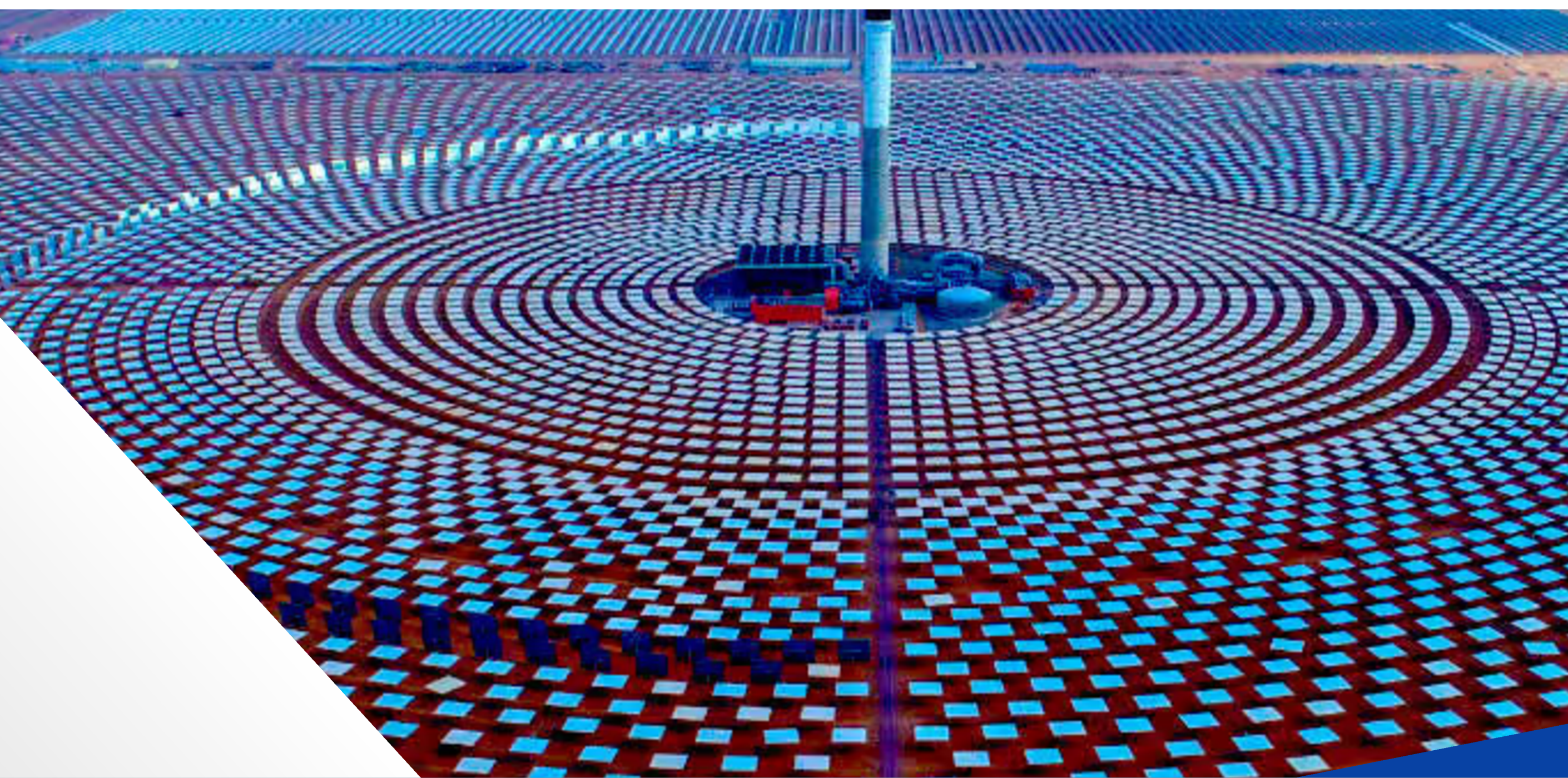




Co-funded by the
European Union



QUYOSH ISSIQLIK QURILMALARI VA TIZIMLARI

U.R. SALOMOV
A.A. KUCHKAROV

U.R. Salomov, A.A. Kuchkarov

QUYOSH ISSIQLIK QURILMALARI VA TIZIMLARI

Toshkent, 2025. – 285 sahifa.

Taqrizchilar:

Texnika fanlari doktori, “Elektronika va asbobsozlik” kafedrası professori

S.F. Ergashev

Texnika fanlari doktori, Materialshunoslik instituti, Laboratoriya mudiri

M.S. Payzullaxanov

Darslik xalqaro o‘quv dasturlari va oliy ta’lim dasturlari tahliliga asoslangan yangi dastur asosida yozilgan. “Quyosh issiqlik qurilmalari va tizimlari” darsligi quyosh issiqlik texnologiyalarining tamoyillari, dizayni, modellash va amaliy qo‘llanilishi bo‘yicha keng qamrovli asos yaratadi. Kurs quyosh nurlanishining asoslari, jumladan, quyosh geometriyasi, spektral taqsimot, atmosfera effektlari va quyosh energiyasining mavjudligini baholash usullari bilan boshlanadi. Keyin u quyosh energiyasi tizimlariga qo‘llaniladigan issiqlik uzatish nazariyasi – o‘tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanishni tanishtiradi. Yassi plastinkali kollektorlar, vakum trubkali kollektorlar va konsentratsiyali kollektorlar kabi turli xil quyosh issiqlik kollektorlari, quyosh quritgichlariga alohida e’tibor qaratiladi. Darslikda ularning ishlash tamoyillari, issiqlik samaradorligi tahlili, ishlash parametrlari va energiya balansi tenglamalari tushuntirilgan. Ilg‘or mavzular issiqlik energiyasini saqlash usullari, faza o‘zgarishi materiallari va tizimni optimallashtirish texnikasini o‘z ichiga oladi.

Darslik Yevropa Ittifoqining “Erasmus+” dasturi doirasida “O‘zbekistonda quyosh energiyasi bo‘yicha bakalavrlar uchun maqsadli ta’lim dasturini ishlab chiqish” (101128871 - DEBSEUz - ERASMUS-EDU-2023-CBHE) loyihasining amaliy natijalaridan biri sifatida tayyorlangan.

Annotatsiya

“Quyosh issiqlik qurilmalari va tizimlari” deb nomlangan ushbu darslik quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish tamoyillari, texnologiyalari va qo'llanilishini har tomonlama va tizimli tahlil qiladi. Bu talabalar va amaliyotchilarni quyosh issiqlik tizimlari, ularni loyihalash, ishlatish va atrof-muhitga tatbiq qilish haqida keng qamrovli tushunchalar bilan jihozlashga qaratilgan.

Kontent mavzu atrofida oltita bobda tashkil etilgan bo'lib, ular quyidagilarni o'z ichiga oladi:

I bobda Quyoshning tarkibi, Quyosh radiatsiyasining tabiati, uning spektral xarakteri va o'lchash usullari keltirilgan. Unda quyosh doimiylari, radiatsiya rejimlari, quyosh intensivligining geografik o'zgarishlari kabi muhim mavzular yoritilgan.

II bobda issiqlik uzatish fizikasi - o'tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish masalalari energiyani o'zgartirish jarayonlari uchun asos bo'ladigan matematik modellar va differensial tenglamalarni qo'llash orqali o'rganiladi.

III bobda har xil turdagi quyosh kollektorlari va konsentratorlari: yassi kollektorlar, vakuumli kollektorlar, havo bilan isitish qurilmalari ko'rib chiqilgan. Unda optik xususiyatlar, issiqlik yo'qotish mexanizmlari va yuqori haroratli qurilmalarning issiqlik samaradorligi muhokama qilinadi.

IV bob passiv, aktiv va gibrid texnologiyalar kabi quyosh isitish tizimlariga bag'ishlangan. Loyihalash, samaradorlik, ekologik ko'rsatkichlar va iqtisodiy maqsadga muvofiqlik nuqtayi nazaridan batafsil taqqoslashlar keltirilgan. Statik va dinamik modellar, energiya tejamkor arxitekturaviy yechimlar qamrab olingan.

V bobda issiqlikni saqlash tizimlari ko'rib chiqilgan bo'lib, turli strategiyalar, masalan, seziluvchan, yashirin va termokimyoviy saqlash usullari ko'rib chiqilgan. Tizimni samarali loyihalash uchun zarur bo'lgan materiallarni tanlash va saqlash sig'imini aniqlash tushuntiriladi.

VI bobda quyosh suv isitgichlari, tozalagichlar, sovutgichlar va quritgichlar kabi haqiqiy quyosh issiqlik uskunalari tasvirlangan. Asosiy e'tibor issiqlik va massa uzatish operatsiyalari, tizimni loyihalash va uning ishlashini baholash usullariga qaratilgan.

Ushbu darslikning eng kuchli xususiyatlaridan biri shundaki, u O'zbekistonning iqlimi va quyosh resurslariga kontekstual yo'naltirilgan bo'lib, mamlakatning quyosh texnologiyalarini o'z energetika sohasiga integratsiya qilishga tayyorligini ko'rsatadi. Haqiqiy tizimlar va faol milliy dasturlardan foydalangan holda, kitob nazariyani haqiqat bilan bog'laydi.

U qayta tiklanadigan energiya, atrof-muhit va mashinasozlik yo'nalishlari bo'yicha bakalavriat va magistratura talabalari, quyosh energiyasi sohasidagi tadqiqotchilar, o'qituvchilar va mutaxassislar uchun mo'ljallangan. Bu ham akademik darslik, ham barqaror quyosh issiqlik texnologiyalarini loyihalash va ulardan foydalanish uchun manba hisoblanadi.

KIRISH

Bugungi kunda dunyoda ishlab chiqarilib, u yoki bu sohalarda foydalanilayotgan yalpi energiya miqdorida an'anaviy yoqilg'ilarning ulushi 86, gidroenergetikaniki 7, yadro yoqilg'isidiki 6 va boshqa tur resurslarini 1 foizni tashkil etmoqda. An'anaviy yoqilg'ilarga bo'lgan ehtiyoj tobora ortib borishi bilan birga, ularning manbalari aksincha kamayib bormoqda, boshqacha qilib aytganda energiya ishlab chiqarish uni iste'mol qilish darajasidan ortda qolmoqda. Texnosferaning atrof muhitga ta'siri tez sur'atlarda ortib bormoqda.

Bularning barchasi tag-zamini bilan bir-biroviga bog'liq muammolardir. Dunyo mamlakatlari, jumladan Xitoy, Hindiston, Rossiya va shu kabi yirik mamlakatlarning iqtisodini rivojlanib borishi Yer qa'ridan katta miqdordagi tabiiy resurslarni qazib olishni taqozo etmoqdaki, bu holat ularni qazib olish, tashish va foydalanish jarayonida biosferaga juda ko'p miqdorda zaharli moddalarni qo'shilishiga olib kelmoqda. Ekspertlarning xulosalariga ko'ra, har yili Yer atmosferasiga 200 mln.t atrofida qattiq zarrachalar, 200 mln. t oltingugurt gazi, 700 mln.t uglerod va 150 mln.t azot oksidlari tashlanmoqda. Natijada, tabiatda turli-tuman anomal hodisalar ("kislotali yomg'irlar", "iqlimning iliqlashuvi", "ozon qatlamining qashshoqlashuvi", "cho'llanish" va h.k.) va ofatlarning yuz berishi, shuningdek biologik modda almashinuvlar tufayli kishilarning tanalariga zaharli kimyoviy moddalarni o'tib qolishi bilan bog'liq kasalliklarning ko'payishi yuzaga kelmoqda.

Neft yoqilganidan ko'ra hayot uchun o'ta muhim mahsulotlar ishlab chiqarishga sarflanishi oqilona yo'l ekanligi olimlar tomonidan ko'p bora ta'kidlangan. Balki, vaqti kelib hayotiy muhim xomashyo sifatida neftdan hech bo'lmaganda isitish maqsadlarida foydalanishni taqiqlash ehtimoldan xoli emas, lekin bunga siyosiy yo'llar bilan emas, sog'lom aql-idrok orqali o'tilishi kerak.

Insoniyatning hayot darajasi uning nechog'li darajada energiya bilan ta'minlanganiga bevosita bog'liq bo'lib bormoqda. Energiyani isrof qilish gunohga, yangi turdagi energiyalarni izlab topish esa muhim vazifaga aylanib bormoqda.

Jamiyatning har bir a'zosi energiyani haddan ziyod ko'p sarflanishi va u bilan bog'liq holda atrof-muhitni zaharlash vaqt o'tishi bilan butun jamiyatning taraqqiyotiga putur yetkazishi mumkinligini tushunib yetmog'i muhim. Energiyani "tozalash" yo'lidagi qo'yilgan har bir qadam qo'llab-quvvatlanishi kerak.

Shunday qilib, energetika muammosi jahonda global muammo sifatida energiya manbalaridan foydalanishning hozirgi tizimini takomillashtirish va qayta tiklanadigan hamda ekologik toza energiya manbalaridan foydalanish bo'yicha dadil qadamlar tashlanishini talab etmoqda. Jumladan bitmas-tuganmas va ekologik toza quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyasini keng miqyosda rivojlantirish energiya ta'minoti uzluksizligi va sifatini yuqori pog'onaga olib chiqishda kuchli richag vazifasini bajaradi, atrof-muhit tozaligini saqlashga yordamlashadi.

Insoniyat tarixi davomida qanday yutuqlarga erishilgan bo'lsa, u turli davrlarda yashab o'tgan insonlarning aql-idroki mahsulidir. Shunday ekan, bizning zamondoshlarimizning aql-zakovati va shijoati hayotimizda energiyaga bo'lgan ehtiyojlarni to'la-to'kis ta'minlay oluvchi ekologik toza energiya manbalaridan, avvalo quyosh energiyasidan foydalanishning hozirgidan ko'ra samarali yo'llarini izlab topish va amalga oshirish uchun ishonchli vositadir.

Aytish mumkinki, XXI asr butun dunyoda gelioenergetika–quyosh energetikasiga yangicha nazar va umid bilan qarash ruhini olib keldi. Bu soha tez sur'atlar bilan turli yo'nalishlarda rivojlanmoqda. Shimoliy Skandinaviyadan tortib to Afrikaning jazirama sahrolarida joylashgan dunyoning 70 dan ortiq mamlakatlarida gelioenergetik dasturlar asosida ilmiy-tadqiqotlar va amaliy ishlar olib borilmoqda. Quyosh qurilmalari binolarni isitish va sovitish, suvlarni chuchiltirish, elektr energiyasi hosil qilish va turli texnologik jarayonlarni amalga oshirishda foydalanilmoqda.

Shuni alohida ta'kidlash joizki, O'zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanishning juda katta imkoniyatlari mavjud. Respublikamizda quyosh energiyasini issiqlik va elektr energiyasiga aylantirib foydalanish, yuqori temperaturalar olish va geliomaterialshunoslik bo'yicha fundamental ilmiy tadqiqotlar bilan birga katta miqyosdagi amaliy ishlar olib borilmoqda. Dunyoda eng katta va noyob quyosh pechining faoliyat ko'rsatayotganligi va quyosh elektrostansiyalarini barpo etish yo'lidagi sa'yi-harakatlar, shuningdek "Quyosh energiyasidan foydalanish" Xalqaro Markazining tashkil etilishi fikrimizning dalilidir.

Ushbu qo'llanma o'quvchilarni quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirib foydalanishning umumiy masalalari bilan tanishtirish maqsadida yozildi. Undan Quyoshning tuzilishi va energiyasining manbasi, quyosh radiatsiyasining spektral tarkibi, turlari va ularni o'lchash usullari, turli yo'nalishlarda joylashtirilgan gelioqurilmalarga tushuvchi radiatsiya quvvatini aniqlashga doir ma'lumotlar o'rin olgan. O'zbekistonning iqlim sharoiti va radiatsion rejimi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan va quyosh energiyasidan foydalanish uchun keng imkoniyatlar mavjudligi ko'rsatilgan. Quyosh issiqlik qurilmalariga tipik misollar sifatida nafaqat kelajakda, balki bugungi kunda ham jahonning u yoki bu mamlakatlarida keng ko'lamga ega bo'lib borayotgan quyosh suv isitgichlari, suv chuchitgichlari, quritgichlari, konsentratorlari va pechlari haqida batafsil ma'lumotlar berildi.

I BOB. QUYOSH VA UNING TUZILISHI. QUYOSH NURLANISHINING TABIATI

1.1. Quyosh va uning energiyasi manbasi

Quyosh bepoyon olamdagi milliardlab yulduzlarning biri bo'lib, u Yerdagi hayotning paydo bo'lishi va rivojlanishining asosiy sababchisi, undagi barcha tur energiyalarning birlamchi manbasidir. Shu bilan birga u olam fazosida tinimsiz harakatlanuvchi va Quyosh tizimsi deb ataluvchi tizimning markaziy jismidir. Quyosh tizimsida Yer shunday joylashganki (Quyoshdan o'rtacha 149,5 mln. km uzoqlikda) bu joylashuv unga biror sayyorada mavjud bo'lmagan hayotni in'om etgan.

Quyosh kattaligi va temperaturasiga ko'ra olamdagi yulduzlarning o'rtacha bir vakilidir. U Yerga boshqa yulduzlarga nisbatan millionlab marta yaqin bo'lganidan, ulardan farq qilib, anchagina katta burchak (32°) ostida ko'rinadi. Quyoshning diametri 1,395 million kilometr, hajmi esa $1,4 \cdot 10^{18} \text{ km}^3$ ga teng, ya'ni Yerning hajmidan 1,3 million marta katta. Quyosh tizimi massasining 99,87 foizi Quyoshning massasiga to'g'ri keladi, u Yer massasidan 330 ming marta ortiq bo'lib, $2 \cdot 10^{27}$ tonnani tashkil etadi. Quyoshning o'rtacha zichligi 1410 kg/m^3 bo'lgani holda, markaziy qismidagi zichlik nihoyatda katta -10^5 kg/m^3 ga teng. Quyosh "oilasi" bilan birga o'z orbitasi bo'ylab o'rtacha 250 km/s tezlikda harakatlanadi. Uning sirtida erkin tushish tezlanishining qiymati $273,8 \text{ m/s}^2$ ga teng.

Quyosh atrofidagi har bir sayyora o'z kesim yuzining kattaligiga va undan uzoqligiga qarab tegishli miqdordagi energiyani oladi. Jumladan, Yer shariga har sekundda tushayotgan energiya miqdori Quyoshdan kelayotgan barcha energiyadan 2,2 mlrd. marta kam bo'lib, $17,4 \cdot 10^{17}$ Joulni tashkil etadi. Bu energiyaning 36 foizini atmosfera qatlami qaytaradi va 17 foizini yutib qoladi. Qolgan qismigina Yer sirtiga yetib keladi. Yetib kelgan energiyaning yarmi dengiz va okean suvlarini bug'latish uchun sarf etilishi va 1 foizini o'simliklar dunyosi iste'mol etishini hisobga olgan taqdirda ham, qolgan energiya miqdori yiliga $35 \cdot 10^{17} \text{ kW-soatni}$ tashkil etadi. Bu esa bir kecha-kunduzda butun insoniyat istemol qilayotgan jami energiyadan qariyb 39 ming marta ko'pdir.

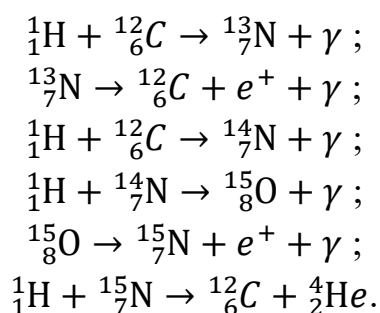
Astrofiziklar Quyoshning yoshi salkam 5 milliard yil ekanligi va u yana kamida shuncha davr mobaynida olamga nur sohib turishi mumkinligini bashorat qilishadi. Bunday katta davr davomida tinimsiz nurlanayotgan Quyoshning yo'qotayotgan energiyasi qanday fizik jarayon hisobiga to'latilib turilishi to'g'risida turli fikrlar, o'nlab ilmiy gipotezalar mavjud. Bunday ilmiy xulosalar ichida eng ishonchlisi 1938–1939-yillarda astrofiziklar A.Edington, K.Veyszekker va G.Byotelar tomonidan oldinga surilgan g'oya ya'ni yulduzlarning, shu jumladan Quyoshning energiya manbayi juda yuqori temperaturalar sharoitida yuz beruvchi yadroviy reaksiyalardir deb chiqargan xulosalari bo'ldi.

Nazariy hisoblashlar, yulduzlar (jumladan, Quyosh) markazida temperatura bir necha million darajada bo‘lib, termoyadro reaksiyasi uchun qulay sharoit mavjudligini ko‘rsatadi.

Quyosh markazida to‘rtta protonning birikib bitta geliy atom yadrosini hosil qilish reaksiyasining uzluksiz takrorlanishi uning nurlanishi tufayli kosmik fazoga tarqalayotgan energiyasini to‘ldirib turadi. Bitta geliy yadrosi hosil bo‘lishida ajralgan energiya Eynshteynning energiya bilan massa orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi mashhur formulasi orqali hisoblanganda $4,3 \cdot 10^{-12}$ J bo‘ladi.

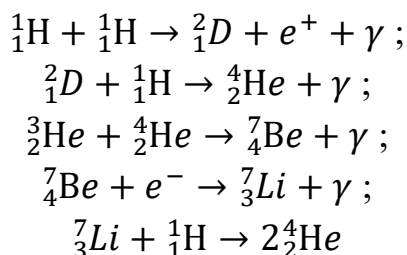
Hisoblashlar, Quyosh markazidan shunday yo‘l bilan har sekundda ajralayotgan quvvat $4 \cdot 10^{26}$ vattni, ya‘ni uning har sekundda yo‘qotayotgan energiyasiga teng energiyani tashkil etishini ko‘rsatadi. Hozirgi paytda to‘rt protondan geliy yadrosi hosil bo‘lishi haqida ikkita ketma-ketlik reaksiyasi ma‘lum: birinchi turdagi termoyadroviy reaksiya uglerod – azot siklidagi reaksiyadir.

Bu reaksiya Quyoshning temperaturasi 20 mln. °C va zichligi $115 \cdot 10^3$ kg/m³ bo‘lgan yadrosida quyidagi tartibda ro‘y beradi:



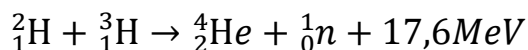
Bu reaksiya davomida vodorodning to‘rtta yadrosi yo‘qolishi natijasida bitta geliy yadrosi paydo bo‘ladi, ${}^{12}_6\text{C}$ esa katalizator rolini o‘ynaydi. 1 kg vodorodni geliyga aylanishida 15000 tonna toshko‘mir yonishidagi energiyaga teng issiqlik ajraladi.

Termoyadroviy reaksiya proton – proton siklida ham quyidagi tartibda borishi mumkin:

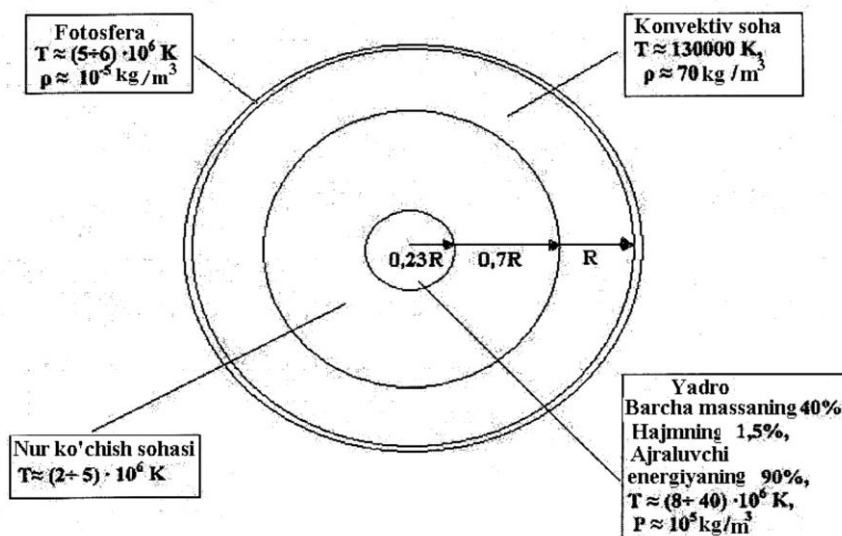


Uglerod-azot siklidagi reaksiya Quyoshning yadrosida ro‘y bersa, protonproton siklidagi reaksiya uning butun hajmida ro‘y berishi mumkin. Ro‘y berish ehtimolligi katta deb qaralayotgan termoyadroviy reaksiyalardan biri deyteriy va tritiy yadrolarining (besh protonning) geliyga, ya‘ni bitta geliy yadrosi va neytronga aylanishi bilan bog‘liq jarayondir; geliy yadrosi va proton massalarining yig‘indisi

beshta proton massasidan kichik, demak, reaksiya paytida “yo‘qolgan” massaning energiyaga aylanishi ro‘y beradi:



Quyoshning markazida gravitatsiya ta‘sirida moddalar juda yuqori darajadagi zichlik va temperaturaga erishganki, bu holat termoyadroviy reaksiyalarning ro‘y berishiga zamin yaratgan. Aynan ana shu reaksiyalar Quyosh tomonidan fazoga uzluksiz ravishda sochilayotgan energiyaning manbasidir.



