m^2$ maydonli uyni janubga qaragan balandligi $h = 2,3m$, eni $a = 3m$, $S = 6,9m^2$ yuzasi devori 3 qatlamdan iborat bo'lib, unda o'tkazilgan tajriba natijalari va nazariy hisoblash qiymatini, grafiklarini keltiramiz (7.8-rasm):



7.8-rasm. Konvektiv issiqlik harakati tufayli havoning binoni ichki devoriga issiqlik berish koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligi (17,18.02.2010)

O'tkazilgan tajriba natijalari va nazariy hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, dala shiypolari uchun paxsa devordan tayyorlangan bir qavatli uylarni ichki va tashqi qismi maydalangan somon aralashtirib tayyorlangan loy shuvoq bilan 5-6 sm qalinlikda shuvoq qilinsa, xonani harorati qish faslida g'isht va sement aralashmali qoplamali uyga nisbatan (issiqlik yo'qolishini kamaytirish hisobidan) 6-8 °C gacha baland saqlanar ekan.

7.5-§. Parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichining issiqlik fizikaviy tavsiflari

Parnik tipidagi qo'shimcha kollektorli quyosh suv chuchitgichida sho'r suvni chuchuk suvga aylantirish jarayonidagi ish unumdorligi – suvning temperaturasini o'zgarish funksiyasi va bug'lanish-kondensatsiyalanish jarayonlari o'z navbatida tashqi havo haroratiga va quyosh radiatsiyasining intensivligiga bog'liqdir. Qurilmada sho'r suvni chuchitishdagi issiqlik fizikaviy parametrlarning qiymati sutka davomida rejimning nobarqaror bo'lishi bilan bog'liqdir.

Ilmiy maqolalarda yoritilgan quyosh suv chuchitgichlarining temperatura rejimini tadqiq etishdagi muammolar murakkab injenerlik hisoblashlarni talab etadi. Shuningdek, qurilmalarning temperatura rejimini hisoblash oddiy garmonik funksiyalar yordamida amalga oshirilgan va nazariy hisoblashlardagi natijalar yetarli aniqlikda berilmagan. Shuning uchun, biz qaraydigan parnik tipidagi qo'shimcha issiqlik kollektorli quyosh suv chuchitgichining temperatura rejimini hisoblashda va sho'r suvning bug'lanish – kondensatsiyalanishi o'rganishda issiqlik fizikaviy qonuniyatlar asosida qurilmaga ta'sir etadigan tashqi faktorlarning davriy o'zgarishlarini e'tiborga olib, yetarlicha aniq natijalarga erishish yo'llari belgilab olingan.

Buning uchun suv chuchitish qurilmasidagi sho'r suv temperaturasining o'zgarishi, bug'lanish va kondensatsiyalanishi jarayonidagi hajmi fluktuatsiyasi miqdori kichik, quyosh suv chuchitgichning va qo'shimcha issiqlik berish kollektorining tiniq yuzalariga tushadigan radiatsiya miqdori, shu asosdagi issiqlik fizikaviy qonuniyatlar tasdiqlaydigan sho'r suvni chuchuk suvga aylanish jarayonidagi issiqlik balans tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$C_0 \gamma_0 \delta_c \frac{dT_e}{d\tau} = A_c J + K_n (T_e - T_e) - \alpha_H (T_e - T_e) \quad (7.81)$$

$$C_6 \gamma_6 \delta_6 \frac{dT_e}{d\tau} = E_p O_c J - K_c (T_6 - T_c) - K_o (t_6 - t_c) \quad (7.82)$$

bu yerda, C_0, γ_0, δ_c – mos ravishda tiniq yuza plyonkaning solishtirma issiqlik sig'imi, zichligi va qalinligi; C_o, γ_o, δ_o – mos ravishda sho'r suvning solishtirma issiqlik sig'imi, zichligi va

qalinligi; A_c, O_c – mos ravishda tiniq yuza plyonkaning nur yutish va nur o'tkazish qobiliyati; E_p – sho'r suvning nur yutish qobiliyati; K_0 – bug'lanib kondensatsiyalangan suvning tiniq yuza plyonkaga issiqlik uzatish koeffitsiyenti; K_c, K_∂ – mos ravishda quyosh suv chuchitgichining, tiniq yuza plyonkaning va sho'r suv saqlanadigan qurilma devorlarining issiqlik uzatish koeffitsiyentlari; T_c, T_b, T_n – mos ravishda qurilmaning tiniq yuzasi plyonkaning, bug'lanib-kondensatsiyalanishidan hosil bo'lgan suvning va tashqi havo temperaturallari, τ – vaqt.

Ma'lumki, tashqi havo temperaturasi va tiniq yuzaga tushadigan quyosh radiatsiyasi davriy o'zgaruvchan bo'lib, qurilmaning issiqlik hajmi qo'shimcha issiq havo qizdirgichli kollektor yordamida oshirilishi hisobga olinadigan bo'lsa, u holda T_c va T_∂ larni vaqt bo'yicha Fyrye qatori yordamida hisoblaydigan bo'lsak:

$$T_c = T_{co} + \sum_{K=1}^{\infty} (X_K \cos K \frac{2\pi\tau}{z} + y_n \sin K \frac{2\pi\tau}{z}) \quad (7.83)$$

$$T_\partial = T_{\partial o} + \sum_{K=1}^{\infty} (\mu_K \cos K \frac{2\pi\tau}{z} + \eta_n \sin K \frac{2\pi\tau}{z}) \quad (7.84)$$

tenglik o'rinli bo'lib, bu yerda $T_{co}, T_{\partial o}$ – o'rtacha temperatura qiymatlari; X_K, y_K, μ_K, η_K – qatorlarning mos holdagi koeffitsiyentlari; z – o'zgarish davri; $K=1, 2, 3, \dots$ – vaqt birligida o'zgarishlar soni. (7.83) va (7.84) tenglamalardagi koeffitsiyentlarning qiymatlarini va o'rtacha temperatura natijalarini aniqlash uchun shu tenglamalarga mos holda soddalashtirishlar kiritib quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$T_c = T_{co} + \sum_{K=1}^{\infty} O_{cK} \ell^{\frac{K}{z}} \frac{2\pi\tau}{z} \quad (7.85)$$

$$T_\partial = T_{\partial o} + \sum_{K=1}^{\infty} O_{\partial K} \ell^{\frac{K}{z}} \frac{2\pi\tau}{z} \quad (7.86)$$

bu yerda, $O_{cK}, O_{\partial K}$ – mos ravishda tiniq yuza plyonkaning va bug'langan kondensatsiyalangan suv temperaturasi oddiy garmonik tarkibiy amplituda – fazoviy o'tish xarakteristikasi.

Bu amplituda fazoviy o'tish (7.83) va (7.84) koeffitsiyent qatorlar bilan quyidagi bog'lanishda bo'lib, xarakterlanadi:

$$O_{cK} = X_n - i y_K \quad (7.87)$$

$$O_{\partial K} = \mu_K - i \eta_K \quad (7.88)$$

Tashqi havo temperaturasi va quyosh radiatsiyasining o'zgarishi ham Fyrye qatori orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$T_H = T_{HO} + \sum_{K=1}^{\infty} (a_K \cos K \frac{2\pi\tau}{z} + \epsilon_K \sin K \frac{2\pi\tau}{z}) \quad (7.89)$$

$$y = y_0 + \sum_{K=1}^{\infty} (C_K \cos K \frac{2\pi\tau}{z} + d_K \sin K \frac{2\pi\tau}{z}) \quad (7.90)$$

qiymati va a_K, b_K, c_K, d_K lar havo temperaturasi va quyosh radiatsiyasining garmonik o'zgarishini analiz qilinish bilan aniqlanadi. (7.85) va (7.88) tenglamalarning mos holda o'xshashligini asos qilib, (7.89) va (7.90) larni qator holdagi tenglamalar ko'rinishida ifodalaymiz:

$$T_K = T_{\partial o} + \sum_{K=1}^{\infty} O_{HK} \ell^{\frac{K}{z}} \frac{2\pi\tau}{z} i \quad (7.91)$$

$$J = J_o + \sum_{k=1}^{\infty} O_{Jk} \ell K \frac{2\pi\tau}{z} i \quad (7.92)$$

bu yerda

$$O_{nk} = a_k - i_{\theta n} \quad (7.93)$$

$$O_{\pi k} = C_k - id_n \quad (7.94)$$

(7.85), (7.86), (7.91), (7.92) tenglamalar bog‘lanishini parnik tipidagi qo‘shimcha issiqlik kollektorli quyosh suv chuchitgichiga qo‘llab, qurilmaning issiqlik bilansini tuzib, ularni o‘zgaruvchi va o‘zgarmas parametrlarga ajratamiz hamda sonli usul yordamida yechish yo‘li bilan sho‘r suvni chuchuk suvga aylantirish uchun talab etiladigan o‘rtacha havo temperaturasini va bug‘lanish – kondensatsiyalanish jarayonidagi amplituda – fazoviy o‘tish xarakteristikasini aniqlaymiz.

Tenglamalar yechilishi davomida qancha garmonik o‘zgaruvchi kattaliklar va unda qancha tashqi issiqlik ta’sirlar bo‘ladigan kattaliklar hisobga olingan. Parnik tipidagi qo‘shimcha isitish kollektori quyosh suv chuchitgichiga ta’sir etadigan tashqi havoning va qurilmaning tiniq yuzasiga tushadigan quyosh radiatsiyasini garmonik analiz asosida yetarli injenerik hisoblashlar uchta, birinchi garmonik aniqlik bilan ifodalandi. Bu metod yordamida parnik tipidagi qo‘shimcha isitish kollektorli suv chuchitish qurilmasidagi temperatura rejimi va tiniq yuza orqali o‘tadigan quyosh radiatsiyasiga bog‘lab yechildi.

Quyosh suv chuchitgichi ichidagi havo temperaturasi, tiniq yuzadan o‘tadigan quyosh radiatsiyasining sho‘r suvdan olinadigan chuchuk suv miqdoriga ta’siri nazariy hisoblashlarning eksperimental ma’lumotlarga mosligi bilan asosli ekanligi keltirilgan. Bu metod yordamida olingan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, boshqa qurilmalar uchun ham bu metoddan foydalanish o‘rinli bo‘ladi.

7.6-§. Noan’anaviy energiya manbalaridan foydalanishning kelajak istiqbollari

Sanoatning rivojlanishi, aholi sonining ortib borishi bilan bir qatorda turli enargiya manbalaridan, jumladan noan'anaviy energiya manbalaridan samarali foydalanish borasida dunyo miqyosida keng miqyosda ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu ishlarning natijasi sifatida 2010 yilning oxiriga borib yirik avtokontsernlar elektrda yuradigan avtomobillar ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘ygan bo‘lsa, Isroilda ularni energiya bilan ta’minlovchi shoxobchalar qurish rejalashtirilgan. Avstraliya hukumati esa dunyoda eng yirik, quvvati 1000 megavattga teng quyosh elektrostantsiyasini barpo qilish rejasini oshkor qildi. Birgina Evrohududga kiruvchi davlatlar muqobil energotexnologiyalarni ishlab chiqarishga ketadigan xarajatlarni yiliga 8 milliard evroga ko‘paytirishni rejalashtirmoqda. AQShda 2008 yilda ishga tushirilgan energetik qurilmalarning 40 foizini shamol stantsiyalari tashkil etganligi ahamiyatga molik.