1.1.1-rasm. Quyoshning tuzilishiga doir shartli sxema.

Quyoshning umumiy hajmini oltmish to‘rt dan bir qisminigina egallagan va radiusining 0,23 qismigacha cho‘zilgan yadrosida uning 40 % massasi to‘plangan va aynan shu joyda energiyaning 90 foizi hosil bo‘ladi. Turli baholashlarga ko‘ra Quyosh markazining ichki qismlarida temperatura taxminan $8 \cdot 10^6$ – $40 \cdot 10^6 \text{ K}$ bo‘lib, bosim $250 \cdot 10^9 \text{ atm.}$ gacha yetadi. Quyosh moddasi atomlarining yadrosi metallardagiga nisbatan minglab marta zichroq joylashgan bo‘lsa-da, yuqori temperatura uni gazsimon holatda saqlaydi. Bu joyda qattiq jismlarga xos kristallik tuzilma mavjud emas, elektronlar va “yalong‘och” yadrolar erkin zarralar sifatida harakatlanadilar. Termoyadroviy reaksiyalar paytida reaksiyaga kirishuvchi har bir gramm vodoroddan 0,007 grami energiyaga aylanadi.

Hozirgi davrgacha Quyoshda 74 xil kimyoviy elementning aniq mavjudligi isbotlangan. Quyosh tarkibida boshqa elementlarning ham borligiga shubha yo‘q, ammo ular shunchalik kam miqdordaki, spektral tahlil usuli bilan ularni aniqlashni iloji yo‘q. Tadqiqotlarning ko‘rsatishicha Quyosh tarkibini atomlar soniga ko‘ra 91 foizini vodorod va 9 foizini geliy tashkil etadi. Massasiga ko‘ra esa vodorod taxminan 70 foizni, geliy 27 foizni tashkil etadi, chunki geliy atomining yadrosi vodorod atomining

yadrosidan to'rt marta og'ir. Ajablanarlisi shundaki, quyosh nurlanishi spektrlariga asoslanib geliy birinchi marta Quyoshda ochilgan edi, keyinchalik uning Yerda ham mavjudligi aniqlandi. Bu elementning nomi ham yunoncha "Gelios"- Quyosh so'zidan olingan.

Termoyadroviy reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan energiya Quyosh yadrosidan sirtiga tomon nurlanish tarzida ko'chadi va tabiiyki bu jarayonda muhit temperaturasi, zichligi, bosimi va fotonlar o'rtacha energiyasi kamayib boradi. Nur energiyasining ko'chish zonasi nomini olgan qismda (0,23R dan 0,7R gacha cho'zilgan qismda) kvantlarning "maydalanish" jarayoni yuz beradi, ya'ni yadrodan tarqalayotgan yuqori energiyali gamma-nurlar dastlab rentgen, so'ngra uzoq ultrabinafsha va nihoyat quyosh energiyasining eng xarakterli qismi – ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik nurlanishlariga o'tadi. Quyosh qa'rida har sekunda 630 mln.t vodorod geliyga aylanadi va u shu vaqt ichida nurlanish hisobiga 4 mln. tonnadan ortiq massasini yo'qotadi. Termoyadroviy reaksiyalar natijasida hosil bo'luvchi energiya fotosfera orqali elektromagnit nurlanish tarzida olam fazosiga tarqaladi. Quyoshning 6000 °C temperaturali sirtidan chiqayotgan nurlanish intensivligi 70–80 ming kW/m² ni tashkil etadi. Quyosh Yerdagi hayotning bosh sababchisi sifatidagi rolini bajarish bilan birga insoniyat uchun bitmas-tuganmas va ekologik toza energiya manbasi bo'lib xizmat qilishi shubhasizdir.

1.2. Quyosh radiatsiyasining spektral tarkibi

Quyosh nurlarining Yerdagi o'simlik va hayvonot dunyosi, shuningdek noorganik moddalarga ta'siri turlicha kechadi. Shu sababli ham quyosh nurlarining spektral tarkibini o'rganish amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, quyosh energiyasidan amalda foydalanishda bu muhimdir.

Quyosh tarkibida vodorodning "yonishi" bilan bog'liq holda ajraladigan energiyaning katta qismi nurlanish sifatida fotosfera orqali olamga tarqaladi. Fotosfera elektromagnit nurlanishlarning manbasi hisoblanib, undan tarqalayotgan nurlanish tarkibida ultrabinafshadan tortib to infraqizil nurlargacha mavjud. Boshqacha so'z bilan aytganda, Quyoshdan ixtiyoriy qizigan qattiq yoki suyuq jismlar kabi turli rangdagi nurlar chiqadi. Fotosferaning nurlanishini absolyut qora jismning 5800 K temperaturadagi nurlanishiga taqqoslash mumkin. Absolyut qora jism o'ziga tushayotgan nurlanish oqimini barchasini uning spektral tarkibidan qat'i nazar yutib oladigan jismdir. Bunday jism xossalari ma'lum bo'lgan nurlanish manbasi ya'ni yorug'lik etaloni sifatida (toza platinaning qotish temperaturasida) qo'llanilishi mumkin.

Quyoshning elektromagnit nurlanishi 0,1 mkm dan tortib 30 m gacha oraliqda yotuvchi cho'ziq spektrga ega. Quyosh xromosferasi va tojlari spektrning ko'rinuvchi (0,4 – 0,76 mkm) qismidan tashqarida yotuvchi nurlanishlarning manbalaridir. Quyosh tojini tashkil etuvchi gazlarning temperaturasi 10⁶ K atrofida bo'lgani tufayli uning

nurlanishining asosiy qismini rentgen va ultrabinafsha sohada yotuvchi nurlar tashkil etadi (10^{-3} – $0,2$ mkm). Tojlar va xromosferaning nurlanishi Yer ionosferasining shakllanishiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Quyosh nurlanishi energiyasining 99 foizidan ko'prog'i to'liq uzunligi $0,28$ dan $6,0$ mkm gacha bo'lgan sohada joylashgan ($0,28$ – $0,40$ mkm–ultrabinafsha, $0,40$ – $0,76$ mkm – ko'rinvchi va $0,76$ – $6,0$ mkm – infraqizil). Shu bilan birga 10^{-2} mkm dan $0,28$ mkm gacha va 6 mkm dan $5 \cdot 10^2$ mkm gacha to'liq uzunliklar oralig'iga mos ravishda $0,5$ foiz va $0,4$ foiz quyosh nurlanish energiyasi to'g'ri keladi. Quyosh nurlarining to'liq uzunliklari (λ) bo'yicha ranglari 1-jadvalda keltirilgan.

1.2.1-jadval

Quyosh nurining rang xarakteristikasi

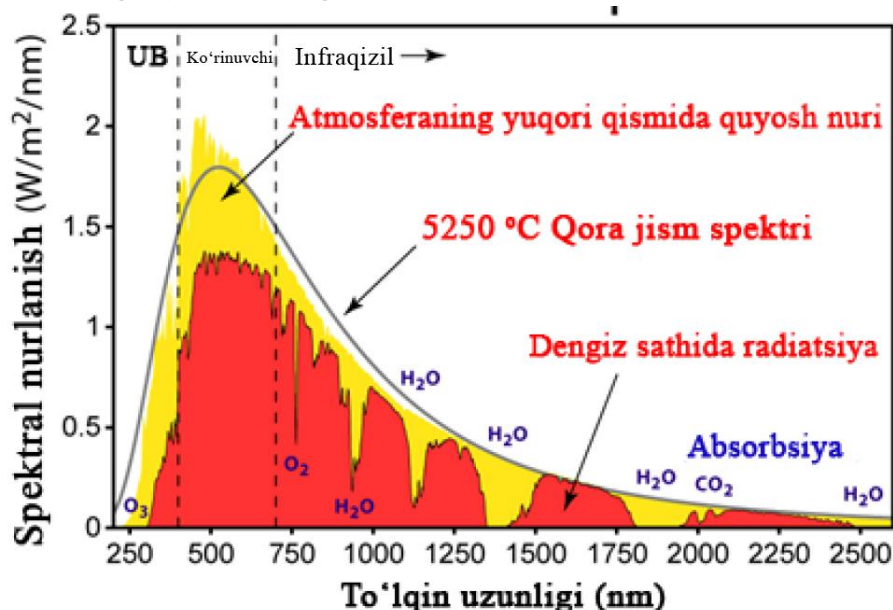
Rangi	To'liq uzunliklar sohasi, mkm	Tipik λ , mkm	Rangi	To'liq uzunliklar sohasi, mkm	Tipik λ , mkm
Ultrabinafsha			Sariq-yashil	$0,55$ – $0,57$	$0,56$
Vakuum	10^{-3} – $0,20$	-	Sariq	$0,57$ – $0,58$	$0,58$
Uzoq	$0,20$ – $0,30$	-	Zarg'aldoq	$0,58$ – $0,67$	$0,60$
Yaqin	$0,30$ – $0,40$	-	Qizil	$0,62$ – $0,76$	$0,64$
Binafsha	$0,40$ – $0,45$	$0,43$	Infraqizil		
Ko'k	$0,45$ – $0,48$	$0,47$	Yaqin	$0,76$ – $25,0$	-
Havorang	$0,48$ – $0,50$	$0,50$	Uzoq	$25,0$ – 10^4	-
Yashil	$0,50$ – $0,55$	$0,53$			

Quyosh sirti yaqinidagi nurlanish issiqlik muvozanatiga yetishga ulgurmaydi, shu sababli Quyosh spektri muvozanatli issiqlik nurlanishi spektri bilan to'laligicha mos kelmaydi. Har bir element atomi o'ziga xos chastotali nur chiqaradi. Quyosh sirtidagi nisbatan sovuqroq bo'lgan gaz atomlarining tanlab yorug'lik yutishi mavjudligi sababli spektrda Quyosh atmosferasining barcha moddalari hosil qilgan Fraunhofer qora chiziqlari (20 ming atrofida) mavjud (bu chiziqlar birinchi bo'lib hodisani o'rgangan nemis fizigi Yozef Fraunhofer nomi bilan ataladi).

Spektral tahlil usuli Quyosh sirti to'g'risida ko'plab ma'lumotlarni aniqlashga imkon beradi. Masalan, Fraunhofer chiziqlariga mos keluvchi to'liq uzunlik va intensivlik bo'yicha gazning kimyoviy tarkibini va chiziqlarni eniga qarab esa yutuvchi muhit temperaturasi va hokazolarni aniqlash mumkin. Afsuski, Yerdan turib Quyosh spektrini aslida qanday bo'lsa shundayligicha kuzatib bo'lmaydi, chunki uni Yer atmosferasi qisman o'zgartiradi.

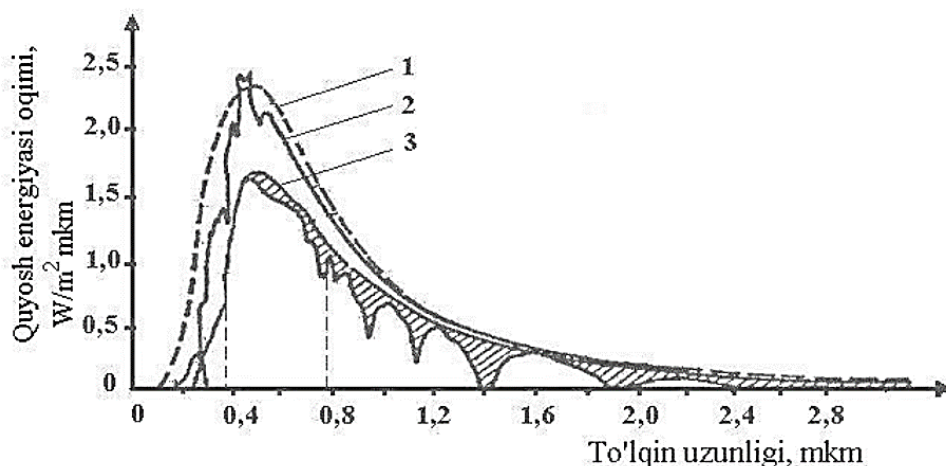
Eng avvalo u spektrdagi chiziqlar uzunligini qisqartiradi va unda yutilish chiziqlarini hosil qiladi. Ayniqsa, atmosferaning ta'siri qizil va sariq nurlarga ko'proq sezilarli bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, Yer atmosferasi o'zining optik xususiyatlariga ko'ra selektiv yorug'lik filtri bo'lib, kosmik quyosh nurlanishi

ko'rsatkichlarini o'zgartiradi. Agar nurlanish oqimi atmosferadan normal bo'yicha o'tib Yer sirtining dengiz sathidagi nuqtasigacha yetib kelgan bo'lsa, uning optik yo'li 1 atmosfera massasiga (AM1) teng deb oladilar.



1.2.1-rasm. Quyosh nurlanishi energiyasi oqimining spektral taqsimoti.

Yer sirtiga burchak ostida qiyalanib tushuvchi nurlarning optik yo'lining uzunligi AM1 bo'lgan holdagi optik uzunligiga nisbatan aniqlanadi. Agar nurlanish atmosferada umuman kuchsizlanmasa, atmosferaning optik massasi nolga teng (AM0) bo'ladi.

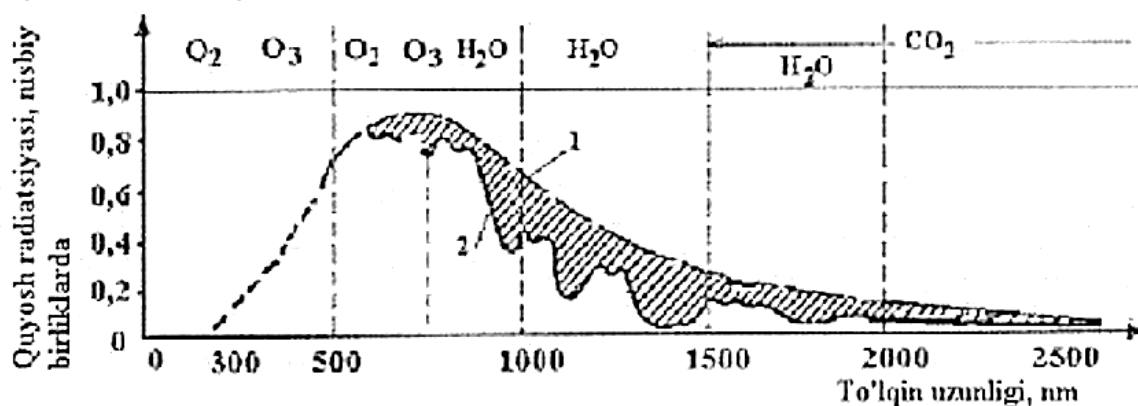


1.2.2-rasm. Quyosh nurlanishi energiyasi oqimining spektral taqsimoti. 1- 6000 K temperaturada qora jismning nurlanish oqim zichligi; 2 va 3-mos ravishda atmosferaning yuqori chegarasi va pastki qismlarida (dengiz sathida) quyosh nurlanishining oqim zichligi.

Quyoshdan Yer sirtiga tushgan nurlanish oqimining uni o'rab turgan fazoga qaytarilgan qismiga Yer sirtining albedosi deyiladi va u o'rtacha 0,34 ga teng. Qaytgan nurlanishning spektri atmosfera massasi 1 ga teng bo'lganda Yer sirtiga tushuvchi quyosh nurlarining spektriga o'xshaydi.

Sirt birligiga tushuvchi quyosh nurining quvvatiga uning intensivligi deyiladi (Vt/m^2). Yer atmosferasining yuqori chegarasida quyosh energiyasi intensivligi $1365 Vt/m^2$ ga teng bo'lib, unga quyosh doimiysi deyiladi. Quyosh doimiysi va quyosh nurlanishi spektral taqsimotini chuqur o'rganish uchun Yer sharining barcha qit'alarida tadqiqotlar olib borilgan. Bu boradagi asosiy ma'lumotlar Smitsonian instituti va AQSh Havo Dengiz Flotining tadqiqot laboratoriyasida standartlar Milliy byurosi hamkorligida yig'ilgan.

Tadqiqotlar Yer sirtidan turli balandliklarda va maxsus uchirilgan raketalarda o'rnatilgan asboblarda yordamida amalga oshirilgan. O'lchovlar Quyosh doimiysining aniqlangan qiymati nazariy hisoblashlardagi natijalarni tasdiqlaydi. Perigeliy davrida (yanvar) nurlanish oqimining zichligi quyosh doimiysidan 3–4 foiz yuqori va afeliy davrida (iyul) 3–4 foiz past bo'lishi mumkinligi aniqlangan. Yer atmosferasining yuqorigi va pastki chegaralarida quyosh to'g'ri radiatsiyasining zichligi 2-rasmda keltirilgan. Qiyoslash uchun 6000 K temperaturada qora jismning nurlanish oqimi zichligi ham keltirilgan.



1.2.3-rasm. Quyosh nurlarining suv bug'larida yutilishining to'liq uzunligiga bog'liqligi: 1 va 2—quyosh radiatsiyasining quruq havoda va suv bug'idagi taqsimoti (shtrixlangan qism quyosh nurlarining suv bug'larida yutilish darajasini bildiradi).

Atmosfera tarkibiga kirib qoluvchi har xil aralashmalar uning tiniqligini pasaytiradi. Yer sirtiga yaqin qatlamlardagi quruq havo tarkibida azot 78,03 %, kislorod 20,94 %, argon 0,94 %, is gazi 0,03, vodorod 0,01 %, neon 0,0012 % va geliy 0,0004 % ni tashkil etadi. Shu bilan birga atmosfera tarkibida miqdori o'zgarib turadigan suv bug'lari, ozon (asosan yuqori qatlamlarda) va boshqa gazlar ham mavjud. Quyosh nurlari asosan suv bug'lari, ozon, is gazi va changlar tomonidan yutib qolinadi. 3-rasmda atmosfera orqali o'tib keluvchi quyosh nurlarining suv bug'larida yutilish egriligi tasvirlangan. Atmosferada (stratosferada) mavjud ozon quyosh nurlarining tanadagi tirik hujayralarni barbod qilish xususiyatiga ega bo'lgan qisqa to'liqlik qismini yutib qolishligi bilan nihoyatda muhim rol o'ynaydi. Ozon tomonidan uning atmosferadagi miqdori va Quyoshning turish balandligiga qarab quyosh radiatsiyasining taxminan 1,5 dan 3 %gacha qismi yutib qolinadi. Atmosfera tarkibida

chaglarning ko'payishi esa quyosh radiatsiyasini ko'proq sochilishi va yutilishiga va pirovard natijada uning Yer sirtiga tomon oqimini kamayishiga olib keladi.

Gelioqurilmalarda qo'llaniladigan shaffof shishalar va polimer plyonkalar orqali 300 nm dan to 2800 nm gacha to'liq uzunlikli nurlar o'tadi. Tadqiqotlar to'g'ri, sochilgan va qaytgan quyosh radiatsiyasi oqimining amalda barcha energiyasi qisqa to'liq uzunliklar sohasiga (200–5000 nm) va uning ham asosiy qismi spektrning ko'zga ko'rinuvchi va yaqin infraqizil qismiga to'g'ri kelishini ko'rsatadi. Demak, geliotexnik qurilmalar asosan qisqa to'liqli quyosh nurlari hisobidan energiya oladi.

1.3. Quyosh nurlanishi manbalari va uning o'ziga xosligi. Asosiy tushunchalar va kattaliklar

Quyosh radiatsiyasi, ko'pincha quyosh resursi yoki shunchaki quyosh nuri deb ataladi, bu quyosh chiqaradigan elektromagnit nurlanish uchun umumiy atamadir. Quyosh radiatsiyasini turli texnologiyalar yordamida ushlab, issiqlik va elektr energiyasi kabi foydali energiya turlariga aylantirish mumkin. Biroq, ushbu texnologiyalarning ma'lum bir joyda texnik imkoniyatlari va iqtisodiy ishlashi mavjud quyosh resursiga bog'liq.

Yerdagi har bir joy yilning kamida bir qismida quyosh nurini oladi. Yer yuzasining istalgan nuqtasiga tushadigan quyosh nurlanishining miqdori quyidagilarga qarab o'zgaradi:

- Geografik joylashuv;
- Kun vaqti;
- Mavsum;
- Mahalliy landshaft;
- Mahalliy ob-havo.

Yer yumaloq bo'lgani uchun quyosh 0° dan (ufqdan bir oz yuqorida) 90° gacha (to'g'ridan-to'g'ri tepada) Yer yuzasiga turli burchaklarda uriladi. Quyosh nurlari vertikal bo'lganda, Yer yuzasi barcha mumkin bo'lgan energiyani oladi. Quyosh nurlari qanchalik qiya bo'lsa, ular atmosferada shunchalik uzoqroq tarqalib, tarqoq va tarqoq bo'ladi. Yer yumaloq bo'lgani uchun sovuq qutb hududlari hech qachon baland quyoshga ega bo'lmaydi va aylanish o'qi egilganligi sababli, bu joylar yilning bir qismida quyoshni umuman olmaydi.

Yer quyosh atrofida elliptik orbita bo'ylab aylanadi va yilning bir qismida quyoshga yaqinroq bo'ladi. Quyosh Yerga yaqinroq bo'lganda, Yer yuzasi bir oz ko'proq quyosh energiyasini oladi. Janubiy yarimsharda yoz, shimoliy yarim sharda qish bo'lsa, Yer quyoshga yaqinroq bo'ladi. Biroq, ulkan okeanlarning mavjudligi janubiy yarimsharda bu farq natijasida ko'rishni kutish mumkin bo'lgan issiq yoz va sovuqroq qishlarni mo'tadil qiladi. Yerning aylanish o'qining $23,5^\circ$ ga egilishi ma'lum bir joyda Yerga tushadigan quyosh nuri miqdorini aniqlashda muhimroq omil

hisoblanadi. Nishablanish natijasida shimoliy yarimsharda bahorgi (bahorgi) tengkunlikdan kuzgi (kuzgi) teng kunlargacha, janubiy yarimsharda esa qolgan 6 oy davomida kunlar uzoqroq bo'ladi. Har yili 23 mart va 22 sentyabrda sodir bo'ladigan tengkunlik kunlarida kunlar va tunlar to'liq 12 soat davom etadi.

Amerika Qo'shma Shtatlari kabi o'rta kengliklarda joylashgan mamlakatlar yozda nafaqat kunlar uzoqroq, balki quyosh deyarli tepada joylashgani uchun ham ko'proq quyosh energiyasi oladi. Qish oylarining qisqa kunlarida quyosh nurlari ancha qiya bo'ladi. Denver, Kolorado (40° kenglik yaqinida) kabi shaharlar iyun oyida dekabr oyiga qaraganda deyarli uch barobar ko'proq quyosh energiyasi oladi.

Quyosh nurlarining soatlik o'zgarishi uchun Yerning aylanishi ham javobgardir. Erta tongda va tushdan keyin quyosh osmonda past bo'ladi. Uning nurlari quyosh eng yuqori nuqtasida bo'lgan peshin vaqtiga qaraganda atmosfera orqali uzoqroq tarqaladi. Aniq kunlarda quyosh energiyasining eng katta miqdori peshin vaqtida quyosh kollektoriga etib boradi.