Hozirgi paytda aholini toza ichimlik suvi bilan ta’minlash jahon miqyosidagi dolzarb masalalardan biri bo‘lmoqda. Jahonning 40 dan ortiq mamlakatlari toza ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyoji faqat aholi uchungina emas, balki barcha sanoat korxonalari uchun ham kundalik hayotda talab qilinadi. 2005 yilda dengiz suvini chuchuklashtirish hajmi 7 milliard so‘mni tashkil etgan bo‘lsa, 2015 yilga borib, bu mablag‘ 12 milliardga etishi mo‘ljallanmoqda. BMT ma’lumotlariga ko‘ra 2025 yilda toza suv taqchilligi yiliga 2 trln m³ ga ko‘payadi. Sho‘rsizlantirilgan suvning asosiy iste’molchilari Yaqin sharq (umumiy hajmning 70 foizi), Evropa (9,9 foiz), AQSh (7,4 foiz), Afrika (6,3 foiz) va Osiyo (5,8 foiz) dir. Sho‘r suvni chuchuk suvga aylantirish, undan talab va ehtiyoj uchun foydalanish Respublikamizning Qoraqalpog‘iston, Xorazm, Buxoro viloyatlarining bir qator tumanlari, shuningdek, Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarining cho‘l zonalarini uchun samarali foydalanish shu kunning dolzarb muammolaridandir. Ammo, bu mintaqalarning aholisini toza ichimlik suvi bilan ta’minlashdagi muammolardan biri yerlik aholining kam qismi tarqoq, markazlashgan aholi punktlaridan uzoqda joylashgan bo‘lsa, ikkinchidan bunday aholi yashaydigan joylar markazlashgan suv va elektr ta’minotidan ham uzoqda joylashganligidir.

Bunday mintaqalardagi aholini toza ichimlik suvi bilan ta'minlashning muhim omillaridan biri sho'r suvni chuchuk suvga aylantirib beradigan va qo'shimcha yoqilg'i-energiya talab etmaydigan quyosh suv chuchitgichlarini ishlab chiqish, joylarda sinovdan o'tkazib joriy etishdir.

Mavjud qurilmalar va ularning ishlash metodlariga oid tahlillar shuni ko'rsatadiki, suv chuchitgich qurilmalar odatda issiqlik metodi asosida ishlaydi. Ammo bunday qurilmalar ko'p miqdordagi yoqilg'i-energiya sarf etilishini talab qiladi. Toza suv olish muammosidan tashqari, yoqilg'i-energiya resurslaridan foydalanishdagi muammolar ham asosiy o'rin tutadi. Shu sababli, sho'r suvni chuchuk suvga aylantirib beruvchi qurilmalar uchun noan'anaviy energiya manbalaridan biri bo'lgan quyosh energiyasidan samarali foydalanishga to'g'ri keladi. Bu ishni amalga oshirishdagi asosiy maqsad – optimal teplotexnik va ishlab chiqarishga joriy qilish jarayoni qulay, yengil, iqtisodiy jihatdan kamsarf bo'lgan plyonkali parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichining tajriba varianti loyihasini ishlab chiqish, qurish va sinovdan o'tkazishdir. Bu qurilmada maksimal darajada sho'r suvni qo'shimcha quyosh kollektori yordamida issiqlik berish yo'li bilan intensiv suv bug'lanishini yuzaga keltirish va shu asosda qurilmaning samaradorligini oshirish nazarda tutiladi. Bunda quyidagi vazifalarni ketma-ket bajarishga to'g'ri keladi:

1. Qo'shimcha isitgich priyomnikli parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichining loyihasini ishlab chiqish va tajriba variantini qurib sinovdan o'tkazish.
2. Qurilmaning teplotexnik va teplofizik xarakteristikasini o'rganish, sho'r suvni chuchitish jarayonidagi issiqlik almashinuvining hamda tiniq yuzada hosil bo'ladigan tomchi qatlamidagi massa almashinuvining samaradorlik darajasini aniqlash.
3. Geliosuvchuchitgichdagi issiqlik almashinuv jarayonlarini o'rganish uchun matematik model ishlab chiqish va u bilan qo'shimcha isitish kollektori yordamida qurilmaning samaradorligini oshirish hamda kondensatsiya hosil bo'lish jarayonlarini muvofiqlashtirish.
4. Qo'shimcha isitish kollektorli suv chuchitish qurilmasida sodir bo'ladigan bug'-havo, kondensatsiya massa almashinuvi jarayonida samarali issiqlik almashinuvini sonli usullarda hisoblash.

Quyosh suv chuchitgichlarining bu sodda turi "issiq yashik" tipidagi bir nishabli parnik ko'rinishdagi qo'shimcha havo qizdirgich kollektorli (kollektor gorizontga nisbatan 30 daraja burchak ostida o'rnatiladi) chuchitgich bo'lib, uning mualliflari B.M.Ochilov va V.V.Chugunovlar hisoblanadi.

Bir nishabli suv chuchitgichda shishali sirtini va qo'shimcha havo isitish kollektorini jarubga qaratib, butun mavsum davomida quyosh radiatsiyasining maksimal tushishini hisobga olgan holda gorizontga tegishli burchak ostida qo'yish kerak. Markaziy Osiyo hududi uchun gorizontga nisbatan burchak 25-30 darajani tashkil qiladi.

Suv chuchitgich oynasidan o'tgan quyosh radiatsiyasining muayyan qismi sho'r suv qatlamidan va ostidagi qozondan qaytishda yo'qotiladi, asosiy qismi esa sho'r suv qatlami va sho'r suv qo'yilgan idish qozonda yutilib, issiqlikka aylanadi. Qo'shimcha havo-isitish kollektorining tiniq yuzasi polietilen plyonka bilan qoplanadi va quvur shaklida suv chuchitish qurilmasining ostki qismida joylashtiriladi. Tashqi havo kiritish quvuri orqali havo oqimi tabiiy holda quyosh energiyasi ta'sirida qizib, qurilmaning ostki qismidan qo'shimcha issiqlik beradi va yuqoriga ko'tariladi. Natijada, sho'r suvning harorati qozonning haroratiga nisbatan yuqori bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanligi sababli sho'r suvning ustki qatlamlari va unga yaqin bo'lgan havo qatlamlari qiziy boshlaydi. Sho'r suvning harorati oshgani sari bug'lanish kuchayadi. Suv ustida suv bug'i va havo aralashmasi plyonka sirtiga yaqin qatlamlarning haroratidan past bo'ladi. Shu sababli, suv bug'i va havo aralashmasining sho'r suv sirtiga fqin qatlami pastga siljiy boshlaydi. Shunday qilib, qurilma ichida aralashma sirkulyatsiya ro'y beradi va plyonka ichki sirtida kondensatsiyalanib, chuchuk suv oqimi yig'ib olinadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. I.A.Karimov. "O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida. Xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari". –T., "O'zbekiston", 1997. 326 bet.
2. I.A.Karimov. "O'zbekiston buyuk kelajak sari" –T., "O'zbekiston", 1998. 83 b.
3. Junior Achiekement. Прикладная экономика М. Просвещения. 1993.с.218
4. А.Б.Вардияшвили «Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулярованием тепла» Из-во «Фан» Т. 1990.194 с.
5. Б.Э.Хайриддинов, Т.А.Содилов «Комбинированные гелиотеплицы сушки» Из-во «Фан» 1992. с.183
6. В.Д.Ким, Б.Э.Хайриддинов, Б.Ч.Холлиев Естественная конвективная сушка плодов в солнечных сушильных установках: практика и теория Из-во «Фан» Т. 1999. с.378
7. Новиков И.И. Воскресенский К.Д. Основы ядерной энергетики. «Прикладная термодинамика и теплопередача» Госатомиздат 1961 г.
8. Криллин.В.А. «Энергетика: Сегодня и завтра». Москва «Педагогика» 1983.
9. Oripov U.O. Bekjonov R.B. «Hozirgi zamon va kelajak energiyasi» Toshkent «Fan» 1963.
10. Жимерин Д.Г. Энергетика: Настоящее и будущее. М. Энергия 1978 с.116.
11. Проценко А. «Энергетика: Сегодня и завтра». М. Энергия 1976 с. 89
12. Юдаши Л.С.Энергетика: Проблемы и надежды. М. Энергия 1988 с.93
13. Эргашев А.К. Топливо-энергетический комплекс экономики республики Средней Азии. –Т., Узбекистан, 1982.
14. Т.Эрдеи Груз. Химические источники энергии. –М., Мир, 1994. с.213.
15. G.Y.Umarov, M.Usmonov. "Quyosh energiyasidan xalq xo'jaligida foydalanish. –T. "Fan", 1984. 48 bet.
16. Р.Р.Авезов, А.Ю.Орлов. «Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения». Т., «Фан», 1988. с.282.
17. Р.А.Захидов. «Эффективность солнечной энергетики». Гелиотехника. 1994. с.62-64.
18. Свен Удел. «Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии». Из-во «Знание», М. 1980. с.87.
19. В.Е.Хайриддинов, Т.А.Содилов, В.Н.Нуриддинов. "O'rta maktab fizika kursida geliotexnika materiallaridan foydalanish". Т., "O'qituvchi", 1995. 231 bet.
20. Т.А.Содилов, В.Е.Хайриддинов. "Quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash". –Т., "Fan", 1986. 55-bet.
21. N.Tuxliyev. "O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyoti". –Т., O'zbekiston milliy ensiklopediyasi, 1998. 237 bet.
22. N.M.Doyqulov va boshqalar. «Mashinashunoslik». Т., «O'qituvchi», 1973. 5-19 betlar.
23. В.Маитри и др. «Сушильные установки сельско хозяйственного назначения». М., «Машиностроение», 1979. 507 с.
24. В.Э.Степанов. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях М. ВО-Агропромиздат, 1988. 122 с.
25. Теплотехника. - под ред. А.П.Басканова. М., «Энергоиздат», 1982 с. 130-137.
26. Ю.Н.Якубов. «Аккумуляция энергии солнечного излучения». Т., «Фан», 1981 100 с.
27. Б.Г.Кадыров и др. «Теория и практика сушки хлопка-сырца». Т., «O'qituvchi», 1982.
28. R.I.Grabovskiy. "Fizika kursi". Т., "O'qituvchi", 1973. 560 bet.
29. Frish, Timoreva. "Fizika kursi". Т., "O'qituvchi", 1976. 310-446 betlar.
30. Sh.T.Xoliqulov, E.Ismoilov. Fermer xo'jaliklarida zamonaviy issiqxona qurish va undan foydalanish. Samarqand, 2010y.