Diffuz va to'g'ridan-to'g'ri quyosh nurlanishi

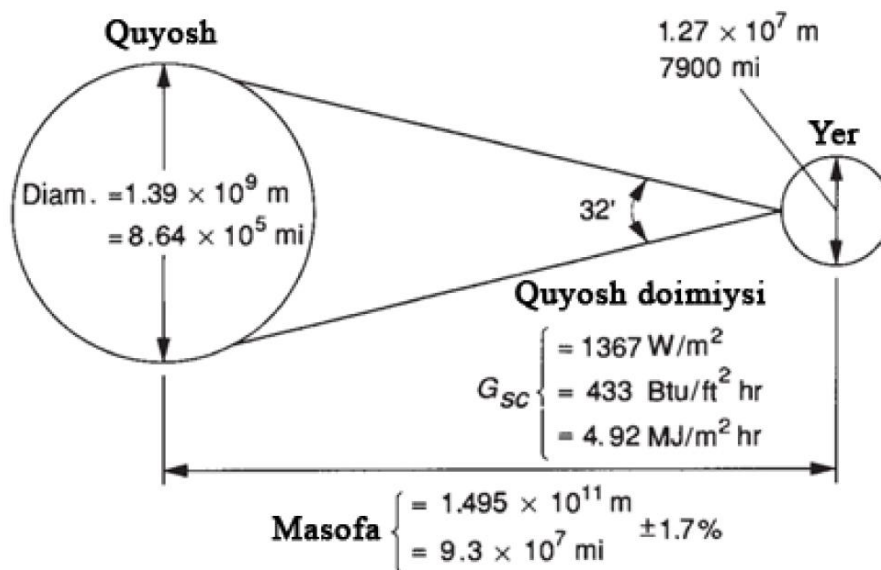
Quyosh nurlari atmosferadan o'tganda, uning bir qismi so'riladi, tarqaladi va aks etadi:

- Havo molekulalari;
- Suv bug'i;
- Bulutlar;
- Chang;
- Ifloslantiruvchi moddalar;
- O'rmon yong'inlari;
- Vulkanlar.

Bu diffuz quyosh radiatsiyasi deb ataladi. Yer yuzasiga tarqalmagan holda yetib boradigan quyosh radiatsiyasi to'g'ridan-to'g'ri quyosh nurlanishi deb ataladi. Diffuz va to'g'ridan-to'g'ri quyosh nurlarining yig'indisi global quyosh radiatsiyasi deb ataladi. Atmosfera sharoitlari aniq, quruq kunlarda to'g'ridan-to'g'ri nurlanishni 10% ga, qalin, bulutli kunlarda esa 100% ga kamaytirishi mumkin.

1.3.1-rasmda quyosh-yer munosabatlarining geometriyasi sxematik ko'rsatilgan. Yer orbitasining eksentrisiteti shundayki, Quyosh va Yer orasidagi masofa 1,7% ga o'zgaradi. Bir astronomik birlik masofasida, 1495×10^{11} m, Yer va Quyosh o'rtacha masofasi, Quyosh $32'$ burchak ostida. Quyosh chiqaradigan radiatsiya va uning yer bilan fazoviy munosabati Yer atmosferasidan tashqarida quyosh nurlanishining deyarli qat'iy intensivligiga olib keladi. Quyosh doimiysi G_{sc} - atmosferadan tashqarida o'rtacha yer-quyosh masofasida radiatsiya tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar sirtning birlik maydonida olingan quyosh energiyasi. Raketalar va kosmik kemalar paydo bo'lishidan oldin, quyosh radiatsiyasi atmosfera orqali uzatilgandan va shu tariqa atmosferaning tarkibiy qismlari tomonidan qisman so'rilgan va tarqalib

ketgandan so'ng, quyosh radiatsiyasini yerdan o'lchash orqali quyosh doimiyligini hisoblash kerak edi.



1.3.1-rasm. Quyosh-Yer bog'liqligi.

Baland tog'lardan o'tkazilgan yer usti o'lchovlaridan olingan ekstrapolyatsiyalar quyosh spektrining turli qismlarida atmosfera o'tkazuvchanligini baholashga asoslangan. Kashshof tadqiqotlarni C.G.Abbot va uning Smitson institutidagi hamkasblari olib borishgan. Ushbu tadqiqotlar va raketalaridan keyingi o'lchovlar Jonson (1954) tomonidan umumlashtirilgan; Abbotning quyosh doimiyligining 1322 Vt/m^2 qiymati Jonson tomonidan yuqoriga qarab 1395 Vt/m^2 ga qayta ko'rib chiqilgan. Juda baland samolyotlar, havo sharlari va kosmik kemalarning mavjudligi Yer atmosferasining ko'p qismi yoki to'liq qismidan tashqarida quyosh nurlanishini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash imkonini berdi. Ushbu o'lchovlar to'qqizta alohida eksperimental dasturda turli xil asboblardan yordamida amalga oshirildi. Ular $\pm 1,5\%$ taxminiy xato bilan 1353 Vt/m^2 quyosh doimiysi G_{sc} qiymatiga olib keldi. Ushbu standart qiymat NASA (1971) va Amerika Sinov va Materiallar Jamiyati (2006) tomonidan qabul qilingan. 1353 Vt/m^2 qiymatiga asoslangan ma'lumotlar Frohlich (1977) tomonidan qayta ko'rib chiqildi va asboblarni mutlaq radiometrlar bilan taqqoslash asosida yangi pirgeliometrik shkalaga qisqartirildi. Nimbus va Mariner sun'iy yo'ldoshlaridan olingan ma'lumotlar ham tahlilga kiritilgan va 1978-yildan boshlab Frohlich 1 dan 2% gacha bo'lgan xatolik bilan 1373 Vt/m^2 quyosh doimiysi G_{sc} ning yangi qiymatini tavsiya qiladi. Bu avvalgi qiymatdan 1,5% va spektral o'lchovlarni birlashtirish orqali quyosh doimiyligini eng yaxshi aniqlashdan 1,2% yuqori edi. Hickey va boshqalar bilan qo'shimcha kosmik o'lchovlar o'tkazildi. (1982) hisobotida 1373 Vt/m^2 va Wilson va boshqalar. (1981) hisobotida 1368 Vt/m^2 . Duncan va boshqalar (1982) tomonidan bildirilgan uchta raketa parvozi o'lchovlari 1367, 1372 va 1374 Vt/m^2 edi. Jahon Radiatsiya Markazi (WRC) 1% tartibdagi noaniqlik bilan

1367 Vt/m^2 qiymatini qabul qildi. Bulardan ko'rinib turibdiki, ko'pgina quruqlikdagi quyosh radiatsiyasini o'lchashdagi noaniqliklar G_{sc} dagidan kattaroqdir.

1.4. Quyosh radiatsiyasining turlari va ularni o'lchash

Quyosh energiyasidan foydalanishda tanlangan joyning yil davomida qancha vaqt yoritilishi, birlik yuzaga birlik vaqt ichida qancha energiya tushishligi yoki boshqacha aytganda joyning radiatsiya rejimini bilish muhim amaliy ahamiyatga ega.

Meteorologiyaning nur energiyasi oqimini (radiatsiyani) o'lchash va nur tushuvchi sirtlarning radiatsiya rejimini o'rganish bilan shug'ullanuvchi bo'limiga aktinometriya deyiladi. Aktinometriyada Quyoshning to'g'ri, tarqoq va yig'indi radiatsiyasi tushunchalari mavjud. Quyoshning Yer sirtiga yo'nalgan o'zaro parallel nurlar oqimiga uning to'g'ri (S), atmosfera qatlamidan sochilib kelayotgan oqimiga tarqoq (D) va Yer sirtiga yetib kelayotgan barcha oqimga esa yig'indi radiatsiyasi (Q) deyiladi.

Quyosh energiyasining miqdori uning intensivligi orqali aniqlanadi. Sirt birligiga tushuvchi quyosh nurining quvvatiga uning intensivligi deyiladi (Vt/m^2). Yer atmosferasining yuqori chegarasida quyosh energiyasi intensivligi 1365 Vt/m^2 ga teng bo'lib, unga quyosh doimiysi deyiladi.

Yerga yoki jismlarning sirtiga tushgan quyosh nurining bir qismi qaytadi. Sirtidan qaytgan radiatsiya oqimining unga tushgan oqimiga bo'lgan foizlardagi nisbati shu sirt *albedosi* deb ataladi. Masalan, albedo qora bahmal uchun 0,5 %, quruq qum uchun 15–35 %, oq kafel uchun – 75 %, ko'zgu uchun – 85–88 %, aluminiy uchun – 85–90 % va po'lat uchun 50–60 %ga teng.

Quyosh nurlanish energiyasini o'lchashning kalorimetrik, fotoelektrik, fotografik va vizual usullari mavjud.

Kalorimetrik o'lchashlarda qora rangli sirt tomonidan yutib olingan nur energiyasining bevosita issiqlik energiyasiga aylanishidan foydalaniladi. Bunda asbobning qabul sirtiga tushuvchi quyosh radiatsiyasi oqimi miqdori shu sirtida ajraladigan issiqlik miqdori yoki temperaturaning oshishini qayd qilish orqali aniqlanadi.

Fotoeffekt va yorug'likning fotokimyoviy ta'siri hodisalari nurlanish energiyasini o'lchashning fotoelektrik va fotografik usullarini ishlab chiqishda foydalanilgan. Hozirgi davrda qisqa to'liq spektral oqimlarni tadqiq etishda fotoelementlar, fotoko'paytirgichlar va fotoqarshiliklar yordamida qayd etishning fotoelektrik usuli keng qo'llanilmoqda. Vizual o'lchovlarda radiatsiyani baholashda spektrning ko'zga ko'rinuvchi sohasi ta'siriga sezgir bo'lgan odam ko'zi xizmat qiladi.

Aktinometrik o'lchashlarning asosiy vazifasi qisqa va uzun to'liq spektral radiatsiyaning integral oqimi miqdorini (intensivligini) aniqlashdan iboratdir. Bu maqsadda kalorimetrik usul barcha usullarga ko'ra ko'proq mos keladi. Kalorimetr

orqali oqib o'tuvchi suv yordamida olinadigan issiqlik nur energiyasi oqimining o'lchovi bo'lib xizmat qiladi. To'g'ri quyosh radiatsiyasini o'lchash uchun mo'ljallangan turli konstruksiyali suvli pirgeliometrlar ana shu asosda ishlaydi.

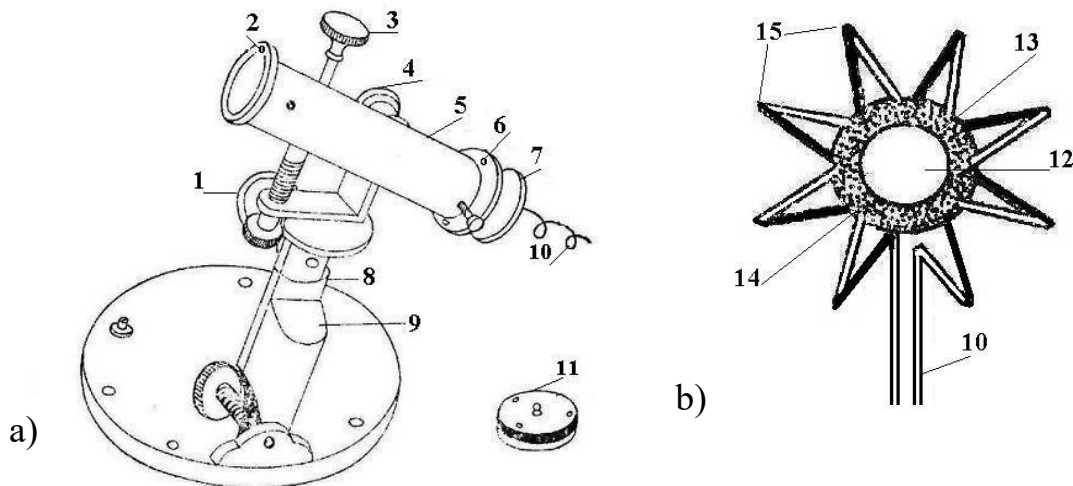
Quyosh nurlanishi issiqlik oqimini bevosita aniqlash uchun aktinometrik asboblardan foydalanish qulaydir. Nur qabul qiluvchi sirt bilan atrof-muhit orasidagi temperaturalar farqini o'lchash orqali issiqlik oqimini aniqlashga asoslangan bu xil asboblarning keng ko'lamga ega. Bu farq issiq kavshari nur qabul qiluvchi sirtga yopishtirilgan, sovuq kavshari esa o'zgarmas temperatura sharoitida saqlanuvchi termojuftlarning ketma-ket ulanishidan hosil qilingan zanjirda paydo bo'luvchi tok miqdoriga qarab termoelektrik usulda aniqlanadi. Bunday turdagi asboblarning nisbiy asboblarning hisoblanadi va darajalashga muhtoj bo'ladi ya'ni ularning ko'rsatishi absolyut asboblarning ko'rsatishlari bilan taqqoslanishi kerak.

Mohiyati sovuq kavshar temperaturasi issiq kavshar temperaturasiga tenglashguncha qizdirishdan iborat bo'lgan kompensatsion usuldan foydalanib nur energiyasini o'lchashning absolyut usuli ishlab chiqilgan. Sovuq kavsharni qizitish uchun sarflangan issiqlik miqdori asbobning nur tushuvchi sirtida nurning yutilishi natijasida olingan issiqlikning absolyut o'lchovi bo'ladi. Shunday prinsipga asoslanib Angstromning absolyut pirgeliometri yasalganki, u to'g'ri quyosh radiatsiyasi oqimini absolyut miqdorini o'lchash uchun xizmat qiladi. Bu asbob aktinometrik asboblarning uchun etalon hisoblanadi.

Hozirgi davrda quyoshning to'g'ri radiatsiyasi oqimini o'lchash uchun asosan Savinov-Yanishovskiyning termoelektrik aktinometridan foydalaniladi (1.4.1-rasm). Asbobning asosiy qismi 9 shtativga 1 vint yordamida o'rnatilgan 5 trubka va uning oxiridagi 7 qutichada joylashtirilgan termobatareyali nur yutgich hisoblanadi. Trubkaning gorizontal o'qi meridian tekisligida joyning geografik kengligiga mos holda qiyalatib o'rnatiladi. 3 va 4 vintlar yordamida trubka Quyoshga shunday qaratiladiki, tashqi diafragmadagi 2 kichik teshikcha orqali o'tayotgan quyosh nurlari shu teshikcha qarshisidagi 6 nuqtaga tushsin, shunda quyoshning to'g'ri radiatsiyasi aynan termobatareya sirtiga tik tushayotgan bo'ladi. Termobatareyaga GSA-1 galvanometri ulanadi. Asbob ishlatilmaganda quyosh nurlari tushuvchi diskni changlardan himoyalash uchun trubka 10 qopqoq bilan yopiladi. Trubkaning ichida 5 ta diafragma bo'lib, ular asbobning nur qabul qiluvchi sirtini shamol ta'siridan va tarqoq hamda qaytgan yorug'lik nurlaridan himoya qiladi. Termoyulduzcha deb nomlanuvchi manganin-konstantan termobatareyasining issiq kavsharlari nur tushuvchi sirti qoralangan yupqa kumush diskning orqa tomoniga, sovuq kavsharlari esa aktinometrning g'ilofiga qistirilgan mis halqaga papiros qog'ozi bilan izolatsiyalanib yopishtirilgan.

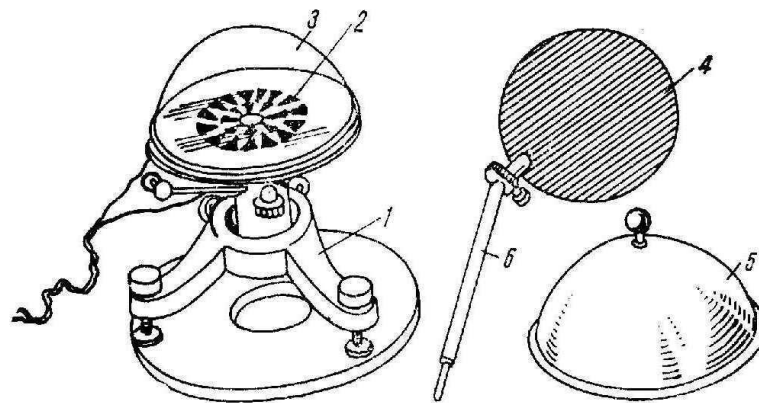
Quyosh radiatsiyasi disk sirtiga tushgach issiq kavsharlar qiziydi, termobatareyada termotok hosil bo'ladi va uni galvanometr o'lchaydi. Issiq va sovuq

kavsharlar orasidagi temperatura farqi tushuvchi radiatsiya oqimiga, o'z navbatida hosil bo'luvchi termotok temperaturalar farqiga bog'liq. Radiatsiya intensivligini topish uchun galvanometr ko'rsatgan raqamni Angestrem pirligometriga solishtirish orqali ma'lum bo'lgan o'tish koeffitsientiga ko'paytirish kerak. Odatda aktinometrning sezgirligi 696 Vt/m^2 ga 4–7 millivoltni tashkil etadi.



1.4.1-rasm. (a) – Savinov-Yanishevskiy aktinometrining umumiy ko'rinishi; (b) – aktinometr termobatareyasining sxemasi (termoyulduzcha). 1, 3 va 4–vintlar; 2– nur o'tishi uchun teshikcha; 5–trubka; 6–2 teshikdan o'tgan nur tushuvchi dog'; 7– termobatareya joylashgan quticha; 8–shkala; 9–shtativ; 10–galvanometrqa ulanadigan o'tkazgichlar; 11–qopqoq; 12–kumush disk; 13–mis halqa; 14 va 15–mos ravishda termojuftning issiq va sovuq kavsharlari.

Yig'indi va tarqoq radiatsiyani qayd etish uchun Yanishevskiyning termoelektrik piranometri keng qo'llaniladi (1.4.2-rasm). Asbobning asosiy qismi 1 metall taglikka o'rnatilgan 2 nur qabul qilgich-termoelektrik batareya bo'lib, u ko'pincha shaxmat doskasi shaklida terilgan ko'p sondagi manganin va konstantan bo'lakchalardan tashkil topgan. Barcha juft kavsharlar magneziiy bilan oqlangan, toq kavsharlari esa qurum bilan qoraytirilgan. 3 shisha qopqoq termobatareyani chang, shamol va uzun to'lqinli radiatsiyadan himoya qiladi. Tarqoq radiatsiyani o'lchash uchun asbobning nur qabul qiluvchi qismi 4 qoralangan metall ekran bilan soya qilinadi. Buning uchun diametri shisha qalpoq diametriga teng soyabon ekran metall taglikka o'rnatilgan 6 tirkovichning (odatda tirkovich uzunligi ekran diametridan 5–7 marta katta bo'ladi) yuqori uchiga ildiriladi. Har ikkala holatda ham qora va oq termokavsharlardagi temperaturalar farqi hisobidan hosil bo'lgan termotok GSA-1 galvanometri yordamida o'lchanadi. Galvanometr strelkasi quyosh radiatsiyasi intensivligiga mutanosib ravishda og'adi. Galvanometr ko'rsatishlariga mos holda maxsus jadvallar orqali radiatsiya intensivligi aniqlanadi. Bulutli kunlarda yig'indi radiatsiya tarqoq radiatsiyaga teng bo'ladi.



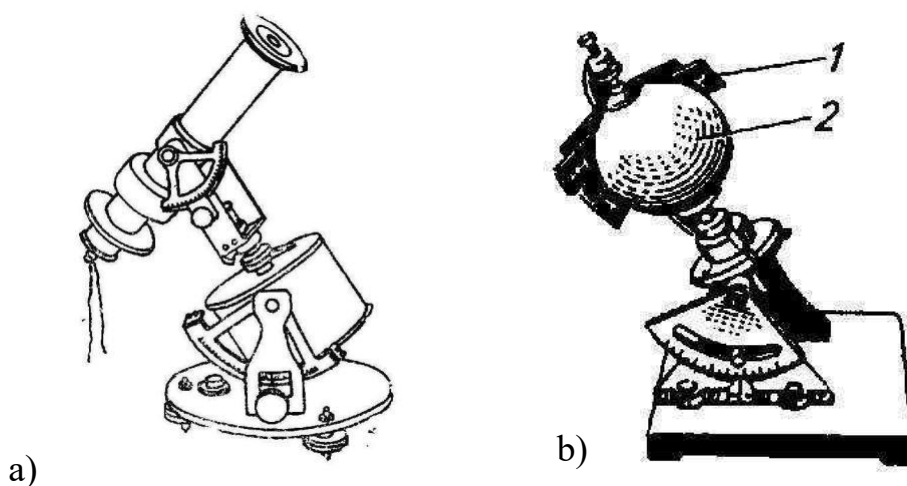
1.4.2-rasm. Yanishevskiyning termoelektrik piranometri. 1–metall taglik; 2–termoelektik batareya; 3–shisha qopqoq; 4–soyabon ekran; 5–metall qopqoq; 6–tirkovich.

Aktinometr to‘g‘ri quyosh radiatsiyasini tez va uzluksiz ravishda qayd etishi uchun u avtomatik tarzda Quyoshga to‘g‘rilovchi soat mexanizmli geliostatga o‘rnatiladi (6-rasm). Aktinometr zanjirida hosil bo‘luvchi tok avtomatik tarzda elektron potensiometr yordamida qayd etib boriladi.

Quyosh nur sohib turadigan vaqtni, ya‘ni quyosh ufq ustida turgan va uni bulut to‘smagan vaqtni geliograf asbobi avtomatik tarzda qayd qilib boradi (1.4.3-rasm). Asbobning ishlash tarzi quyosh nurlarining issiqlik yoki kimyoviy ta‘siriga asoslangan. Uning asosiy qismini yig‘uvchi linza rolini o‘ynovchi 2 vazmin shisha shar tashkil etadi. Shar linza o‘z o‘qining og‘ish burchagini o‘zgartiruvchi moslama va soatlarga bo‘lingan qog‘oz tasmani joylashtirish uchun maxsus joyli tutqich bilan birgalikda taglikga o‘rnatilgan. Tushayotgan quyosh nurlari shisha shar fokusida yig‘ilib qog‘oz tasmani kuydiradi. Qog‘oz tasmadagi kuyish uzunligi quyoshning nur sohib turadigan vaqtini bildiradi. Shuni ta‘kidlash joizki, Quyoshning ultrabinafsha nurlari spektrning ko‘rinuvchi va infraqizil sohasiga aralash holda uncha ko‘p bo‘lmagan miqdorda (3 % atrofida) Yer sirtiga yetib keladi. Shu sababli uni o‘lchashdan oldin ajratish, boshqacha aytganda filtrlash kerak.

Buning uchun ultrabinafsha yorug‘lik filtrlari, masalan, Vudning qora shishasi nomini olgan nikel va kobalt tuzlari bilan bo‘yalgan shishadan foydalaniladi. Bunday shishalar ko‘zga ko‘rinuvchi nurlarni o‘tkazmaydi.

Nurlarga tik joylashgan sirtlarga tushuvchi, to‘lqin uzunligi 300 nm dan 400 nm gacha bo‘lgan to‘g‘ri ultrabinafsha radiatsiyani o‘chash uchun ishlatiladigan asboblardan biri A.N.Boykoning kvartslı quyosh monoxromatoridir. Bu asbob ixcham bo‘lib, aktinometrik va biologik stansiyalar, shuningdek dala sharoitida kuzatishlar olib borish uchun qulaydir. Monoxromator yordamida 2–3 minut davomida quyosh spektrining 15 qismida to‘g‘ri ultrabinafsha radiatsiya intensivligini o‘lchash mumkin.



1.4.3-rasm. (a) Aktinometr uchun geliostat; (b) Geliografning umumiy ko‘rinishi: 1—soatlarga bo‘lingan qog‘oz tasma; 2—shar linza.

To‘lqin uzunligi 288 nm dan 400 nm oralig‘ida bo‘lgan ultrabinafsha nurlarning monoxromator termobatareyasida optik konsentratsiyalashuvi tabiiy nurlarnikiga nisbatan 1000 marta yuqoridir. O‘lchov asbobi sifatida sezgirligi 10^{-7} Å atrofida bo‘lgan strelkali galvanometr xizmat qiladi.

1.5. Gorizontaal hamda qiya sirtga tushuvchi to‘g‘ri, diffuz hamda umumiy quyosh nurlanishining kunlik umumiy ko‘rsatgichlari.

Radiatsiya ma‘lumotlari o‘rtacha hodisa radiatsiyasini hisoblash uchun eng yaxshi ma‘lumot manbai hisoblanadi. Shunga o‘xshash iqlimning yaqin joylaridan olingan bu yoki ma‘lumotlarga ega bo‘lmagan holda, quyosh nuri yoki bulutli soatlardan radiatsiyani hisoblash uchun empirik munosabatlardan foydalanish mumkin. O‘rtacha soat quyosh nuri yoki ehtimoliy quyosh nuri soatlarining o‘rtacha foizi to‘g‘risidagi ma‘lumotlar ko‘plab mamlakatlardagi ko‘plab yuzlab stantsiyalardan keng tarqalgan bo‘lib, odatda Campbell-Stokes asboblari bilan olingan ma‘lumotlarga asoslangan. Misollar 2-jadvalda ko‘rsatilgan. Bulut qopqog‘i ma‘lumotlari (ya‘ni bulutlilik) ham keng tarqalgan bo‘lsa-da, vizual hisob-kitoblarga asoslangan va ehtimol quyosh nuri ma‘lumotlari soatlariga qaraganda kamroq foyda keltiradi.

Dastlabki Angstrom turidagi regressiya tenglamasi oylik o‘rtacha kundalik radiatsiya bilan bog‘liq bo‘lib, so‘ralgan joyda tozalangan radiatsiyaga va ehtimoliy quyosh nuri soatlarining o‘rtacha bir qismi:

$$\frac{\bar{H}}{\bar{H}_c} = a' + b' \frac{\bar{n}}{\bar{N}} \quad (1.5.1)$$

bu yerda, $\bar{H}$ = gorizontaal yuzasida oylik o‘rtacha kunlik radiatsiya; H_c = so‘ralgan joy va oy uchun o‘rtacha aniq osmon kundalik radiatsiya; a' , b' = empirik konstantalar; $\bar{n}$ = oylik o‘rtacha kunlik yorug‘lik soatlari yorqin quyosh nuri; $\bar{N}$ = oylik o‘rtacha

yorug'lik quyosh nurining maksimal kunlik soatlari (ya'ni oyning o'rtacha kunining kun uzunligi).

1.5.1-jadval

Kenglik va balandlik bo'yicha quyoshli kunning oylik o'rtacha soatlariga misollar

Joylashuv Kenglik Balandlik, m	Gongkong, 22° Sh, Dengiz sathi	Parij, Fransiya, 48° Sh, m	Mumbay, Hindiston, 19° Sh, Dengiz sathi	Sokoto, Nigeriya, 13° Sh, 107 m	Pert, Avstraliya, 32° J, 20 m	Madison, Viskonsin, 43° Sh, 270 m
Yanvar	4.7	2.1	9.0	9.9	10.4	4.5
Fevral	3.5	2.8	9.3	9.6	9.8	5.7
Mart	3.1	4.9	9.0	8.8	8.8	6.9
April	3.8	7.4	9.1	8.9	7.5	7.5
May	5.0	7.1	9.3	8.4	4.7	9.1
Iyun	5.3	7.6	5.0	9.5	4.8	10.1
Iyul	6.7	8.0	3.1	7.0	5.4	9.8
Avgust	6.4	6.8	2.5	6.0	6.0	10.0
Sentabr	6.6	5.6	5.4	7.9	7.2	8.6
Oktabr	6.8	4.5	7.7	9.6	8.1	7.2
Noyabr	6.4	2.3	9.7	10.0	9.6	4.2
Dekabr	5.6	1.6	9.6	9.8	10.4	3.9
Yillik	5.3	5.1	7.4	8.8	7.8	7.3

1.5.1 tenglamasi bilan bog'liq asosiy qiyinchilik $\bar{n} / \bar{N}$ va H_c atamalarining noaniqligida yotadi. Oldingisi instrumental muammo (quyosh nuri yozib oluvchilarning yozuvlari talqin qilish uchun ochiq). Ikkinchisi aniq kun ta'rifidagi noaniqlikdan kelib chiqadi. Sahifa (1964) va boshqalar uni aniq nurlanishga emas, balki gorizontol sirdagi yer yuzidagi nurlanishga asoslash usulini o'zgartirdilar:

$$\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} = a + b \frac{\bar{n}}{\bar{N}} \quad (1.5.2)$$

bu yerda, $\bar{H}_0$ - so'ralgan vaqt mobaynida o'rtacha ko'rsatkichga ega bo'lgan joy uchun yer yuzidagi radiatsiya bo'lib, a va b joylashishga qarab doimiydir. $\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}$ oylik o'rtacha aniqlik indeksi deyiladi.

Masala.

1.5.2-jadvalda quyosh nuri soati ma'lumotlarining o'rtacha davomiyligi asosida Madison, Viskonsin shtati, kengligi 43° uchun gorizontol yuzada quyosh nurlanishining oylik o'rtacha ko'rsatkichlarini hisoblang.

Yechish.

Hisob-kitoblar 2.7.2-tenglama asosida 2.7.2-jadvaldan $a = 0,30$ va $b = 0,34$ konstantalari yordamida tuzilgan. H_0 ning qiymatlari jadvaldan yoki 1.10.1-rasmdan

va 1.5.3-tenglamadan kun uzunliklaridan, har biri oyning o'rtacha kunlari uchun olinadi. Istalgan tahminlar MJ/m² da kundalik H ni ko'rsatadigan quyidagi jadvalda olinadi. (Taqqoslash uchun Madison uchun TMY3 ma'lumotlari ko'rsatilgan va Madison radiatsiyasining so'nggi ustun hisob-kitoblarida Blue Hill uchun doimiy a va b dan foydalanish orqali aniqlangan.)

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \varphi) \quad (1.5.3)$$

1.5.2-jadval

Oy	$\overline{H}_o$ (MJ/m ²)	$\overline{N}$ (h)	$\overline{n} / \overline{N}$	Baholangan $\overline{H}$ (MJ/m ²)	O'lchangan $\overline{H}^a$ (MJ/m ²)	Baholangan $\overline{H}^b$ (MJ/m ²)
Yanvar	13.36	9.2	0.49	6.3	6.9	6.2
Fevral	18.80	10.3	0.55	9.2	9.7	9.3
Mart	26.01	11.7	0.59	13.0	13.1	13.4
Aprel	33.75	13.2	0.57	16.6	16.9	17.0
May	39.39	14.5	0.63	20.2	21.0	21.0
Iyun	41.74	15.2	0.67	22.0	23.4	23.1
Iyul	40.52	14.0	0.66	21.2	22.2	22.2
Avqust	35.88	13.8	0.73	19.6	19.6	20.9
Sentabr	28.77	12.3	0.70	15.5	14.5	16.4
Oktabr	20.89	19.8	0.67	11.0	9.7	11.6
Noyabr	14.61	9.5	0.44	6.6	6.2	6.4
Dekabr	11.90	8.8	0.44	5.4	5.6	5.3

Madison uchun a va b konstantalari o'lchangan ma'lumotlardan boshqa ma'lumotlar bazasidan olingan bo'lsa-da, o'lchangan va hisoblangan radiatsiya o'rtasidagi kelishuv oqilona yaxshi.

Agar bizda Madison uchun doimiylar bo'lmasa va Madisonga yaqin iqlimni tanlashga to'g'ri kelsa, Blue Hill oqilona tanlov bo'lardi. Ko'k tepalik konstantalari yordamida hisoblangan o'rtacha ko'rsatkichlar so'nggi ustunda ko'rsatilgan. Tendentsiyalar ko'rsatilgan, ammo kelishuv uncha yaxshi emas.

Bu 1.5.2 tenglamasidan foydalanishda ko'proq tipik holat. Ma'lumotlar, shuningdek, bulutlar bilan berkitilgan osmonning o'ndan bir qismi sifatida ifodalangan o'rtacha oylik bulut qoplamasi C-da mavjud.

Oylik o'rtacha kunlik radiatsiya H ni oylik o'rtacha bulut qoplamasi C bilan bog'lash uchun empirik munosabatlar olingan.

Bular odatda shakldan

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o} = a'' + b''C \quad (1.5.4)$$

Ochiq osmon nurlanishini hisoblash

Radiatsiyani taranglashtirish va yutishda atmosferaning ta'siri atmosfera sharoitlari va havo massasi o'zgarishi bilan vaqt bilan o'zgaruvchan bo'ladi. Standart “ochiq” osmonni aniqlash va ushbu standart sharoitlarda gorizonttal yuzada qabul qilinadigan soatbay va kundalik radiatsiyani hisoblash foydalidir.

1.5.3-jadval

Iqlim turlari uchun tuzatish omillari

Ob-havo turi	r_0	r_1	r_k
Tropik	0.95	0.98	1.02
Midlatitude yoz	0.97	0.99	1.02
Subarctik yoz	0.99	0.99	1.01
Midlatitude qish	1.03	1.01	1.00

Hottel (1976) standart atmosfera uchun va to'rtta iqlim turi uchun zenit burchagi va balandligini hisobga olgan aniq atmosfera orqali uzatiladigan nur nurlanishini hisoblash usulini taqdim etdi. Nur nurlanishi τ_b uchun atmosfera uzatilishi G_{bn}/G_{on} (yoki G_{bT}/G_{oT}) bo'lib, shaklda beriladi:

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp\left(\frac{-k}{\cos \theta_z}\right) \quad (1.5.5a)$$

23 km ko'rinishga ega bo'lgan standart atmosfera uchun a_0 , a_1 va k konstantalar a_0^* , a_1^* va k^* , dan topiladi. Bular 2,5 km dan kam balandliklar uchun beriladi

$$a_0^* = 0.4237 - 0.00821(6 - A)^2 \quad (1.5.5b)$$

$$a_1^* = 0.5055 + 0.00595(6.5 - A)^2 \quad (1.5.5c)$$

$$k^* = 0.2711 - 0.01858(2.5 - A)^2 \quad (1.5.5d)$$

bu yerda A kilometrlarda kuzatuvchining balandligi.

a_0^* , a_1^* va k^* larga iqlim turlarining o'zgarishiga yo'l qo'yish uchun tuzatish omillari qo'llaniladi. $r_0 = a_0/a_0^*$, $r_1 = a_1/a_1^*$ va $r_k = k/k^*$ tuzatish omillari 1.5.3-jadvalda berilgan. Shunday qilib, nur nurlanishi uchun ushbu standart atmosferaning uzatilishini har qanday zenit burchagi va 2,5 km gacha bo'lgan har qanday balandlik uchun aniqlash mumkin. Aniq osmon nurlari normal radiatsiya keyin

$$G_{cnb} = G_{on} \tau_b \quad (1.5.6)$$

Aniq osmon gorizonttal nurlanish radiatsiyasi

$$G_{cb} = G_{on} \tau_b \cos \theta_z \quad (1.5.7)$$

Bir soat mobaynida aniq osmon gorizonttal nurlanish radiatsiyasi

$$I_{cb} = I_{on} \tau_b \cos \theta_z \quad (1.5.8)$$

Misol. Quyosh vaqti bilan 22 avgust kuni soat 11:30 da Madisonda (balandligi 270 m) standart aniq atmosferaning nurlanish radiatsiyasi uchun uzatishni hisoblang. O'sha paytda nur nurlanishining intensivligini va uning tarkibiy qismini gorizontal yuzada hisoblash.

Yechish

22-avgustda $n = 234$, pasayish $11,4^\circ$ ga teng, zenit burchagining kosinusi $0,846$ ga teng.

Keyingi qadam 1.5.5 tenglamasi koeffisientlarini topishdir. Birinchidan, standart atmosfera uchun qiymatlar $0,27$ km balandlik uchun 1.5.5b dan 1.5.5d gacha bo'lgan tenglamalardan olinadi:

$$a_0^* = 0.4237 - 0.00821(6 - 0.27)^2 = 0.154$$

$$a_1^* = 0.5055 + 0.00595(6.5 - 0.27)^2 = 0.736$$

$$k^* = 0.2711 - 0.01858(2.5 - 0.27)^2 = 0.363$$

Iqlim tipidagi tuzatish omillari midlatitude yoz uchun 1.5.3-jadvaldan olinadi. 1.5.5a tenglamasi bo'ladi

$$\tau_b = 0.154 \times 0.97 + 0.736 \times 0.99 \exp\left(-0.363 \times \frac{1.02}{0.846}\right) = 0.62$$

Yer yuzidagi nurlanish $1339 \text{ W} / \text{m}^2$. Nurlanish radiatsiyasi keyin

$$G_{cnb} = 1339 \times 0.62 = 830 \text{ W/m}^2$$

Gorizontal tekislikdagi komponent

$$G_{cb} = 830 \times 0.846 = 702 \text{ W/m}^2$$

Shuningdek, umumiy radiatsiyani olish uchun gorizontal yuzadagi aniq osmon diffuz nurlanishni hisoblash kerak. Liu va Iordaniya (1960) nurlanish uchun uzatish koeffisientlari va aniq kunlar uchun diffuz nurlanish o'rtasida empirik munosabatlarni rivojlantirdi:

$$\tau_d = \frac{G_d}{G_o} = 0.271 - 0.294\tau_b \quad (1.5.9)$$

bu yerda τ_d is G_d/G_o (I_d/I_o) diffuz radiatsiyasining gorizontal samolyotdagi yer yuzidagi (nur) radiatsiyaga nisbati. Tenglama 3 ta stanok uchun ma'lumotlar asosida tuzilgan. Lyu va Iordaniya foydalanadigan ma'lumotlar Hottel (1976) tomonidan ishlatilgan va unga to'liq mos kelmasligi mumkin; yaxshiroq ma'lumot mavjud bo'lgunga qadar, tenglama 2.8.5 diffuz aniq osmon nurlanish taxmin qilish uchun foydalanish taklif etiladi. Bu aniq soatlik umumiy olish uchun Hottel usuli bashorat qilingan nur nurlanishi qo'shilishi mumkin. Ushbu hisob-kitoblar kunning har bir soati uchun, soatlarning o'rta nuqtalariga asoslanib, standart aniq kunlik radiatsiya H_c olish uchun takrorlanishi mumkin.

II BOB. QUYOSH ENERGIYASINI ISSIQLIKKA AYLANTIRISHNING FIZIKAVIY ASOSLARI

2.1. Issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish prinsiplari. Issiqlik o'tkazuvchanlik. (konvektiv issiqlik uzatish)

Issiqlik o'tkazuvchanlik – bu temperaturalar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir.

Issiqlik almashinuvining bunday usuli, asosan qattiq jismning ichida ham, shuningdek bir-biriga tegib turgan ikkita qattiq jism orasida ham sodir bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik suyuqlik yoki gaz qatlami orqali ham amalga oshishi mumkin, lekin umuman olganda suyuqlik va gazlar (suyuqlangan metallar bundan mustasno) issiqlikni juda yomon o'tkazuvchan hisoblanadi.

Bir jinsli izotrop jismni isishini ko'raylik. Barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xil fizik xossalarga ega bo'lgan jismlarga izotrop jismlar deb aytiladi. Bunday jismni isitish vaqtida uning turli nuqtalaridagi temperatura vaqt bo'yicha o'zgaradi va issiqlik yuqori temperatura sohasidan past temperatura sohasiga tarqaydi.

Vaqtning ayni paytida ko'rib chiqilayotgan fazoning barcha nuqtalaridagi temperatura qiymatlarining yig'indisi temperatura maydoni deyiladi. Temperatura maydoni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$t=f(x,u,z,\tau) \quad (2.1.1)$$

bu yerda x,u,z – nuqta koordinatalari; τ - vaqt.

Agar jismning temperaturasi koordinata va vaqtning funksiyasi bo'lsa, u holda temperatura maydoni nostatsionar bo'ladi:

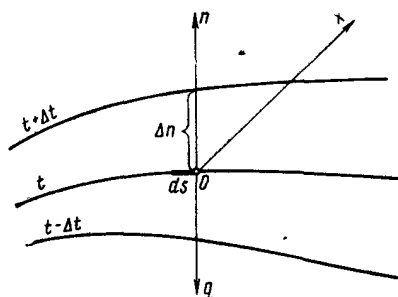
$$t=f(x,u,z,\tau); \partial t/\partial \tau \neq 0 \quad (2.1.2)$$

Agar jismning temperaturasi faqat koordinataning funksiyasi bo'lib, vaqt davomida o'zgarmasa, u holda temperatura maydoni statsionar bo'ladi.

$$t=f(x,u,z); \partial t/\partial \tau = 0 \quad (2.1.3)$$

Temperatura maydoni uchta, ikkita va bitta koordinataning funksiyasi bo'lishi mumkin va mos ravishda, u uch, ikki va bir o'lchamli deyiladi. Hamma nuqtalarida temperatura bir xil bo'ladigan sirt izotermik sirt deyiladi.

Fazoning ayni nuqtasining o'zida bir vaqtda ikki xil temperatura bo'lishi mumkin emasligi uchun, turli izo-termik sirtlar xech vaqt bir-biri bilan kesishmaydi. Ularning barchasi jism sirtida tugaydi yoki butunlay uning ichida joylashadi. Jismning temperaturasi izotermik sirtlarni kesib o'tadigan yo'nalishlardagina o'zgaradi (2.1.1-rasm). Bunda uzunlik birligida temperaturaning eng katta o'zgarishi izotermik sirtga normal n yo'nalishida bo'ladi.



2.1.1-rasm. Izotermalar. Temperatura gradienti haqidagi tushunchaga doir.

Temperatura o'zgarishi Δt ning izotermadagi normal bo'yicha masofa Δn ga nisbati temperatura gradienti deyiladi:

$$\lim \left[\frac{\Delta t}{\Delta n} \right]_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad} t \quad (2.1.4)$$

Temperatura gradienti – izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir. Uning temperaturaning ortishi tomoniga yo'nalishi musbat yo'nalish hisoblanadi. Issiqlik almashinuvining boshqa turlari kabi, issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni ham jismning turli nuqtalarida temperatura bir xil bo'lmagandagina amalga oshadi, ya'ni $\text{grad} t \neq 0$. Ixtiyoriy sirt dan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik oqimi deyiladi. Issiqlik oqimining vektori doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Fransuz olimi Furpe qattiq jismlardagi issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonlarini o'rganib, yuza birligi dF dan vaqt birligi $d\tau$ ichida o'tayotgan dQ issiqlik miqdori va temperatura gradienti o'rtasidagi bolanishni aniqladi.

$$dQ = -\chi dF \text{ grad} t \, d\tau = -\chi dF \, d\tau (\partial t / \partial n) \quad (2.1.5)$$

(2.1.5) tenglama issiqlik o'tkazuvchanlikning asosiy qonunini ifodalaydi va Furpe qonuni deyiladi. Shu tenglamadagi minus ishora issiqlik oqimi bilan temperatura gradientining vektorlari qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini bildiradi.

(2.1.5) ifodadagi proporsionallik koeffitsienti χ issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deyiladi. Izotermik sirt birligidan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori issiqlik oqimining zichligi deyiladi.

$$q = -dQ / (dF d\tau) \text{ yoki } q = -\chi (\partial t / \partial n) \quad (2.1.6)$$

Issiqlik oqimi zichligi q ning vektori doimo temperaturaning pasayishi tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Ixtiyoriy sirt F dan vaqt birligi ichida o'tayotgan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \int_0^\tau \int_F \chi dF d\tau (\partial t / \partial n) \quad (2.1.7)$$

Yuqorida o'rganilgan kattaliklarni birliklari quyidagicha:

temperatura gradienti – grad/m;

issiqlik oqimi – Vt ;

issiqlik oqimining zichligi – Vt/m^2 .

Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsientining birligi (8.7) ifodadan aniqlanadi:

$$\chi = -\frac{Q}{F(\partial t/\partial n)} = \frac{Vt}{m \cdot grad} \quad (2.1.8)$$

Demak, issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsientining qiymati, son jihatdan, temperaturalar farqi $1^\circ S$ bo'lganda devorning birlik qatlamidan o'tadigan solishtirma issiqlik oqimiga teng.

Turli xil moddalar uchun χ ma'lum bir qiymatga ega bo'lib, u moddaning tuzilishiga, zichligiga, bosimiga va temperaturasiga bog'liq.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti χ ning qiymati har qaysi jism uchun tajribadan topiladi. Ko'pchilik materiallar uchun χ ning temperaturaga bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\chi = \chi_0 [1 + b(t - t_0)],$$

bu yerda, χ_0 – $t_0^\circ C$ temperaturadagi issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti; t – temperatura, $^\circ C$; b – tajriba orqali aniqlanadigan temperatura koefitsienti.

Metallar issiqlikni eng yaxshi o'tkazadilar, ularda χ_3 dan 458 $Vt/(m \cdot grad)$ gacha o'zgaradi. Toza metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti (alyuminiydan tashqari) temperatura ortishi bilan pasayadi. Yengil ovak materiallar issiqlikni yomon o'tkazadi, chunki ularning ovaklari havo bilan to'lgan bo'ladi. Agar $\chi < 0,2$ $Vt/(m \cdot grad)$ bo'lsa, bunday materiallar issiqlik izolyatsiya materiallari deyiladi.

Bunday materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti temperatura ko'tarilishi bilan ortadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsientiga namlikni ta'siri katta. Suvning issiqlik o'tkazuvchanligi yomon, lekin xo'l materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti uning quruq holatidagi issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan ancha katta bo'ladi.

Bunga sabab shuki, suv issiqlikni havoga qaraganda deyarli 20 marta yaxshi o'tkazadi, shu sababli jism ovaklarining suv bilan to'lishi uning issiqlik izolyatsiya xossalarini keskin kamaytirib yuboradi.

Temperatura ko'tarilishi bilan tomchi suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti kamayadi, gazlarniki esa ortadi. Suvning χ si temperatura $0^\circ C$ dan $127^\circ C$ gacha ko'tarilganda ortadi, bundan keyin ham temperatura ko'tarilsa χ kamayadi. 2.1.3-jadvalda ayrim materiallarning issiqlik va temperatura o'tkazuvchanlik koefitsientlari keltirilgan.

Ayrim materiallarning issiqlik va temperatura o'tkazuvchanlik ko'efficientlari

Materiallar nomi	ρ , kg/m ³	t, °C	λ , W/(m·grad)	S kJ/(m·grad)	$Q \cdot 10^6$ m ² /sek.
Azbest	770	30	0,11163	0,816	0,186
Beton	2300	20	0,279	1,13	0,622
Nam tuproq	1700	17	0,657	2,01	0,192
Pishiq g'isht	1800	0	0,768	0,879	-
Muz	920	0	2,25	2,26	1,08
Quruq qum	1500	20	0,326	0,795	2,74
Shisha	2500	20	0,744	0,67	0,444
Alyuminiy	2670	0	204	0,921	86,7
Mis	8800	0	384	0,381	112,5
Nikel	9000	20	58	0,461	17,8
Kumush	10500	0	458	0,234	170
Uglerodli po'lat	7900	20	45	0,461	14,7
Suv	999,9	0	0,5513	4,212	0,131
Havo (quruq)	1,293	0	0,0244	1,005	18,8
Kislorod	1,429	0	0,0247	0,915	18,8

Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi. Chegara shartlari

Izotermik sirt dF dan dt vaqt ichida o'tayotgan issiqlik miqdorini aniqlash uchun (2.1.5) tenglamani F va τ bo'yicha integrallash lozim, ya'ni jism ichidagi temperatura maydonini bilish kerak. Bu masalani yechish uchun issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi keltirib chiqariladi.

Tenglamani keltirib chiqarishda quyidagi shartlar qabul qilinadi: jism bir jinsli va izotrop; uning fizik parametrlari o'zgarmas. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, jismning elementar hajmiga τ vaqt ichida tashqaridan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan keltirilgan dQ_1 issiqlik miqdori va ichki issiqlik manbai tomonidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori dQ_2 yig'indisi jismning ichki energiyasining o'zgarishiga teng bo'lishi kerak $dQ=dU$:

$$dQ_1+dQ_2=dQ \quad (2.1.9)$$

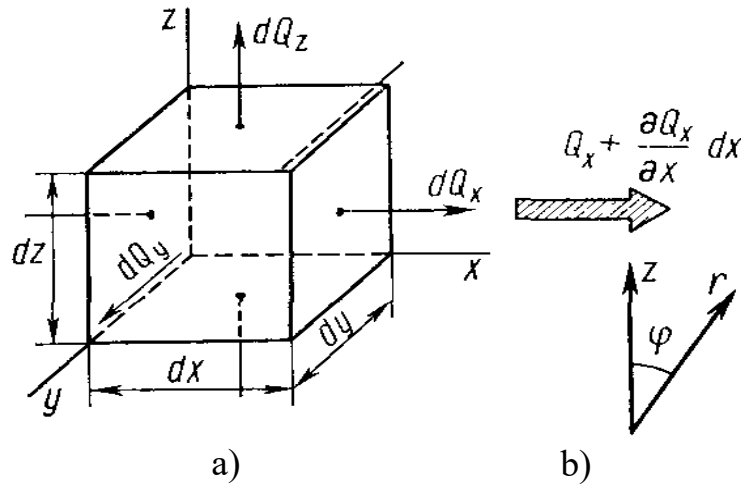
Bu tenglama xadlarini Dekart koordinata tizimida aniqlash uchun jismda tomonlari dx, dy, va dz bo'lgan parallelepiped ajratib olamiz (2.1.2-rasm).