(орқа жилдга расм билан)

Хайриддинов Ботир Эгамбердиевич. 1948 йил Қашқадарё вилояти Қамаши туманида туғилган. Техника фанлари доктори, профессор. Қарши Давлат университети физика-математика факултети декани. 6 та монография, 20 дан ортиқ ўқув-услубий қўлланмалар, 8 та патент, 400 дан ортиқ илмий мақолалар муаллифи.

Холмирзаев Нодир Сулаймонович. 1971 йил Қашқадарё вилояти Касби туманида туғилган. 1993 йил Қарши Давлат университети физика-математика факултетини, 1997 йилда Қарши ДУ аспирантурасини тамомлаган. Техника фанлари номзоди. Физика ва уни ўқитиш методикаси кафедраси катта ўқитувчиси. 4 та ўқув қўлланма, 2 та услубий қўлланма, 30 дан ортиқ илмий мақолалар муаллифи.

Сатторов Бобоназар Нуфтиллаевич. 1969 йил Қашқадарё вилояти Касби туманида туғилган. 1993 йил Қарши Мухандислик иқтисодиёт институти қишлоқ хўжалигини механизациялаш факултетини, 2000 йил Қарши ДУ аспирантурасини тамомлаган. Техника фанлари номзоди, доцент. 2004 йилдан Касби тумани Майманок саноат КХК директори. 5 та ўқув қўлланма, 4 та услубий қўлланма, 40 дан ортиқ илмий мақолалар муаллифи.