Bu yerda dQ_x , dQ_y , dQ_z – olib keltirilayotgan issiqlik. dQ_{x+dx} , dQ_{y+dy} , dQ_{z+dz} – olib ketilayotgan issiqlik. U holda dy·dz qirra uchun Furye qonuniga (2.1.5) asosan:

$$dQ_x = -\chi \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau; \quad dQ_x = -\chi \left[\left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right) dx \right) dydzd\tau = \right. \\ \left. = -\chi \left(\frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx \right) dydzd\tau. \right.$$

Bu kattaliklar farqi parallelepipedda qolayotgan issiqlik miqdorini beradi:

$$dQ_{x1} = dQ_x - dQ_{x+dx} = \chi \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$



2.1.2-rasm. Issiqlik o'tkazuv-chanlikning differensial tenglamasiga doir. Dekart (a) va silindrik (b) koordinatalarda.

Xuddi shunday bolanishni qolgan ikki qirra uchun keltirib chiqarish mumkin. U holda jismga keltirilgan va unda qolgan umumiy issiqlik miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$dQ_1 = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau$$

Agar ichki issiqlik manbaining solishtirma issiqlik unumdorligini q_v (J/m³) orqali belgilasak:

$$dQ_2 = q_v dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \text{ bo'ladi.}$$

$d\tau$ vaqt ichida jismning ichki energiyasining o'zgarishi

$$dQ = c_\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} dx dydzd\tau$$

dQ_1 , dQ_2 va dQ larni (2.1.9) tenglamaga qo'yib, ba'zi o'zgartirishlardan so'ng quyidagini hosil qilamiz:

$$c_\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + q_v$$

yoki

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\chi}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (2.1.10)$$

bu yerda $a = \frac{\chi}{c\rho}$ - temperatura o'tkazuvchanlik koeffisienti;

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) - \text{Laplas operatori.}$$

U holda, issiqlik o'tkazuvchanlik differensial tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{c\rho} \quad (2.1.11)$$

Silindrik koordinatalar tizimida (2.1.2-rasm, b) (2.1.11) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho} \quad (2.1.12)$$

bu yerda r – radius sektor; φ - burchak.

Statsionar holat uchun $\partial t / \partial \tau = 0$, u holda (2.1.11) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q \nabla^2 + q_v / (c\rho) = 0; \quad \text{yoki} \quad \nabla^2 t + q_v / \chi = 0 \quad (2.1.13)$$

Ichki issiqlik manbai bo'lmasa:

Statsionar holatda

$$\nabla^2 t = 0 \quad (2.1.14)$$

Nostatsionar holatda

$$\partial t / \partial \tau = a \nabla^2 t \quad (2.1.15)$$

(2.1.11) va (2.1.12) tenglamalar, issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni ro'y berayotgan jismning istalgan nuqtasidagi temperaturaning vaqt va fazoviy o'zgarishlari orasidagi bolanishni belgilaydi.

Issiqlik o'tkazuvchanlikni differensial tenglamasi (Fourier tenglamasi) issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan issiqlik uzatilishini eng umumiy holda yoritadi.

Bu tenglamani aniq bir hollar uchun qo'llashda, vaqtning boshlanich paytida jismda temperaturaning taqsimlanishini va boshlanich shartlarni bilish zarur.

Bundan tashqari quyidagilar ma'lum bo'lishi kerak: jismning geometrik shakli va o'lchami, muhit va jismning fizik parametrlari, jism sirtida temperaturaning taqsimlanishini belgilovchi chegara shartlari.

Yuqoridagi barcha xususiyatlar differensial tenglama bilan birgalikda aniq bir issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonlarini to'liq yoritadi va bir xillilik shartlari yoki chegara shartlari deb aytiladi. Odatda, temperaturaning boshlanich taqsimoti $\tau=0$ vaqt uchun beriladi.

Chegara shartlari uch xil usulda berilishi mumkin. Chegara shartlarining birinchi turida temperaturaning jism sirtida taqsimoti vaqtning istalgan har qanday payti uchun beriladi.

Chegara shartlarining ikkinchi turida vaqtning har qanday istalgan payti uchun jism sirtidagi har qaysi nuqtada issiqlik oqimining zichligi beriladi.

Chegara shartlarining uchinchi turida jismni o'rab turgan muhit temperaturasi va jism sirti bilan atrof muhit o'rtasidagi issiqlik berish qonuniyatlari beriladi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasini bir xillilik shartlari asosida yechish jismni butun hajmi bo'yicha vaqtning istalgan paytida temperatura maydonini aniqlash imkonini beradi.

2.2. Konvektiv issiqlik uzatish

Gaz yoki suyuqlik makrozarralarining bir joydan ikkinchi joyga siljishida issiqlikning uzatilish jarayoni konveksiya deyiladi. Konveksiya (lotincha *canvectia* – keltirish) sochiluvchan, suyuq va gazsimon moddalar qatlamlari zarralarining tartibsiz harakatida namoyon bo'ladi. Shuning uchun zarralari oson siljiydigan muhitdagina konveksiya sodir bo'lishi mumkin. Issiqlikning konvektiv va molekulyar uzatilishining birgalikda ta'sir etishi tufayli bo'ladigan issiqlik almashinish konvektiv issiqlik almashinish deyiladi.

Boshqacha aytganda, konvektiv issiqlik almashinuvi bir vaqtning o'zida ikki usul: konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshiriladi. Harakatlanuvchi muhit va uning boshqa (qattiq jism, suyuqlik yoki gaz) bilan chegara sirti orasidagi konvektiv issiqlik almashinuviga issiqlik berish deyiladi.

Konvektiv issiqlik berish nazariyasining asosiy vazifasi oqim yuvib o'tadigan qattiq jism orqali o'tadigan issiqlik miqdorini aniqlashdir. Issiqlikning yakuniy oqimi doimo temperaturaning pasayish tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

Issiqlik berishni amalda hisoblashda Nyuton qonunidan foydalaniladi.

$$Q = \alpha F(t_c - t_{des}) \cdot \tau \quad (2.2.1)$$

Bu tenglik 1701 yili I.Nyuton tomonidan olingan bo'lib, Nyutonning konvektiv issiqlik berish qonuni deb aytiladi. Bu qonunga asosan suyuqlikdan devorga yoki

devordan suyuqlikka o'tadigan issiqlik miqdori Q issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan sirt F ga, temperatura tushishi $t_s - t_{dev}$ ga va issiqlik almashinuv vaqti τ ga proporsional bo'ladi.

Bu yerda t_{dev} – devor sirtining temperaturasi; t_s – devor sirtini yuvib o'tadigan muhitning temperaturasi.

Suyuqlik bilan qattiq jism orasidagi issiqlik almashinuvining konkret shart-sharoitlarini hisobga oluvchi proporsionallik koeffisienti α issiqlik berish koeffisienti deyiladi.

(2.2.1) formulada $F = 1 \text{ m}^2$ va $\tau = 1$ sek deb qabul qilsak, bir kvadrat metr yuzadan o'tadigan issiqlik oqimining Vatt hisobidagi zichligini olamiz:

$$q = \alpha(t_c - t_{deg}) \quad 2.2.2$$

yoki

$$q = \frac{t_c - t_{deg}}{1 / \alpha} \quad 2.2.3$$

Issiqlik berish koeffisientiga teskari bo'lgan $1/\alpha$ kattalik issiqlik berishning termik qarshiligi deyiladi.

(2.2.3) tenglamani α ga nisbatan yechsak quyidagini olamiz:

$$\alpha = \frac{q}{t_c - t_{deg}} \quad (2.2.4)$$

(2.2.4) tenglikka ko'ra, issiqlik berish koeffisienti α issiqlik oqimining zichligi q ning jism sirtining temperaturasi va tevarak muhit temperaturasi orasidagi farqqa nisbatidan iborat.

Temperatura bosimi 1°C ga teng bo'lganda issiqlik berish koeffisienti α son jihatidan issiqlik oqimining zichligiga teng bo'ladi.

Konvektiv issiqlik almashinuvi ancha murakkab jarayon. Bu jarayonni hisoblashda asosiy masala issiqlik berish koeffisienti α ni aniqlashdir. Issiqlik berish koeffisienti α juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'lib, ulardan asosiylari quyidagilar:

Suyuqlik oqimining vujudga kelish sabablari

Vujudga kelish sabablariga qarab, suyuqlikning harakati erkin va majburiy harakatlanishga bo'linadi. Erkin harakatlanish yoki tabiiy konveksiya notekis isitilgan suyuqlikda (gazda) vujudga keladi.

Bunda vujudga keladigan temperaturalar zichliklarning farq qilishiga va suyuqlikdagi zichligi kamroq makrozarralarning suyuqlik yuzasiga qalqib chiqishiga olib keladi, bu esa harakatlanishni keltirib chiqaradi. Erkin harakatning jadalligi

suyuqlik turiga, makrozarralarining temperaturalari farqiga va jarayon bo'layotgan hajmga bog'liq.

Suyuqlikning majburiy harakatlanishi yoki majburiy konveksiya tashqi qo'zg'atuvchilar: ventilyatorlar, nasoslar va shunga o'xshashlarning ta'sir etishi bilan bog'liq.

Bular yordamida suyuqlikni harakatlanish tezligini keng ko'lamda o'zgartirish va shu bilan issiqlik almashinuv tezligini boshqarish mumkin.

Suyuqlikning oqish tartibi

1884 yilda O. Reynolds o'zining tajribalari asosida, suyuqlikning harakati laminar yoki turbulent bo'lishi mumkinligini ko'rsatib berdi.

Laminar oqishda suyuqlikning zarralari aralashmasdan harakatlanadi. Bunda oqish yo'nalishiga normal bo'yicha issiqlikning uzatilishi asosan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshadi. Suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi ancha kichik (suv uchun $\chi=0,60 \text{ Wt/(m.K)}$) bo'lganligi sababli laminar oqishda issiqlik almashinish tezligi katta bo'lmaydi.

Oqim tezligi muayyan qiymatidan ortishi bilan oqish tavsifi keskin o'zgaradi. Bunda oqimning to'g'ri ipga o'xshash shakli o'zgarib, to'liqinsimon shaklga kiradi va ni'oyat butunlay aralashib ketadi.

Suyuqlikning harakati tartibsiz bo'la borib, oqim doimo aralashib turadi. Bunday oqish turbulent oqish deyiladi.

Turbulent oqishda issiqlik oqim ichida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, shuningdek suyuqlikning deyarli barcha massasining aralashishi yo'li bilan tarqaladi. Shuning uchun turbulent oqishda issiqlik almashinish laminar oqimdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi.

Reynolds suyuqlikning quvurdagi oqish tartibi $w d / \nu$ – o'lchamsiz kompleksning qiymati bilan aniqlanishini ko'rsatdi. Bu kompleks Reynolds soni deb aytiladi:

$$Re = w d / \nu, \quad (2.2.5)$$

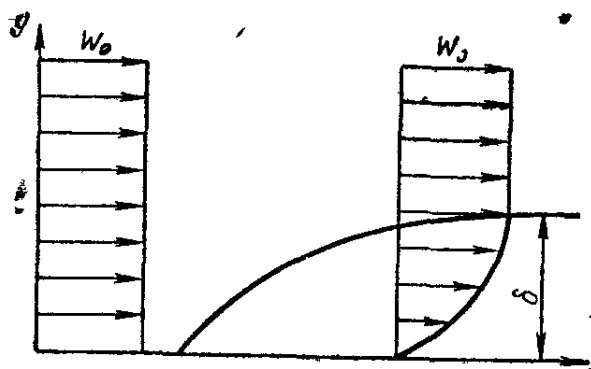
bu yerda w – suyuqlikning o'rtacha tezligi, m/sek; d – quvur diametri, m; ν – kinematik qovushqoqlik koeffisienti, m^2/sek .

(9.5) formula yordamida istalgan kesimdagi oqim uchun Reynolds sonini hisoblab chiqarish mumkin.

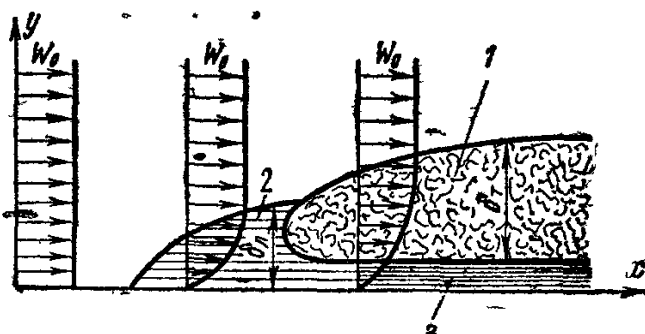
Reynolds sonini kritik qiymati $Re_{kr}=2300$ ekanligi tajribadan aniqlangan. $Re \leq 2300$ bo'lganda oqim laminar, $Re \geq 10000$ da esa – turbulent bo'ladi.

Suyuqlikning quvurlardagi harakatida o'ziga xos xususiyatlari bor. Tezligi $w=\text{const}$ bo'lgan suyuqlikni quvur bo'ylab harakatini ko'rib chiqaylik. (2.2.1-rasm).

Suyuqlik quvur bo'ylab oqa boshlashi bilan ishqalanish natijasida devorlar yaqinidagi suyuqlik zarralari devorlarga yopishadi, natijada devorlar yaqinida tezlik nolgacha pasayadi. Suyuqlik sarfi o'zgarmaganligi sababli, tezlik quvur kesimining o'rtasida tegishli ko'payadi. Bunda quvur devorlarida gidrodinamik chegara qatlam – suyuqlik tezligi w dan nolgacha kamayadigan qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlamning qalinligi δ oqim bo'ylab ortadi (2.2.1-rasm).



2.2.1-rasm



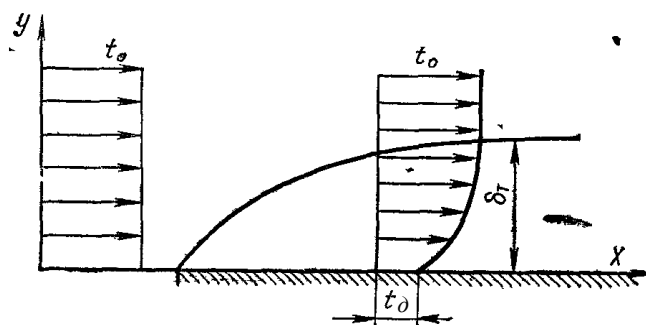
2.2.2-rasm

Oqimning tezligi ortishi bilan chegara qatlamning qalinligi kamayadi, suyuqlikning qovushoqligi ortishi bilan esa, qatlam qalinligi ortadi.

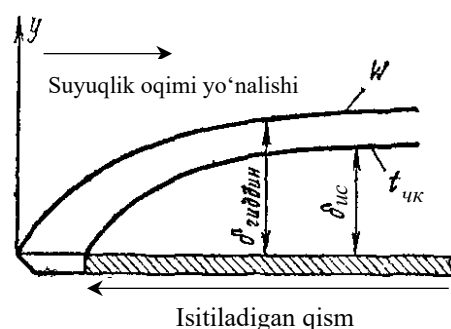
Gidrodinamik chegara qatlamida oqim laminar 1 va turbulent 2 bo'lishi mumkin. (2.2.2-rasm). Oqim turi Reynolds soni bilan aniqlanadi. Agar devor va suyuqlik temperaturalarini bir xil bo'lmasa, u holda devor yaqinida issiqlik chegara qatlami hosil bo'ladi va bu qatlamda suyuqlikning barcha temperatura o'zgarishlari ro'y beradi (2.2.3-rasm).

Bu chegara qatlamidan tashqarida suyuqlik temperaturasi to'g'ri bo'ladi. Umumiy holda issiqlik va gidrodinamik qatlamlar qalinligi bir-biriga mos kelmasligi mumkin (2.2.4-rasm).

Bu qatlamlar qalinliklari nisbati o'lchamsiz son $Rr=w/a$ bilan aniqlanadi. Issiqlik o'tkazuvchanligi past (masalan, yolar) qovushoq suyuqliklar uchun $Rr \approx 1$ va gidrodinamik qatlam qalinligi issiqlik chegara qatlam qalinligidan katta bo'ladi. Gazlar uchun $Rr \approx 1$ bo'lib, ularda bu qatlamlar qalinliklari deyarli bir xil bo'ladi.



2.2.3-rasm



2.2.4-rasm

Issiqlik uzatishning mexanizmi va tezligi suyuqlikning chegara qatlamidagi harakatining tavsifiga bog'liq. Agar issiqlikning chegara qatlam ichidagi harakati laminar bo'lsa, u holda devorga perpendikulyar yo'nalishda issiqlik, issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatiladi. Lekin, qatlamning tashqi chegarasida issiqlik asosan konveksiya bilan uzatiladi. Issiqlik chegara qatlamida oqim turbulent bo'lsa, issiqlik devor tomon yo'nalishi bo'yicha asosan suyuqlikning turbulent aralashishi natijasida uzatiladi. Issiqlikni bunday uzatilishi, issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan issiqlikni uzatishga qaraganda ancha jadalroqdir. Lekin bevosita devor oldidagi laminar qatlamchada issiqlik devorga issiqlik o'tkazuvchanlik bilan uzatiladi.

Suyuqlikning fizik xossalari

Issiqlik berish jarayoniga suyuqlikning quyidagi fizik xossalari ta'sir etadi: issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti χ , solishtirma issiqlik sig'imi s , zichligi ρ , temperatura o'tkazuvchanlik koeffisienti a va qovushoqlik koeffisienti μ . Har qaysi modda uchun bu parametrlarning muayyan qiymatlari bor va odatda, ular temperaturaning, ba'zilar esa bosimning ham funksiyalari hisoblanadi.

Suyuqlik yuvib o'tayotgan sirtning shakli, o'lchami va holati

Issiqlik beruvchi sirtning shakli va o'lchamlari issiqlik berilishiga katta ta'sir ko'rsatadi. Jismning har qanday oddiy shakllaridan (quvurlar, plitalar va shunga o'xashlardan) xar xil issiqlik beruvchi sirtlar hosil qilish mumkin. Bu sirtlar issiqlik tashuvchining harakatlanish va issiqlik berishning o'ziga xos sharoitlarini vujudga keltiradi. Shunday qilib issiqlik berish koeffisienti α juda ko'p faktorlarga bog'liq ekanligini ko'rdik. Shuning uchun α ning qiymati bir xil sharoitda ham keng oraliqda o'zgarib turadi (2.2.4 - jadval).

2.2.4-jadval

Issiqlik berish koeffisientining ta'miniy qiymatlari

Konvektiv issiqlik almashinuv jarayoni	$\alpha, \text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Gazlardagi tabiiy konveksiya	6 – 100
Gazlar quvurda yoki quvur oraliida majburiy harakatlanganda	12 – 120
Suv bug'ining quvurdagi harakati	110 – 2200
Suvning tabiiy konveksiyasi	110 – 1100
Suvning quvurdagi harakati	500 – 11000
Qaynayotgan suv	2200 – 11000
Kondensatsiyalanayotgan suv bug'i	4500 – 22000

Konvektiv issiqlik almashinuvining differensial tenglamalari

Konvektiv issiqlik berish nazariyasining asosiy vazifasi yuqim yuvib o'tadigan qattiq jism sirti orqali o'tuvchi issiqlik miqdorini aniqlashdir.

Umumiy holda statsionar konvektiv issiqlik almashinuv jarayonini quyidagi differensial tenglamalar tizimi bilan yoritish mumkin.

Issiqlik almashinuv tenglamasi

Issiqlik almashinuv sirtining elementar yuzasi ds orqali suyuqlikning laminar chegara qatlami orqali uzatilayotgan issiqlik oqimi issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan uzatiladi va Furpe qonuniga asosan quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$dQ = -\chi \frac{dt}{dn} ds$$

Nyuton qonuniga asosan esa $dQ = \alpha \Delta t ds$. Bu tenglamalarni o'ng tomonini tenglasak, quyidagini hosil qilamiz:

$$-\chi \frac{dt}{dn} = -\alpha \Delta t \quad \text{yoki} \quad \alpha = -\frac{\chi}{\Delta t} \frac{dt}{dn} \quad (2.2.6)$$

(2.2.6) tenglama konvektiv issiqlik almashinuvining differensial tenglamasi deyiladi.

Bu tenglama qattiq jism va suyuqlik chegarasidagi issiqlik berish jarayonini tasvirlaydi va issiqlik berish koeffisientini topish uchun temperatura gradientini va demak, suyuqlikda temperatura taqsimotini bilish zarurligini ko'rsatadi. Temperatura taqsimoti esa energiyani differensial tenglamasidan aniqlanadi.

Energiyani o'tkazish tenglamasi

Bu tenglama issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi (Furpe qonuni) va energiyani saqlanish qonuni asosida keltirib chiqariladi.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} = a(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}) \quad (2.2.7)$$

(2.2.7) tenglama energiya o'tkazilishini differensial tenglamasi yoki Furpe – Kirxgof tenglamasi deyiladi. Bu tenglama harakatlanayotgan suyuqlikning har qanday nuqtasidagi temperaturaning vaqt va fazoviy o'zgarishlari orasidagi bog'liqlikni belgilaydi.

Bu tenglamaning chap qismi temperaturaning $t=f(\tau, x, y, z)$ vaqt bo'yicha to'liq hosilasidir. Bunday hosila harakatlanayotgan materiya yoki substansiya bilan bog'liqligi uchun, uni substansialp hosila deyiladi va D harfi bilan belgilanadi:

$$D\frac{t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z}$$

$$\text{va } \nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$$

U holda (2.2.7) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Dt/\partial\tau=a\nabla^2t \quad (2.2.8)$$

(2.2.7) tenglamadagi yangi o'zgaruvchan kattaliklar w_x , w_y va w_z ni borligi harakatlanayotgan suyuqlikda temperatura maydoni tezliklar taqsimotiga bog'liq ekanligini bildiradi. Bu bolanish suyuqlik harakatining differensial tenglamasidan aniqlanadi.

Suyuqlik harakatining differensial tenglamasi

Suyuqlik harakatining differensial tenglamasi (Navye – Stoks tenglamasi) siqilmaydigan qovushoq suyuqlik uchun quyidagi ko'rinishga ega:

$$\rho Dw/d\tau = \rho g - \nabla r + \mu \nabla^2 w \quad (2.2.9)$$

Bu yerda g – tezlanish; r – bosim; μ – dinamik qovushoqlik ko'ffisienti;

Siqiladigan suyuqliklar (gazlar) uchun, zichlikni temperaturaga bog'liqligini $\rho=f(t)$ e'tiborga olib, yuqoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Dw/d\tau = g\beta_p\Delta t - \frac{1}{\rho}\nabla p + \nu\nabla^2 w \quad (2.2.10)$$

τ -bu yerda β_r – hajmiy kengayishning temperatura ko'ffisienti; ν – kinematik qovushoqlik ko'ffisienti.

Bu tenglamaga w_x , w_y va w_z lardan tashqari yana bir o'zgaruvchan kattalik $\rho=1/\nu$ kirishi munosabati bilan, tenglamalar tizimiga yana bir tenglamani kiritish lozim bo'ladi. Oqim uzluksizligining (yaxlitligining) differensial tenglamasi – shunday tenglama hisoblanadi.

Oqim uzluksizligining differensial tenglamasi

Bu tenglama siqiladigan suyuqliklar (gazlar) uchun quyidagi ko'rinishga ega:

$$\partial\rho/\partial\tau + \partial(\rho w_x)/\partial x + \partial(\rho w_y)/\partial y + \partial(\rho w_z)/\partial z = 0 \quad (2.2.11)$$

Siqilmaydigan suyuqliklar (statsionar holatda) uchun esa:

$$\partial w_x/\partial x + \partial w_y/\partial y + \partial w_z/\partial z = 0, \text{ yoki } diw=0 \quad (2.2.12)$$

Shunday qilib, biz konvektiv issiqlik almashinuvini yoritib beradigan to'rtta differensial tenglamani ko'rib chiqdik.

Bu differensial tenglamalar issiqlik berish jarayonini umumiy holda yoritib beradi.

Konvektiv issiqlik almashinuvini konkret masalalarini yechishda differensial tenglamalar tizimiga chegara shartlarini (birxillilik shartlarini) qo'shish lozim. Bu shartlar quyidagilardan iborat:

1. Jismning shakli va o'lchamlarini aniqlovchi geometrik shartlar;
2. Jismning fizik xossalari tavsiflovchi fizik shartlar;
3. Tizim va tashqi muhit chegaralaridagi jarayonning o'ziga xos tomonlarini yorituvchi chegara shartlari;

4. Tekshirilayotgan jarayonning vaqt bo'yicha o'ziga xos kechishini ko'rsatuvchi vaqt shartlari. Statsionar jarayonlar uchun vaqt shartlari kerak emas.

Yuqoridagi shartlar, son qiymatlari, funksional bog'liqlik jadval shaklida va hokazolar ko'rinishida beriladi.

Bugungi kunda konvektiv issiqlik almashinuvining ko'pgina masalalari hali o'zini yechimini topgani yo'q. Shuning uchun jarayonning matematik ifodasini to'g'riligini tajriba orqali tekshirish lozim.

2.3. Laminar rejimda massa, harakat miqdori hamda energiyaning saqlanish qonuniyatlari. Reynolds analogiyasi

Suyuqlik oqimining vujudga kelish sabablari

Vujudga kelish sabablariga qarab, suyuqlikning harakati erkin va majburiy harakatlanishga bo'linadi. Erkin harakatlanish yoki tabiiy konveksiya notekis isitilgan suyuqlikda (gazda) vujudga keladi.

Bunda vujudga keladigan temperaturalar zichliklarning farq qilishiga va suyuqlikdagi zichligi kamroq makrozarralarning suyuqlik yuzasiga qalqib chiqishiga olib keladi, bu esa harakatlanishni keltirib chiqaradi. Erkin harakatning jadalligi suyuqlik turiga, makrozarralarining temperaturalari farqiga va jarayon bo'layotgan hajmga bog'liq.

Suyuqlikning majburiy harakatlanishi yoki majburiy konveksiya tashqi qo'zg'atuvchilar: ventilyatorlar, nasoslar va shunga o'xshashlarning ta'sir etishi bilan bog'liq. Bular yordamida suyuqlikni harakatlanish tezligini keng ko'lamda o'zgartirish va shu bilan issiqlik almashinuv tezligini boshqarish mumkin.

Suyuqlikning oqish tartibi

1884 yilda O. Reynolds o'zining tajribalari asosida, suyuqlikning harakati laminar yoki turbulent bo'lishi mumkinligini ko'rsatib berdi.

Laminar oqishda suyuqlikning zarralari aralashmasdan harakatlanadi. Bunda oqish yo'nalishiga normal bo'yicha issiqlikning uzatilishi asosan issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan amalga oshadi. Suyuqlikning issiqlik o'tkazuvchanligi ancha kichik (suv uchun $\chi=0,60 \text{ Wt/(m.K)}$) bo'lganligi sababli laminar oqishda issiqlik almashinish tezligi katta bo'lmaydi. Oqim tezligi muayyan qiymatidan ortishi bilan oqish tavsifi keskin o'zgaradi. Bunda oqimning to'g'ri ipga o'xshash shakli o'zgarib, to'liqinsimon shaklga kiradi va nihoyat butunlay aralashib ketadi.

Suyuqlikning harakati tartibsiz bo'la borib, oqim doimo aralashib turadi. Bunday oqish turbulent oqish deyiladi.

Turbulent oqishda issiqlik oqim ichida issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, shuningdek suyuqlikning deyarli barcha massasining aralashishi yo'li bilan tarqaladi. Shuning uchun turbulent oqishda issiqlik almashinish laminar oqimdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi.

Reynolds suyuqlikning quvurdagi oqish tartibi $wd\nu$ – o'lchamsiz kompleksning qiymati bilan aniqlanishini ko'rsatdi. Bu kompleks Reynolds soni deb atiladi:

$$Re = wd/\nu, \quad (2.3.1)$$

bu yerda w – suyuqlikning o'rtacha tezligi, m/sek; d – quvur diametri, m; ν – kinematik qovushqoqlik koeffisienti, m^2/sek .

(2.3.1) formula yordamida istalgan kesimdagi oqim uchun Reynolds sonini hisoblab chiqarish mumkin.

Reynolds sonini kritik qiymati $Re_{kr}=2300$ ekanligi tajribadan aniqlangan. $Re \leq 2300$ bo'lganda oqim laminar, $Re \geq 10000$ da esa – turbulent bo'ladi.

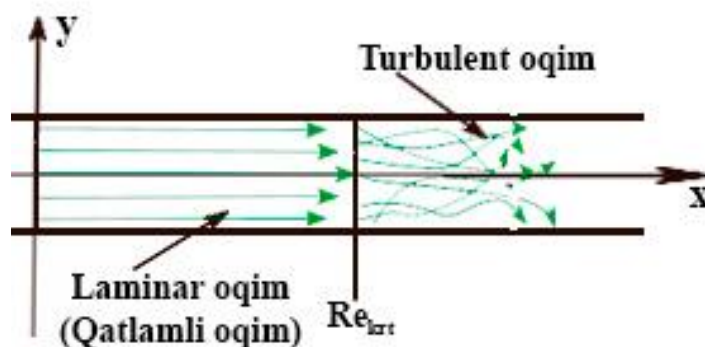
Real suyuqliklarning harakati ko'pgina hollarda laminar oqim harakatidan keskin farqlanadi. Ular shunday maxsus xususiyatga ega bo'ladiki, u turbulentlik deb ataladi. Trubalar, kanallar va chegaraviy qatlamlardagi real suyuqlik oqimlarida Reynolds sonining ortib borishi bilan laminar formadagi oqimning turbulent oqimga aylanishi yaqqol kuzatiladi. Laminar oqimning turbulent oqimga bunday o'tishini ba'zan turbulentlikning paydo bo'lishi deb ham atashadi, u butun gidrodinamika sohasida fundamental ahamiyatga ega. Dastlab bunday o'tish to'g'ri tuba va kanallardagi oqimlarda kuzatilgan. O'zgarmas ko'ndalang kesimga ega bo'lgan silliq devorli to'g'ri trubada Reynolds sonining unchalik katta bo'lmagan qiymatlarida suyuqlikning har bir zarrachasi to'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab harakatlanadi. Yopishqoqlik mavjud bo'lganligi sababli, suyuqlikning devorga yaqin joylashgan zarrachalari devordan uzoqda joylashgan zarrachalarga nisbatan sekin harakatlana boshlaydi. Oqim tartiblangan holda bir-biriga nisbatan siljuvchi laminar oqim (qatlamlar) sifatida harakatlanadi. Ammo, kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, Reynolds sonining katta qiymatlarida oqim tartiblanmagan holatga o'tadi, ya'ni turbulent oqimga aylanadi. Oqimda kuchli aralashish sodir bo'ladi, buni trubadagi suyuqlikka bo'yoqli oqim kiritish orqali ko'rinarli tarzda ifodalash mumkin.

1883 yilda Osborn Reynolds, trubadagi suv harakatini kuzatishda aniqladiki, suv oqimi tezligining ortishi bilan harakatdagi oqimning turg'un laminar xarakteri buziladi. Qo'zg'alishlar paydo bo'ladi, ular shunda bilinadiki ilgari to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan suyuqlik zarrachalarining laminar harakati ayrim qismlarda betartib holatga o'tadi, hamda bunda harakatning umumiy yo'naltirilganligi saqlanib qoladi. Oqim tezligining yanada o'zgarishi butun oqim bo'ylab betartib harakat paydo

bo'lishiga olib keladi. Ushbu holatni laminar oqim turg'unmas, qo'zg'atilgan-turbulent oqimga aylangan deb ataladi.

Suyuqliklarda yopishqoqlikning mavjudligi suyuqlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan siljishiga qarshilik ko'rsatadi. Boshqacha qilib aytganda, laminar (qatlamli) oqimlarda yopishqoqlik evaziga ichki ishqalanish paydo bo'ladi, u qatlamlar chegaralaridagi urunma kuchlanishlar miqdori bilan ifodalanadi, ya'ni, birlik yuzaga to'g'ri keladigan urunma kuch miqdori bilan xarakterlanadi. Suyuqlikning ayrim konsentrik qatlamlari bir-biriga nisbatan shunday harakatlanadiki, bunda suyuqlik tezligi asosiy o'q bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Bunday turdagi suyuqlik harakati laminar oqim deyiladi.

Qisilmaydigan yopishqoq suyuqliklar harakatini aynan bitta oqim uchun Reynolds $Re = (\rho UL)/\mu = UL/\nu$ ρ -zichlik (kg/m^3 , funt/fut^3) U -asosiy oqimning maksimal tezligi (m/s , fut/s), L -uzunlikning xarakterli masshtabi (m , fut), μ -dinamik yopishqoqlik ($\text{N}\cdot\text{s/m}^2$, $\text{funt/s}\cdot\text{fut}$), $\nu = \mu/\rho$ - kinematik yopishqoqlik (m^2/s , fut^2/s), sonining aynan bitta qiymatidan boshlab, laminar oqim turbulent oqimga aylanadi. Reynolds sonining ana shu qiymati kritik Reynolds soni deb ataladi.



2.3.1-rasm. Laminar oqimning turbulent oqimga o'tishi.

2.3.1-rasmdan ko'rinadiki, $Re < Re_{krt}$ bo'lganda oqim laminar, $Re_{krt} < Re$ bo'lganda esa oqim turbulent rejimga o'tadi. Barcha uzunligi bo'yicha o'zgarmas diametrli yumaloq trubani qaraylik. Yopishqoqlik evaziga truba devorlaridagi tezlik nolga teng, trubaning o'rtasida tezlik o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Asosiy o'qi truba o'qi bilan mos tushuvchi silindrsimon sath nuqtalarida oqim tezligi o'zgarmas bo'ladi. Ayrim konsentrik qatlamlar o'zaro shunday harakatlanadiki, tezlik hamma joyda o'q bo'yicha yo'naltirilgan bo'ladi. Bunday ko'rinishdagi harakat laminar oqim deyiladi. Trubaning boshlang'ich nuqtasidagi etarlicha uzoq masofada trubadagi oqimning tezlik taqsimoti radius bo'ylab, uzunasida yo'naltirilgan koordinatadan bog'liq bo'lmaydi.

Masalaning qo'yilishi

Silindrsimon trubadagi oqim uchun suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar to'g'risidagi ma'lumot keltirilgan.

Butun uzunligi bo'yicha o'zgarmas diametrli truba va truba ichiga joylashtirilgan uzunligi L ga va radiusi r ga teng bo'lgan n ta trubacha orqali oqib o'tadigan suyuqlik harakatini qaraylik.

Real suyuqliklarda suyuqlik trubachalar devorlariga yopishadi va oqib o'tadigan sirt sathiga urinma kuchlanish beradi. Bu yerda ichki ishqalanish deb ataluvchi kuch paydo bo'ladi, suyuqliklarda ushbu kuch yopishqoqlikdan iboratdir.

Yopishqoqlik-bu gazlar va suyuqliklarning shunday xususiyatidan iboratki, u suyuqlikning harakatiga olib keluvchi tashqi kuchlar ta'siriga qarshilik ko'rsatishdan iborat.

Urinma kuchlanishlarning mavjudligi va suyuqlikning qattiq devorlarga yopishishi harakatlanayotgan real suyuqliklarning ideal suyuqliklardan sifat jihatdan farqlanishiga olib keladi.

Endi trubadagi suyuqlik harakatiga ta'sir etuvchi kuchlarni n ta trubachalarni e'tiborga olgan holda hisoblaymiz. Yopishqoqlik evaziga trubachalar devorlaridagi tezlik nolga teng, trubachalarning o'rtasida tezlik o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Ayrim konstantrik qatlamlar o'zaro shunday harakatlanadiki, tezlik hamma joyda o'q bo'yicha yo'naltirilgan va oqim laminar rejimda bo'ladi.

Trubachalarning boshlang'ich nuqtasidan yetarlicha uzoq masofada trubachadagi oqimning tezlik taqsimoti radius bo'ylab, uzunasiga yo'naltirilgan koordinatadan bog'liq bo'lmaydi.

Trubachadagi suyuqlik harakati trubacha o'qi bo'ylab bosimning pasayishi ammo, har bir trubacha o'qiga perpendikulyar ko'ndalang kesimda bosimni o'zgarmas deb qarash mumkinligi evaziga sodir bo'ladi. Suyuqlikning har bir elementi harakati bosimning pasayishi evaziga tezlashadi va ishqalanish hisobidan paydo bo'ladigan siljish kuchlanishi sababli sekinlashadi.

Bosim p o'zgarmas deb qaraladi, ya'ni butun trubacha kesimi bo'yicha $p_0, p_l = \text{const}$ deb faraz qilinadi.

Asosiy o'q bo'ylab silindrga bosim kuchlari $p_0 n \pi y^2$ va $p_l n \pi y^2$ ta'sir etadi, ular mos ravishda silindrning kirish va chiqish asoslariga mos keladi, hamda silindrning yon sirti bo'yicha ta'sir etadigan urinma kuch $2\pi n y L \tau$ mavjud bo'ladi.

Ushbu silindrdagi oqimning maksimal tezligini, trubaning ko'ndalang kesimi orqali oqib o'tadigan suyuqlik hajmini, oqim uzunligi bo'yicha trubaning ishqalanishga qarshilik koeffisientini hamda urinma kuchlanishning maksimal qiymatini aniqlash talab etiladi.

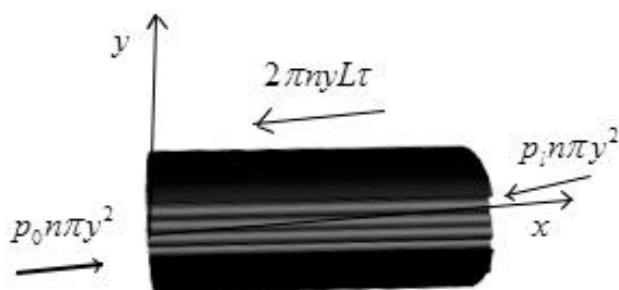
Masalaning yechilishi.

Trubachalardagi suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlarni tenglashtirib (2-rasm), harakat yo'nalishi bo'yicha muvozanat sharti sifatida ushbu tenglamani hosil qilamiz:

$$p_0 n \pi y^2 = p_l n \pi y^2 + 2\pi n y L \tau \quad (2.3.1)$$

Ichki ishqalanish kuchi proeksiyasi musbat ishora bilan olingan, chunki tezlik gradiyenti manfiy (qatlamning oqim tezligi radius y -ning ortib borishi bilan kamayadi). Bundan quyidagi tenglamani hosil qilamiz: Formula (2.3.1) dan τ ni aniqlab olamiz

$$\tau = -y(p_0 - p_l) / (2L) \quad (2.3.2)$$



2.3.2-rasm. Truba ichiga n ta trubachalar joylashtirilgan.

Qaralayotgan holda tezlik U koordinata y ning ortishi bilan kamayadi va u $y=r$ bo'lganda nolga aylanadi. Shu sababli Guk ishqalanish qonuniga asosan $\tau = -\mu du/dy$ deb qabul qilish lozim. Ushbu ifodani (2.3.2) ga qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$-\mu du/dy = y(p_0 - p_l) / (2L)$$

bundan

$$du/dy = -y(p_0 - p_l) / (2\mu L) \quad (2.3.3)$$

Endi $y=r$ bo'lganda yopishqoqlik evaziga $u(y)=0$ boshlang'ich shart bilan tenglama (2.3.3) ni integrallab ushbuni hosil qilamiz.

$$u(y) = -y^2(p_0 - p_l) / (4\mu L) + C \quad (2.3.4)$$

Tenglama (4) dagi o'zgarmas konstanta C ni topish uchun $y=r$ bo'lganda tezlik $u(y)=0$ bo'lish shartidan foydalanamiz, ya'ni

$$u(r) = -r^2(p_0 - p_l) / (4\mu L) + C$$

bundan

$$C = r^2(p_0 - p_l) / (4\mu L) \quad (2.3.5)$$

ekanligini aniqlaymiz. O'zgarmas C ning bu qiymatini (4) ga qo'yib

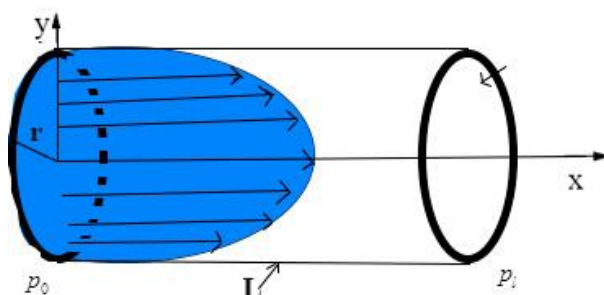
$$u(y) = -y^2(p_0 - p_l) / (4\mu L) + r^2(p_0 - p_l) / (4\mu L)$$

tenglamani va bunda o'z navbatida

$$u(y) = ((r^2 - y^2)(p_0 - p_1)) / (4\mu L) \quad (2.3.6)$$

Shunday qilib, trubachalar radiusi bo'ylab tezlikning parabolik taqsimotiga ega bo'lamiz 3-rasm. Ushbu tezlik o'zining eng katta qiymatiga trubaning o'rtasida ($y=0$) erishadi va u quyidagi maksimal qiymatga ega bo'ladi:

$$u_{\max} = (p_0 - p_1)r^2 / (4\mu L) \quad (2.3.7)$$



2.3.3-rasm. Bitta trubacha uchun oqim harakati.

Trubacha kesimi bo'ylab oqib o'tadigan to'liq suyuqlik miqdori Q (suyuqlik sarfi) aylanma paraboloid hajmi sifatida aniqlanadi (2.3.3-rasm.) va o'z navbatida quyidagicha aniqlanadi.

Tenglama (6) quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$u(y) = -y^2(p_0 - p_1) / (4\mu L) + r^2(p_0 - p_1) / (4\mu L)$$

bundan,

$$u(y) = u_{\max}(1 - y^2/r^2) \quad (2.3.8)$$

Doiraviy kesimga ega bo'lgan trubacha orqali o'tadigan suyuqlikning umumiy oqimi uchun Gagen-Puazeyl formulasidan foydalanib, quyidagini aniqlaymiz:

$$Q = \int_0^r u(y) 2\pi y dy = 2\pi u_{\max} \int_0^r \left(y - \frac{y^3}{r^2} \right) dy = 2\pi u_{\max} \left[\frac{y^2}{2} - \frac{y^4}{4r^2} \right]_0^r$$

bundan

$$Q = \pi(p_0 - p_1)r^4 / (8\mu L) \quad (2.3.9)$$

Trubachaning ko'ndalang kesimi bo'yicha qiymati quyidagicha aniqlanadigan oqimning o'rtacha tezligini kiritamiz:

$$u = Q / (\pi r^2) \quad (2.3.10)$$

Formula (9) ni e'tiborga olgan holda (10) ni quyidagicha yozamiz

$$u = (p_0 - p_l) r^2 / (8\mu L)$$

Funksiya $u(y)$ ni $u_{\max}$ bilan taqqoslab, $u(y) = (1/2)u_{\max}$ ekanligini ko'rish mumkin, ya'ni trubachadagi laminar oqim harakatida o'rtacha tezlik maksimal tezlikning yarmiga teng (2.3.3-rasm).

Bosim farqi $(p_0 - p_l)$ ni aniqlaymiz

$$(p_0 - p_l) = (8\mu L u) / r^2$$

bundan

$$(p_0 - p_l) = (32\mu L u) / (2r^2) = ((32\mu u) / (D)) * (L/D) \quad (2.3.11)$$

bu yerda, $D = 2r$ trubacha diametri.

Oqim uzunligi bo'ylab yo'qotilgan bosim Darsi-Veysbax tenglamasi orqali topiladi. Endi N -ta trubachalar uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$p_0 - p_l = n(\lambda_n / 2) \rho u (L/D) \quad (2.3.12)$$

bundan

Formula (2.3.11) dan $p_0 - p_l$ ning qiymatini (2.3.12) ga qo'yish natijasida quyidagi formulaga ega bo'lamiz

$$\lambda_n = 64 / n Re \quad (2.3.13)$$

ekanligini ko'rish mumkin, bu yerda n - trubachalar soni, trubachalar soni ortishi bilan qarshilik koeffitsienti kamayadi.

Formula (2.3.12) dan quyidagi munosabat bilan aniqlanadigan o'lchamsiz qarshilik koeffitsienti λ_n ni kiritamiz.

$$(p_0 - p_l) / L = n(\lambda_n / 2) \rho u (1/D) \quad (2.3.14)$$

Formula (2.3.2) ga asosan urinma kuchlanish o'zining eng katta qiymatiga trubachalar devorida erishadi, bu yerda ushbu kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi.

$$\tau_0 = (p_0 - p_l / L)(r/2) \quad (2.3.15)$$

hamda ushbu formula oqim qanday rejimda bo'lishidan qat'iy nazar (laminar yoki turbulent) o'rinli bo'ladi. Shunday qilib, truba devoridagi urinma kuchlanish bosimning pasayishini o'lchash yo'li bilan eksperimental aniqlanishi mumkin.

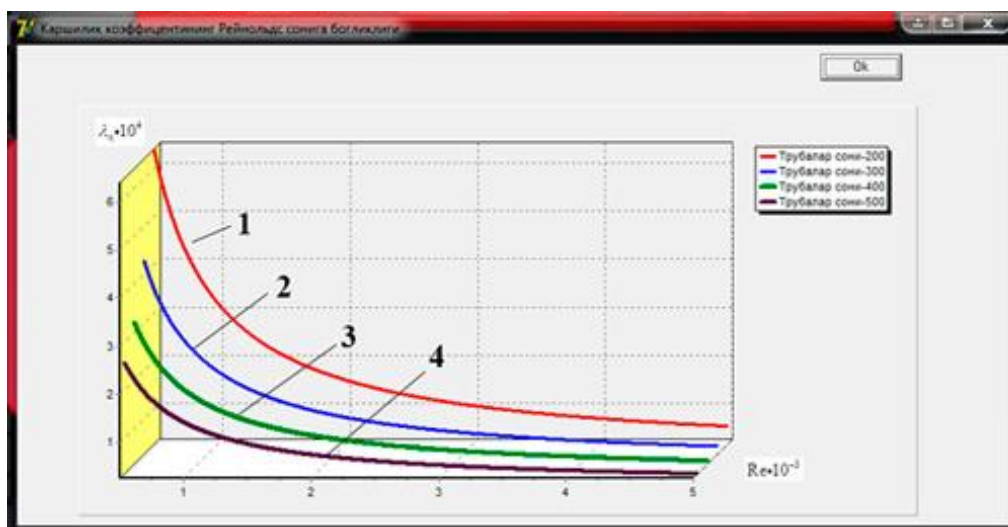
Formula (14) dan $p_0 - p_l / L$ ning qiymatini (2.3.15) ga qo'yish natijasida quyidagi formulaga ega bo'lamiz

$$\tau_0 = (n\lambda_n \rho u^2)/8$$

Bu trubachalardagi urinma kuchlanishning maksimal qiymatini hisoblash formulasidan iborat.

Natijalar tahlili.

Yuqorida (2.3.13), formula asosida olingan natijalarni keltiramiz (2.3.3-rasm).



2.3.4-rasm. Silliqliq trubada qarshilik koeffisientining trubachalar soni n ga va Re ga bog'liqligi: 1) $n=200$, 2) $n=300$, 3) $n=400$, 4) $n=500$.

2.3.3-rasmda silliqliq n ta trubachalar uchun trubaning qarshilik koeffisienti λ_n ning Re Reynolds soniga bog'liqligini ko'rsatuvchi hisoblash natijalari keltirilgan. Olingan natijalarni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, Re sonining barcha qiymatlarida nazariy formula (2.3.14) o'rinli bo'ladi.

Re sonining yanada katta qiymatlarida turbulentlik mexanizmlarining faol ishga tushishi evaziga, qarshilik kamayadi.

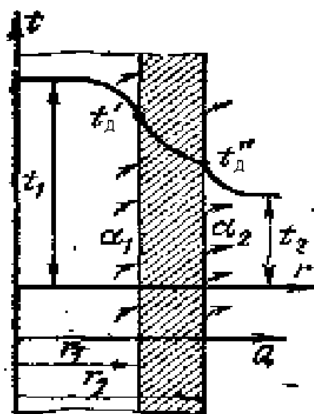
Hisoblash ekperimentida xarakterli parametrlar Reynolds soni Re va qarshilik koeffisientining λ_n quyidagi ko'lamlardagi o'zgarishlar tadqiq etilgan: $Re=500$ dan 5000 , $\lambda_n=0.0001$ dan 0.0007 .

Rasmdan ko'rinadiki, trubachalar soni ortishi bilan qarshilik koeffisienti kamayadi. Kritik Reynolds sonining yuqorida keltirilgan ko'lam, tekis kanaldagi Puazeyl oqimi uchun olingan kritik Reynolds soni $Re=5770$ bilan mutanosib ekanligini ko'rish mumkin.

2.4. Silindrik, sharsimon va quvurlarda oqim vaqtida konvektiv issiqlik almashinuvi

Bir qatlamli va ko'p qatlamli silindrik devor orqali issiqlik uzatish

Bir jinsli silindrik devor orqali temperaturasi t_1 va issiqlik berish koeffisienti α_1 bo'lgan qaynoq issiqlik tashuvchidan, temperaturasi t_2 va issiqlik berish koeffisienti α_2 bo'lgan sovuq issiqlik tashuvchiga issiqlik uzatilayotgan bo'lsin (2.4.1-rasm).



2.4.1-rasm. Bir jinsli silindrik devor orqali issiqlik uzatilishi.

U holda issiqlik oqimi uchun quyidagi uchta tenglamani yozish mumkin:

$$Q = \alpha_1 \pi d_{uv} l (t_1 - t_o^I)$$

$$Q = \frac{\pi l}{\frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{mau}}{d_{uv}}} (t_o^I - t_o^{II})$$

$$Q = \alpha_2 \pi d_{mau} l (t_o^{II} - t_2)$$

Bu uch tenglamani temperaturalar farqiga nisbatan yechib, keyin hadma-had qo'shib quyidagini hosil qilamiz:

$$Q = \frac{\pi l (t_1 - t_2)}{\alpha_1 d_{uv} + \frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{mau}}{d_{uv}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{mau}}} \quad (2.4.1)$$

bu yerda

$$k_y = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_{uv}} + \frac{1}{2\chi} \ln \frac{d_{mau}}{d_{uv}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{mau}}} \quad (2.4.2)$$

issiqlik uzatishning chiziqli koeffisienti deb aytiladi, uningi birligi $Vt/(m \cdot grad)$.

Silindrik devordan o'tayotgan issiqlik oqimining zichligi quyidagiga teng.

$$q_u = \frac{Q}{l} = k_y \pi (t_1 - t_2)$$

Issiqlik uzatilishining chiziqli koeffisienti, uzunligi 1 m bo'lgan quvurdan vaqt birligi ichida qaynoq issiqlik tashuvchidan sovuq issiqlik tashuvchiga, ularning temperaturalar farqi 1° bo'lganda uzatilayotgan issiqlik miqdoriga teng. Shuning uchun (8-32) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = k_{\Pi} \pi l (t_1 - t_2) \quad (2.4.3)$$

Ko'p qatlamli silindrik devordan o'tayotgan issiqlik oqimi quyidagiga teng:

$$Q = \frac{\pi l (t_1 - t_2)}{\frac{1}{d_1 d_{uv}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\chi_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{mau}}} \quad (2.4.4)$$

Ichki yoki tashqi sirlarga nisbatan olingan issiqlik oqimining zichligi quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$q_{u1} = \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{k_u}{d_1} (t_1 - t_2)$$

$$q_{u2} = \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{k_u}{d_2} (t_1 - t_2)$$

Issqlik uzatishning chiziqli koeffisientiga teskari bo'lgan kattalikka issiqlik uzatishning chiziqli termik qarshiligi deb aytiladi:

$$R_u = \frac{1}{Q_u} = \frac{1}{\alpha_1 d_{uq}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\chi_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{mau}} \quad (2.4.5)$$

bu yerda $\frac{1}{\alpha_1 d_{uq}}$ va $\frac{1}{\alpha_2 d_{mau}}$ - tashqi termik qarshiliklar; $\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\chi_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}$ - ko'p qatlamli silindrik

devorning termik qarshiligi; R_s ning o'lchov birligi m·grad/Vt.

Ichki sirtning temperaturasini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$t_o^1 = t_1 - \frac{Q}{\alpha_1 d_{uq} \pi l} \quad (2.4.6)$$

tashqi sirtniki esa:

$$t_o^II = t_2 + \frac{Q}{\alpha_2 d_{mau} \pi l} \quad (2.4.7)$$

Silindrik devorning kritik diametri

Ma'lumki, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti 0,2 Vt/(m·grad) dan kichik bo'lgan materiallar issiqlik izolyatsiya materiallari deyiladi. Bunday materiallarga asbest, po'kak, kigiz, yog'och qipig'i, shisha tolasi, torf va shunga o'xshash materiallar kiradi.

Quvurni izolyatsiyalash uchun ishlatilayotgan materiallarni issiqlik isroflarini kamaytirish shart-sharoitlarini ko'rib chiqaylik. Silindrik quvur bir qatlamli izolyatsiya bilan qoplangan bo'lsin. α_1 , α_2 , d_1 , d_2 , χ_1 , χ_2 , t_1 va t_2 lar o'zgarmas bo'lgan holda, termik qarshilik izolyatsiya qalinligi o'zgarishi bilan qanday o'zgarishini ko'rib chiqaylik.

Ikki qatlamli silindrik devorning termik qarshiligi tenglamasidan

$$R_u = \frac{1}{k_u} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\chi_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\chi_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}$$

izolyatsiyaning diametri d_3 ortishi bilan izolyatsiya qatlamining qarshiligi $(\frac{1}{2\chi_1} \ln \frac{d_3}{d_2})$

ham ortadi, lekin shu bilan bir vaqtda devordan tashqi muhitga issiqlik berishning termik qarshiligi kamayadi $(\frac{1}{\alpha_2 d_3})$. Yuqoridagi tenglamani o'ng qismidan d_3 bo'yicha

birinchi hosilani olib, uni nolga tenglaymiz:

$$\frac{d(R_u)}{d(d_3)} = \frac{1}{2\chi_2 d_3} - \frac{1}{\alpha_2 d_3^2} = 0$$

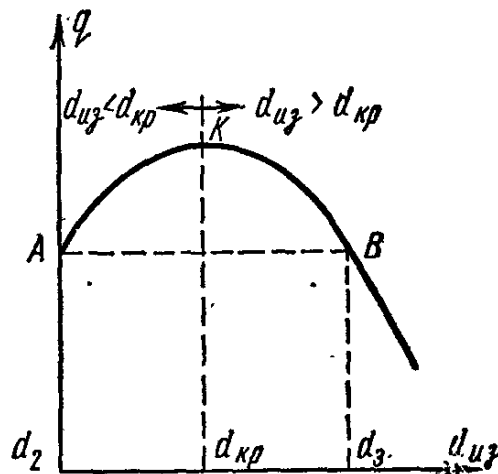
U holda $R=f(d_3)$ egri chiziqning ekstremal p nuqtasiga mos keluvchi kritik diametr quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$d_{kp} = d_{uz} = \frac{2\chi_{uz}}{\alpha_2} \quad (2.4.8)$$

Bu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, izolyatsiyaning kritik diametri quvurning o‘lchamlariga bog‘liq emas ekan. U izolyatsiyaning issiqligi o‘tkazuvchanlik koeffisienti qanchalik kam bo‘lsa, shunchalik kamayadi va α_2 kamayishi bilan ortadi. Yuqoridagi tenglamani R_s bo‘yicha ikkinchi hosilasi noldan katta, demak, kritik diametr termik qarshilikning minimumiga va issiqlik oqimining maksimumiga muvofiq keladi (2.4.2-rasm).

(2.4.8) tenglama tahlili shuni ko‘rsatadiki, d_{iz} ortsa, lekin d_{kr} dan kichik bo‘lib qolsa, u holda issiqlik isroflari ortadi va izolyatsiyasiz quvurning issiqlik isroflaridan ham yuqori bo‘ladi (AK egri chiziq).

$d_{iz}=d_{kr}$ bo‘lganda (K nuqta) isroflar maksimal bo‘ladi. Izolyatsiya diametrini bundan keyingi ortishi bilan $d_{iz}>d_{kr}$, issiqlik isroflari $d_{iz}=d_{kr}$ holga qaraganda kamayadi (VK egri chiziq).



2.4.2-rasm.

Faqat $d_{iz}=d_3$ bo‘lgandagina, issiqlik isroflari yana izolyatsiyalangan quvurning issiqlik isroflari kabi bo‘ladi. Demak, izolyatsiya samarali ishlashi uchun, kritik diametr izolyatsiyasiz quvurning diametridan kichik bo‘lishi $d_{kr} \leq d_2$ kerak (2.4.2-rasm).

Shunday qilib izolyatsiya devorning issiqlik isroflarini kamaytirishi uchun

$$\chi_{uz} \leq \frac{\alpha_2 d_2}{2}$$

bo‘lishi lozim.

$$Q = \frac{\chi}{\delta} F(t_{\text{deo}_1} - t_{\text{deo}_2}) \text{ tenglamadan ko‘rinib turibdiki, agar po‘lat quvur uchun } \chi=46$$

$\text{Vt}/(\text{m}\cdot\text{K})$ va $\alpha_2 = 14 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ bo‘lsa, u holda $d_{kr}=2\cdot 46:14=6,6 \text{ m}$ bo‘ladi.

Shunday qilib, metall quvurlar uchun kritik diametrning chegara qiymati nihoyatda katta bo'lib, u metrlarda o'lchanadi. Diametrning bundan keyingi ortishi esa, quvurdan uzatilayotgan issiqlikni kamayishiga olib keladi. Shu diametr chegarasida esa, metall quvurning qalinligi ortgan sari undan issiqlik ko'proq issiq muhitdan sovuq muhitga uzatiladi.

Agar quvur issiqlik izolyatsiya materialidan, masalan asbestdan ($\chi=0,167$ Vt/(m·K)) tayyorlangan bo'lsa, u holda α_2 ning oldingi qiymatida

$$(\alpha_2=14 \text{ Vt/(m}^2\cdot\text{K)})$$

$$d_{kr}=2\cdot 0,167:14=0,024\text{m}=24 \text{ mm bo'ladi.}$$

Ya'ni, tashqi diametri 24 mm dan ortiq bo'lgan bunday quvurlar uchun, izolyatsiya qalinligi ortishi bilan issiqlik uzatish kamayadi.

Beton quvurlar uchun $\chi= 1,17$ Vt/(m·k) va $\alpha_2=14$ Vt/(m²·k) da $d_{kr}\approx 160$ mm bo'ladi.

Sharsimon devor orqali issiqlik uzatish

Statsionar tartibda va chegara shartlarining uchinchi turida quyidagilar ma'lum bo'lsin: sharning ichki diametri d_1 , tashqi diametri d_2 , shar ichidagi issiq manba temperaturasi t_1 va sovuq manba temperaturasi t_2 , issiq muhitdan shar ichki sirtiga issiqlik berish koefitsienti α_1 va sharning tashqi sirtidan atrof muhitga issiqlik berish koefitsienti α_2 bo'lsin.

Statsionar holda barcha izotermik sirtlar uchun issiqlik oqimi o'zgarmas bo'ladi:

$$Q = \alpha_1 \pi d_1^2 (t_1 - t_o^I)$$

$$Q = \frac{2\pi\chi}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}} (t_o^I - t_o^{II})$$

$$Q = \alpha_2 \pi d_2^2 (t_o^{II} - t_2)$$

Bu tenglamalarni temperaturalar farqiga nisbatan yechib va hadma-had qo'shib issiqlik oqimini qiymatini topamiz:

$$Q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1^2} + \frac{1}{2\chi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2^2}}$$

yoki

$$Q = k_{sh} \cdot \pi (t_1 - t_2) \quad (2.4.9)$$

Bu yerda k_{sh} sharsimon devorning issiqlik uzatish koefitsienti bo'lib, uning birligi, Vt/grad

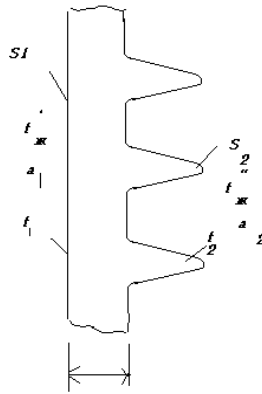
$$k_{sh} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1^2} + \frac{1}{2\chi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d_2^2}} \quad (2.4.10)$$

k_{sh} ga teskari bo'lgan bo'lgan kattalikka sharsimon devorning termik qarshiligi deb aytiladi:

$$R_{uu} = \frac{1}{k_{uu}} = \frac{1}{\alpha_1 d^2_1} + \frac{1}{2\chi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) + \frac{1}{\alpha_2 d^2_2} \quad (2.4.11)$$

Qovurg'asimon devor orqali issiqlik uzatish

Agar devorning bir tomoni issiqlik berish koeffitsenti yuqori bo'lgan suyuqlik bilan yuvib turilsa, ikkinchi tomoni esa issiqlik berish koeffitsenti kichik bo'lgan gaz bilan yuvib turilsa, u holda issiqlik berishning termik qarshiliklarini tekislash uchun qovurg'asimon sirtlar qo'llaniladi. Devorni qovurg'alash uning issiqlik almashinish yuzasini orttiradi va natijada issiqlik uzatishining termik qarshiligi kamayib, issiqlik oqimi ortadi.



2.4.3-rasm. Qovurg'asimon devor orqali issiqlik uzatilishining sxemasi tasvirlangan.

Bu devorning silliq tomoni yuzasi S_1 , qovurg'asimon tomonining yuzasi S_2 , devorni yuvib o'tayotgan suyuqliklar temperaturasi t'_c va t''_c ($t'_c > t''_c$) issiqlik berish koeffitsientlari α_1 va α_2 ($\alpha_2 \ll \alpha_1$), devor sirti temperaturalari t_2 va t_1 , devorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsenti λ va qalinligi δ bo'lsin.

Bu devor orqali issiqlik uzatishni quyidagi tenglamalar bilan ifodalanishi mumkin.

$$Q = \alpha_1 S_1 (t'_c - t_1); \quad Q = \frac{\lambda}{\delta} S_1 (t_1 - t_2); \quad Q = \alpha_2 S_2 (t_2 - t''_c)$$

Yuqoridagi tenglamalarni temperatura o'zgarishlariga nisbatan yechib va hadma-had qo'shib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q = \frac{t'_c - t''_c}{\frac{1}{\alpha_1 S_1} + \frac{\delta}{\lambda S_1} + \frac{1}{\alpha_2 S_2}} = k_p \Delta t \quad (2.4.12)$$

bu yerda k_p – qovurg'asimon devorning issiqlik uzatish koeffitsenti

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 S_1} + \frac{\delta}{\lambda S_1} + \frac{1}{\alpha_2 S_2}} \quad (2.4.13)$$

issiqlik oqimining zichligi devorning silliq sirti birligi q_1 ga va qovurg'asimon sirti birligi q_2 ga nisbatan aniqlanadi.

$$q_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 S_2}} = k_1 \Delta t \quad (2.4.14)$$

bu yerda k_1 -qovurg'asimon devorning silliq sirtiga nisbatan olingan issiqlik uzatish koeffitsenti:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \frac{S_1}{S_2}}$$

va

$$q_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{\Delta t}{(1/\alpha_1)(s_2/s_1) + (\delta/\lambda)(s_2/s_1) + 1/\alpha_2} = k_2 \Delta t \quad (2.4.15)$$

bu yerda k_2 devorning qovurg'asimon sirtiga nisbatan olingan issiqlik uzatish koeffitsenti:

$$k_2 = \frac{1}{(1/\alpha_1)(s_2/s_1) + (\delta/\lambda)(s_2/s_1) + 1/\alpha_2}$$

S_2/S_1 nisbatga qovuralanish koeffitsenti deyiladi. Yuqoridagi formulalarni taqriban keltirib chiqardik, chunki ularni keltirib chiqarishda t_2 va α_2 larni Qovurg'asimon sirt bo'ylab o'zgarimas deb oldik. Aslida qovuraning cho'qqi qismi asosiga qaraganda sovuqroq bo'ladi va demak, α_2 Qovurg'asimon sirt bo'ylab turlicha bo'ladi.

Tashqi tomoni qovuralangan quvur uchun (8.64) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$q_t = k_t(t_1 - t_2) \quad (2.4.16)$$

va

$$k_r = \frac{1}{\left[\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2 S_2 / S_1} \right]} \quad (2.4.17)$$

bu yerda d_1 - quvurning ichki diametri; d_2 - quvurning tashqi diametri.

Qovurg'asimon sirtlar issiqlik berishni jadallashtirish maqsadida texnikada keng qo'llaniladi. Masalan, isitish asboblarning asosan tashqi sirtlari qovuralanadi, chunki devordan havoga issiqlik berish koeffitsenti ($\alpha_2 = 12-60 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) issiq suvdan devorga issiqlik berish koeffitsenti ($\alpha_2 = 2500-6000 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) dan ancha kichik.

2.5. Erkin va majburiy konveksiya

Erkin konveksiya

Sovutish suyuqligining katta hajmdagi erkin harakati uchun issiqlik uzatish koeffisientini hisoblash odatda shaklning mezon tenglamasi yordamida amalga oshiriladi.

$$Nu = C(Gr_{\text{жс}} Pr_{\text{жс}})^m (Pr_{\text{жс}} / Pr_c)^{0,25} \quad (2.5.1)$$

bu yerda, C va m - issiqlik almashinuvi shartlariga qarab koeffisientlar.

Gazlar uchun $Pr = \text{const}$, va $(Pr_{\text{жс}}/Pr_c) = 1$ deb qabul qilishimiz mumkin va shuning uchun barcha berilgan formulalar soddalashtirilgan.

O'xshashlik raqamlarini hisoblashda fizik parametrlar γ , λ , α sovutish suvining hajmdagi va devordagi o'rtacha harorati asosida tanlanadi:

$$t_{cp}=0,5(t_{\text{жс}}+t_c).$$

Gazning hajmli kengayish koeffisienti β formula $\beta = \frac{1}{T_{\text{onp}}}$ bo'yicha aniqlanadi

yoki ma'lum bir sovutish suvi uchun qo'llanilishiga qarab tanlanadi.

Vertikal yuzaning tabiiy konveksiyasi uchun issiqlik uzatish koeffisientining o'rtacha qiymatini formuladan (2.7.2) olish mumkin.

$$\alpha_{\kappa} = 1,66\sqrt[3]{\Delta t}, \quad (2.5.2)$$

bu yerda, $\Delta t = t_{\text{жс}} - t_c$ – xonadagi havo harorati va devor yuzasi harorati o'rtasidagi harorat farqi, °C.

Gorizontal sirt bilan α_{κ} ning o'rtacha qiymatini aniqlash uchun, agar isitish yuzasi pastda joylashgan bo'lsa yoki sovuq sirt yuqorida bo'lsa, quyidagi formuladan foydalanish mumkin.

$$\alpha_{\kappa} = 2,16\sqrt[3]{\Delta t}. \quad (2.5.3)$$

2.5.1-jadval

C va m koeffisientlarining qiymatlari

Issiqlik uzatish shartlari	C	m	Hajmi belgilash
Vertikal yuzalar (quvurlar, plitalar) $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ (laminar rejim)	0,76	0,25	quvur uzunligi, plastinka balandligi
$Gr \cdot Pr > 10^9$ (turbulent rejim)	0,15	0,33	quvur uzunligi, plastinka balandligi
Gorizontal quvur $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^8$	0,50	0,25	truba diametri
Har qanday shakldagi jismlar uchun $O = (Gr \cdot Pr)_{cp} < 10^{-3}$	0,50	0	Quvurlar va to'plar uchun diametri va plitalar uchun balandligi
$10^{-3} < (Gr \cdot Pr)_{cp} < 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125	
$5 \cdot 10^2 < (Gr \cdot Pr)_{cp} < 2 \cdot 10^7$	0,54	0,25	
$2 \cdot 10^7 < (Gr \cdot Pr)_{cp} < 5 \cdot 10^{13}$	0,135	0,33	
Laminar oqimga ega gorizontal plastinka			plastinkaning qisqa tomoni
yuqoridan sovutish	0,54	0,25	
pastdan sovutish	0,27	0,25	

Agar isitish yuzasi tepada joylashgan bo'lsa yoki sovuq sirt pastda bo'lsa

$$\alpha_{\kappa} = 1,16\sqrt[3]{\Delta t}. \quad (2.5.4)$$

Cheklangan hajmda issiqlik o'tkazuvchanligini hisoblash ekvivalent issiqlik o'tkazuvchanligidan foydalangan holda issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamalari bo'yicha amalga oshiriladi.

$$\lambda_{\text{экв}} = \lambda \cdot \varepsilon_{\kappa}, \quad (2.5.5)$$

bu yerda, ε_{κ} – $Gr \cdot Pr$ natijasiga qarab aniqlanadigan konveksiya koeffisienti

$$\begin{aligned} Gr \cdot Pr < 10^3 & \quad \varepsilon_r = 1; \\ 10^3 < Gr \cdot Pr < 10^6 & \quad \varepsilon_r = 0,105(Gr \cdot Pr)^{0,3}; \end{aligned} \quad (2.5.6)$$

$$10^6 < Gr \cdot Pr < 10^{10} \quad \varepsilon_r = 0,40(Gr \cdot Pr)^{0,2}. \quad (2.5.7)$$

Ilova qilingan hisob-kitoblarda $Gr \cdot Pr > 10^3$ argumentlari qiymatlarining butun diapazoni uchun (2.5.6) va (2.5.7) o'rniga bog'liqlikni qo'llash mumkin.

$$\varepsilon_{\kappa} = 0,18(Gr \cdot Pr)^{0,25}, \quad (2.5.8)$$

Topshiriqlarni ishlash uchun misollar

1-masala. 3 m balandlikdagi vertikal devor sirtlarining harorati 10 °C ni tashkil qiladi. Xonadagi havo harorati 20 °C. Havodan devorga issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

Yechish. Gr va Pr mezonlarining qiymatini aniqlang

$$Gr = \beta g l^3 \Delta t / \gamma^2; \quad Pr = \gamma / \alpha.$$

A ilovasining A1-jadvaliga asosan o'rtacha harorat $t_{cp} = 0,5(t_c + t_g) = 15^\circ\text{C}$ ga asoslanib, havo parametrlarini γ , λ va Pr aniqlaymiz.

$$\gamma_{\text{жс}} = 14,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \quad Pr_{\text{жс}} = 0,705; \quad \lambda_{\text{жс}} = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$Gr = \frac{9,18 \cdot 3^3 \cdot 10}{288(14,61 \cdot 10^{-6})^2} = 4,31 \cdot 10^{10};$$

$$Gr \cdot Pr = 4,31 \cdot 10^{10} \cdot 0,705 = 3,03 \cdot 10^{10}$$

Havo harakati rejimi turbulentdir, chunki $Gr \cdot Pr > 10^9$.

(2.5.1) formuladan foydalanib, vertikal sirt uchun C va m o'rniga ularning qiymatlarini qo'yib, Nusselt raqamini topamiz.

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33}(Pr_{\text{жс}}/Pr_c)^{0,25} = 0,15(3,03 \cdot 10^{10})^{0,33} \cdot 1 = 431,48;$$

$$\alpha_{\kappa} = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{жс}}}{h} = \frac{431,48 \cdot 2,56 \cdot 10^{-2}}{3} = 3,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

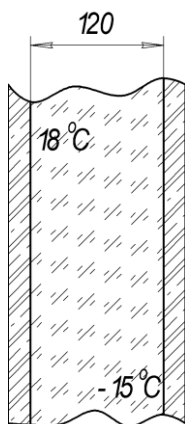
Vertikal sirt uchun taxminiy formula (2.5.2) bo'yicha

$$\alpha_k = 1,66\sqrt[3]{\Delta t} = 1,66\sqrt[3]{10} = 3,57 \text{ Vt/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

2-masala. 1,2x1,4 m² o'lchamdagi ikki oynali oyna orqali issiqlik yo'qotilishini aniqlang, agar derazalar orasidagi masofa 120 mm bo'lsa, shisha sirt harorati 18 °C va -15 °C bo'lsa.

Yechish. Quyidagi formuladan foydalanib, ekvivalent issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisientini hisoblaymiz

$$\lambda_{\text{экв}} = \lambda \cdot \varepsilon_k,$$



bu yerda, λ - havoning haqiqiy issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisienti A ilovasining A1-jadvaliga muvofiq o'rtacha havo harorati bilan aniqlanadi;

ε_k - $Gr \cdot Pr$ funksiyasi bo'lgan konveksiya ko'effisienti $\varepsilon_k = 0,18(Gr \cdot Pr)^{0,25}$ formula yordamida taxminan hisoblanishi mumkin.

Ko'zoynaklar orasidagi masofani δ aniqlovchi o'lcham sifatida, hisoblangan harorat farqini aniqlovchi harorat sifatida qabul qilamiz $\Delta t = t_{c_1} - t_{c_2}$; $t_{\text{оnp}} = 0,5(18-15) = 1,5^\circ\text{C}$. A ilovasidagi A1-jadvaldan foydalanib, biz havo parametrlarini aniqlaymiz

$$\gamma_{\text{жс}} = 13,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \lambda_{\text{жс}} = 24,6 \cdot 10^{-3} \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)};$$

$$Pr = 0,71;$$

$$\beta = \frac{1}{T_{\text{оnp}}} = \frac{1}{274,5} \text{ K}^{-1}.$$

Hisoblaymiz

$$(Gr \cdot Pr) = \frac{9,81 \cdot 33 \cdot 0,12^3}{274,5(13,41 \cdot 10^{-6})^2} 0,71 = 8,046 \cdot 10^6.$$

Konveksiya ko'effisienti

$$\varepsilon_k = 0,18(8,046 \cdot 10^6)^{0,25} = 9,58$$

Unda

$$\lambda_{\text{экв}} = 9,58 \cdot 24,6 \cdot 10^{-3} = 2,36 \cdot 10^{-1} \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}.$$

Ikkita oynali oyna orqali issiqlik yo'qotilishi quyidagiga teng bo'ladi

$$\Phi = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\delta} (t_{c_1} - t_{c_2}) A = \frac{2,36 \cdot 10^{-1}}{0,12} (18 + 15) 1,68 = 109 \text{ Vt}$$

3-masala. Diametri 1,0 mm bo'lgan nixromli sim uchun oqim kuchini uning harorati 300 °C dan oshmasligi sharti bilan aniqlang. 300 °C haroratda 1 chiziqli metr simning qarshiligi $R=6,0$ Om, atrof-muhit harorati $t_m=20$ °C.

Ikkita holat uchun hisob-kitoblarni bajaramiz.

- sim tinch havoda joylashganda;
- sim 300 °C dan yuqori to'yinganlik haroratida bosim ostida sokin suvda joylashganda.

Yechish. Nyuton-Rixman qonunidan foydalanib, biz simdan atrof-muhitga issiqlik oqimining kuchini aniqlaymiz

$$q_l = \pi d_h \alpha (t_c - t_{\text{oc}}).$$

α aniqlash uchun Grashof raqami va Nusselt sonini topamiz:

a) atrof-muhit havodir.

A ilovadagi A1-jadvaldan foydalanib, havoning fizik parametrlarini $t_{\text{onp}}=0,5(300+20)=160$ °C da topamiz.

$$\lambda_{\text{oc}}=3,64 \cdot 10^{-2} \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}; \gamma_{\text{oc}}=30,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; Pr_{\text{oc}}=0,682.$$

Grasgof soni

$$Gr = \beta \frac{g \cdot l^3 \cdot \Delta t}{\gamma^2} = \frac{9,81 \cdot (0,001)^3 (300 - 20)}{(160 + 273) \cdot (30,9 \cdot 10^{-6})^2} = 6,64$$

$$Gr \cdot Pr = 6,64 \cdot 0,682 = 4,53.$$

2.5.1-jadvalga muvofiq $Gr \cdot Pr=4,778$ natija bilan $C=7,18$; $m=0,125$, bunda (2.2) formula bo'yicha

$$Nu = 1,18 (Gr \cdot Pr)^{0,125} = 1,18 \cdot 4,53^{0,125} = 1,435.$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{1,435 \cdot 3,64 \cdot 10^{-2}}{0,1 \cdot 10^{-2}} = 52,2 \text{ Vt/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

$$\dot{q}_d = \pi d_h \cdot \alpha (e_c - e_{\text{oc}}) = 3,14 \cdot 0,001 \cdot 52,2 (300 - 20) = 45689 \text{ Vt/s}$$

$$q_e = J^2 R \quad J = \sqrt{\frac{q_e}{R}} = \sqrt{\frac{45,89}{6,0}} = 2,25 \text{ A}$$

4-masala. Kalsiy xlorid eritmasi bo'lgan bak-akkumulyatorda tashqi diametri 57 mm bo'lgan quvurlardan yasalgan gorizontall sovitish lasan mavjud. Kalsiy xlorid eritmasining 15°C haroratdagi zichligi $\rho_{\text{oc}}=1220$ /m³. Eritmaning muzlash harorati $t_3=-25,7$ °C, trubaning tashqi yuzasining o'rtacha harorati $t_{cm}=-20$ °C, eritmaning quvur yuzasidan uzoqda joylashgan harorati $t_{\text{oc}}=-10$ °C.

Suyuqlikning erkin harakati bilan eritmadan quvur yuzasiga issiqlik uzatish koeffisientini α aniqlang.

Yechish. Gorizontaal quvur (ilonsimon) atrofida erkin harakatlanish vaqtida issiqlik uzatish tenglama bilan aniqlanadi

$$Nu=0,5(Gr \cdot Pr)^{0,25}.$$

Aniqlovchi o'lcham quvurning tashqi diametri bo'lib, biz o'rtacha haroratni aniqlovchi harorat sifatida olamiz

$$t_{cp} = \frac{t_c + t_{\infty}}{2} = \frac{-20 - 10}{2} = -15^{\circ}\text{C}.$$

Ushbu formula $1 \cdot 10^3 \leq (Gr \cdot Pr) \leq 10^3$ bo'lganda amal qiladi.

Kalsiy xloridning $\rho=1220 \text{ kg/m}^3$ va $t_3=-25,7^{\circ}\text{C}$ da termofizik xossalarini aniqlaymiz.

$$\lambda_{-20}=0,523 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_{-15}=0,518 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_{-20}=0,511 \text{ Vt/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\gamma_{-10}=4,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \quad \gamma_{-15}=6,20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \quad \gamma=7,77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$Pr_{-10}=33; \quad Pr_{-15}=42,5; \quad Pr_{-20}=53,80;$$

$$\beta_{-10}=3,5 \cdot 10^{-4}; \quad \beta_{-20}=3,3 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}; \quad \beta_{-15}=3,4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

Biz issiqlik uzatish jarayonini tavsiflovchi o'xshashlik mezonlarini aniqlaymiz:

$$Gr_{\infty, d} = \frac{q \cdot \alpha^3 \Delta t \cdot \beta_{\infty}}{\gamma_{\infty}^2} = \frac{9,81 \cdot 0,057^3 \cdot (-10) \cdot 3,4 \cdot 10^4}{(6,20 \cdot 10^{-6})^2} = 1,607 \cdot 10^5$$

$$Ra = (Gr_d \cdot Pr_{\infty}) = (1,607 \cdot 10^5 \cdot 42,5) = 6829750 = 6,83 \cdot 10^6.$$

$$Nu_{\infty, d} = 0,5(6,83 \cdot 10^6)^{0,25} = 25,56$$

$$\text{Issiqlik uzatish koeffisienti } \alpha = \frac{Nu_{\infty, d} \cdot \lambda_{\infty}}{d_y} = \frac{25,56 \cdot 0,518}{0,057} = 232,29 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Majburiy konveksiya

Majburiy konveksiyada o'xshashlik raqamlari o'rtasida bog'liqlik mavjud

$$Nu = c Re^n \cdot Pr^m (Pr_m/Pr_c)^{0,25}. \quad (2.5.9)$$

bu yerda, c va n koeffisientlari sovutish suvi harakatining turiga qarab 2.5.2-jadvalga muvofiq olinadi.

Ochilish burchagi π_B bo'lgan $Re < 10^5$ xanjar shaklidagi jism atrofida laminar oqimda Nusselt soni formula bilan aniqlanadi.

$$Nu = 1,12 \frac{(\epsilon + 0,2)^{0,1}}{(2 - \epsilon)^{0,5}} Pr^m Re^{0,5} \quad m = 1/3 + 0,067\epsilon - 0,026\epsilon^2. \quad (2.5.10)$$

Turbulent oqim bilan - $Re < 10^5$

$$Nu = 0,061 \frac{(\epsilon + 0,2)^{0,1}}{(2 - \epsilon)^{0,5}} Pr^m Re^{0,8} \quad m = 1/3 + 0,067\epsilon - 0,026\epsilon^2. \quad (2.5.11)$$

2.5.2-jadval

2.5.9-tenglamadagi c , n va m koeffisientlarining qiymatlari

Issiqlik tashuvchi harakatining turi	c	n	m	Hajmi belgilash
Gorizontal plastinka bo'ylab laminar, $Re < 5 \cdot 10^5$	0,664	0,5	0,33	oqim bo'ylab plastinka kengligi
Gorizontal plastinka bo'ylab turbulent, $Re \gg 5 \cdot 10^5$	0,037	0,8	0,43	
Quvurdagi laminar, $Re < 2300$	0,15	0,33	0,43	quvurning ichki diametri, d_{ichki}
Quvurdagi turbulent, $Re = 10^4 \dots 5 \cdot 10^6$	0,021	0,8	0,43	
Quvurdagi o'tuvchi, $Re = 2300 \dots 10^4$	0,008	0,9	0,43	
Silindr bo'ylab laminar $10^{-3} < Re < 10^3$ $Re = 5 \dots 80$ $Re = 80 \dots 10^3$	0,5 0,92 0,73	0,5 0,4 0,46	0,38 0,40 0,40	silindrning tashqi diametri, d_{tashqi}
Silindr bo'ylab turbulent $10^3 < Re < 10^9$ $Re = 5 \cdot 10^3 \dots 5 \cdot 10^4$ $Re > 5 \cdot 10^4$	0,25 0,22 0,026	0,6 0,6 0,80	0,38 0,4 0,4	
Yo'lak quvurlari to'plamlari atrofida o'zaro faoliyat oqim $Re < 10^3$ $Re = 10^3 \dots 10^5$	0,56 0,23	0,65 0,65	0,33 0,33	silindrning tashqi diametri, d_{tashqi}
Qattiq trubka to'plamlari atrofida ko'ndalang oqim $Re < 10^3$ $Re = 10^3 \dots 10^5$	0,56 0,41	0,65 0,60	0,33 0,33	silindrning tashqi diametri, d_{tashqi}

Sovutish suvi harakatining har qanday rejimlari uchun to'pni aylanib o'tish paytida Nusselt soni aniqlanadi

$$Nu = 2 + 0,03 Pr^{0,33} \cdot Re^{0,54} + 0,35 Pr^{0,35} \cdot Re^{0,58} \quad (2.5.12)$$

Ushbu tenglamada sharning diametri xarakterli o'lcham sifatida qabul qilinadi.

Nusselt raqamining qiymatini Krimer-Loos tenglamasi yordamida ham aniqlash mumkin:

$$Nu = 2 + Pr^{0,33} (0,4 \cdot Re^{0,5} + 0,06 Re^{0,67}); \quad (2.5.13)$$

yoki Rantz-Marshall formulasiga muvofiq:

$$Nu=2+0,6Pr^{0,33}Re^{0,5} \quad (2.5.14)$$

(2.5.9) tomonidan hisoblangan Nusselt raqamiga quvur uzunligi bo'ylab o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti ε_e , egilish uchun ε_{u32} , quvurlarning dastlabki qatorlarining issiqlik o'tkazuvchanligi o'zgarishi uchun tuzatish kiritish kerak. (tsilindr) ko'ndalang oqim ε_i vaqtida, tuzatish koeffisienti ε_ψ , hujum burchagini hisobga olgan holda (ya'ni silindr o'qi va muhitning tezlik vektori orasidagi burchak), tuzatish koeffisienti ε_s , ta'sirini hisobga olgan holda. nisbiy qadam ε_s .

Re mezoniga kiritilgan oqim tezligi nurning eng tor qismida suyuqlikning V (m^3/s) hajmli oqim tezligining eng tor uchastkaning S (m^2) maydoniga nisbati sifatida aniqlanadi.

$$\alpha = \alpha_{pac} \cdot \varepsilon_e \cdot \varepsilon_{u32} \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_\psi \cdot \varepsilon_s. \quad (2.5.15)$$

Quvurlarni egilish uchun tuzatish (burilishlar, spiralsimon) formuladan foydalanib hisoblanadi

$$\varepsilon_{u32} = 1 + 1,77d/R, \quad (2.5.16)$$

bu yerda, d – quvur diametri, m; R – spiralsimon radiusi, m.

Quvur yoki kanal uzunligi bo'yicha o'rtacha issiqlik uzatish koeffisientining $l/d < 50$ da haydash rejimiga qarab o'zgarishiga tuzatish 2.3-jadvalga muvofiq olinadi.

2.5.3-jadval

Tuzatish koeffisienti ε_l

Harakatlanish rejimi	l/d bog'liqligi							
	1	2	5	10	15	20	30	40
Laminar	1,90	1,70	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02
Turbulent $Re=10^4$	1,65	1,50	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03
$2 \cdot 10^4$	1,51	1,40	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02
$5 \cdot 10^4$	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02
$10 \cdot 10^4$	1,28	1,22	1,15	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
$100 \cdot 10^4$	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01

Quvurlar to'plamining dastlabki qatorlarida issiqlik uzatishning o'zgarishi uchun tuzatish olinadi:

birinchi qator $\varepsilon_i=0,6$;

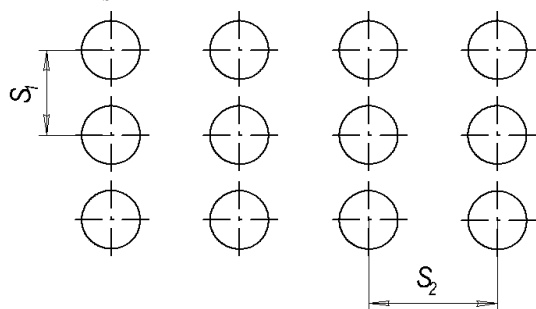
koridor to'plamining ikkinchi qatori $\varepsilon_i=0,9$;

shaxmat dastasining ikkinchi qatori $\varepsilon_i=0,7$;

uchinchi va keyingi qatorlar

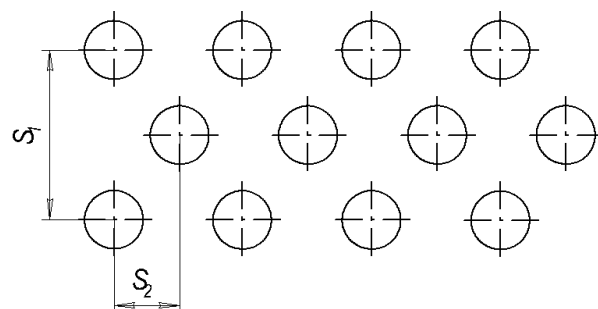
$$\varepsilon_i=1,0.$$

S_1/d va S_1/d nisbiy qadamlarning ta'sirini hisobga olgan holda tuzatish koeffisienti ε_s



2.5.1-rasm

Yo'lakni joylashtirish sxemasi



2.5.2-rasm

Shaxmat joylashtirish sxemasi

2.5.4-jadval

Suyuqlik oqimiga ψ burchak ostida joylashgan quvur to'plamlari uchun tuzatish koeffisienti ε_ψ .

ψ , grad.	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
ε_ψ	1	1	0,98	0,94	0,88	0,78	0,67	0,52	0,42	0,40

Yo'lak joylashtirish uchun:

$$\varepsilon_s=(S_2/d)^{-0,15}$$

Shaxmat joylashtirish uchun

$S_1/S_2 < 2$ $\varepsilon_s=(S_1/S_2)^{1/6}$ bo'lganda; $S_1/S_2 \geq 2$ $\varepsilon_s=1,12$ bo'lganda.

Butun quvur to'plami uchun issiqlik uzatish koeffisientining o'rtacha qiymati formula bilan aniqlanadi

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad (2.5.17)$$

bu yerda, α_i - i -qatorning o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti;

A_i – i -qatordagi quvurlarning umumiy issiqlik almashinuvi yuzasi;

n – to'plamdagi qatorlar soni.

Halqali kanallarda issiqlik uzatish koeffisientining o'rtacha qiymati quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin

$$Nu=0,017Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} (Pr_{\infty}/Pr_c)^{0,25} (d_2/d_1)^{0,18}, \quad (2.5.18)$$

bu yerda, d_1 – halqasimon kanalning ichki diametri;
 d_2 – tashqi diametri.

Formula (2.19) $d_2/d_1=1,2\dots14$ uchun amal qiladi.

$$l/d=50\dots460 \text{ va } Pr=0,7\dots100.$$

Ko'ndalang gaz oqimi bilan aylanib yuradigan dumaloq va kvadrat qovurg'ali quvurlar to'plamlarida issiqlik uzatishni hisoblash qiymatlar oralig'ida quyidagi tenglamalar yordamida amalga oshirilishi mumkin.

$$3 \cdot 10^3 < Re < 25 \cdot 10^3 \text{ va } 3 \leq d/\epsilon \leq 4,8, \quad Nu = c Re^m (d/\epsilon)^{-0,54} (h/\epsilon)^{-0,14}, \quad (2.5.19)$$

bu yerda, ϵ – qovurg'a qadami, $h=0,5(D-d)$, bu yerda, D – qovurg'aning diametri yoki tomoni, d – quvurning tashqi diametri. $c=0,104$ dumaloq qovurg'ali koridor quvurlari to'plamlari uchun, kvadrat qovurg'alar uchun $c=0,096$ va $m=0,72$ har ikki holat uchun. Dumaloq qirralari bo'lgan shaxmat to'plamlari uchun $c=0,223$; kvadrat qovurg'alar bilan $c=0,205$; har ikki holatda ham $m=0,65$.

Plita atrofida davomiy havo oqganda, hisoblash formulasi (2.5.9) soddalashtiriladi va quyidagi shaklni oladi:

- laminar rejimda

$$Nu = 0,57 Re^{0,5}; \quad (2.5.20)$$

- turbulent rejimda

$$Nu = 0,32 Re^{0,8}; \quad (2.5.21)$$

$$\alpha_{pac} = 5,9 \omega^{0,8} l^{-0,2}. \quad (2.5.22)$$

Quvur atrofida majburiy ko'ndalang oqimga ega havo uchun biz quyidagi formulani qo'llashimiz mumkin

$$\alpha_{pac} = 11,6 \sqrt{\omega}. \quad (2.5.23)$$

Issiq suvli yuzalar uchun

$$\alpha_{pac} = 5,7 + 4,1 \omega, \quad (2.5.24)$$

bu yerda, ω - issiqlik tashuvchining harakat tezligi, m/s;

l – aniqlash o'lchovi, m.

Tegishli konveksiya bilan gorizontall quvurdan havoga issiqlik uzatish koeffisienti formula bilan aniqlanishi mumkin

$$\alpha_{pac} = 1,16 \sqrt{(t_{n.n.} - t_o) / d_2}. \quad (2.5.25)$$

Shamoldan kelib chiqadigan majburiy konveksiya sharoitlari uchun

$$\alpha_{pac}=4,65\omega^{0,7}/d^{0,3}. \quad (2.5.26)$$

bu yerda, $t_{h.n.}$ – tashqi sirt harorati, °C;

t_o – atrof-muhit harorati, °C;

d_2 – quvurning tashqi diametri, izolyatsiyasi, m.

5-masala. Diametri 50 mm va uzunligi 3 m bo'lgan, diametri 600 mm bo'lgan g'altak shaklida egilgan, $\omega = 0,8$ m/s tezlikda 50 °C haroratli issiq suv oqadi. Devor harorati $t_c=70$ °C bo'lsa, devordan suvga issiqlik o'tkazish koeffisientini α ni aniqlang.

Yechish. $t_{\text{жс}}=50^\circ\text{C}$ va $t_c=70^\circ\text{C}$ da suv parametrlarini A ilovaning A5-jadvaliga muvofiq aniqlaymiz.

$$t_{\text{жс}}=50^\circ\text{C} \quad \lambda_{\text{жс}}=0,648 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \quad \gamma_{\text{жс}}=5,56\cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}; \quad Pr_{\text{жс}}=3,54 \text{ bo'lganda.}$$

$$t_c=70^\circ\text{C} \quad \lambda_{\text{жс}}=0,668 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \quad \gamma_{\text{жс}}=4,15\cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}; \quad Pr_c=2,55 \text{ bo'lganda.}$$

Reynolds soni va Nusselt sonini hisoblaymiz:

$$Re=\omega d/\gamma_{\text{жс}}=0,8\cdot 0,05/5,56\cdot 10^{-7}=7,2\cdot 10^4;$$

$$Nu=0,021Re^{0,8}Pr_{\text{жс}}^{0,43}(Pr_{\text{жс}}/Pr_c)^{0,25}=0,021(7,2\cdot 10^4)^{0,8}\cdot 3,54^{0,43}\cdot (3,54/2,55)^{0,25}=303.$$

Biz ε_e va ε_{u3z} o'zgartirishlarni kiritamiz

$$l/d=3/0,05=60>50 \quad \varepsilon_e=1;$$

$$\varepsilon_{u3z}=1+1,77d/R=1+1,77\cdot 50/300=1,295.$$

Bunda

$$\alpha_{pac} = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{жс}}}{d} \cdot \varepsilon_e \cdot \varepsilon_{u3z} = \frac{303 \cdot 0,648}{0,05} \cdot 1,295 = 5085 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

6-masala. Havo oqimiga quvurlarni ko'ndalang sakkiz qatorli yo'lak bilan tartibga solish bilan havo isitgichida o'rtacha issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang. Quvur diametri $d=16$ mm; $S_1=1,5d$; $S_2=2,0d$.

Tor uchastkada havoning o'rtacha tezligi 10 m/s, kirish harorati 20 °C, chiqish harorati 60 °C.

Yechish. A ilovaning A1-jadvalidagi o'rtacha havo harorati $t_{cp}=0,5(t_g^I + t_g^{II}) = 0,5(20+60)=40^\circ\text{C}$ ga asoslanib, havoning fizik parametrlarini topamiz: $\lambda=27,6\cdot 10^{-3}$ Вт/(м}\cdot\text{К)}; $\nu=16,96\cdot 10^{-6}$ m²/s va Prandtl soni $Pr=0,70$.

$$\text{Reynolds sonini hisoblaymiz } Re = \frac{\omega d}{\gamma} = \frac{10 \cdot 0,016}{16,96 \cdot 10^{-6}} = 9434.$$

$Re=10^3 \dots 10^5$ da ko'ndalang quvur to'plami uchun 2.7.2-jadvaldagi (2.9) formuladan foydalanib, quyidagi koeffisientlarni tanlaymiz: $c=0,26$, $n=0,65$ va $t=0,33$.

$$Nu=0,26 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,33} (Pr_{\text{жс}}/Pr_c)^{0,25} \cdot \varepsilon_s,$$

bu yerda, havo uchun

$$Pr_{\text{жс}}/Pr_c=1; \varepsilon_s=(S_2/d)^{-0,15}=(2d/d)^{-0,15}=0,901;$$

$$Nu=0,26(9434)^{0,65} \cdot 0,70^{0,33} \cdot 0,901=79,82.$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{79,82 \cdot 27,6 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} = 137,2 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Quvurlarning birinchi, ikkinchi va uchinchi qatorlarida issiqlik uzatishni hisobga olgan holda o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti

$$\alpha_{\text{myu}} = \alpha \frac{\varepsilon_{i1} + \varepsilon_{i2} + \varepsilon_{i3...6}}{n} = 137,2 \frac{(0,6 + 0,9 + 6)}{8} = 128,6 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

7-masala. Bir qismli quvurli pasterizatorida sut quvurlar orqali $w=1,1$ m/s tezlikda harakatlanadi. Quvurlarning diametri 35/32 mm, umumiy uzunligi esa 18 m. Sutning o'rtacha harorati 41 °C, devorlarning yuzasi esa 65 °C. Sut tomonidan qabul qilingan issiqlik oqimini hisoblang.

Yechish. A ilova, A17-jadvaldan foydalanib, $t_{\text{жс}}=41^\circ\text{C}$ da sutning termofizik xossalarini aniqlaymiz. $\lambda_{\text{жс}}=0,565 \text{ Vt/(m} \cdot \text{K)}$; $\gamma_{\text{жс}}=0,922 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $Pr_{\text{жс}}=7,57$.

$$t_{\text{cm}}=65^\circ\text{C } Pr_{\text{cm}}=4,36 \text{ bo'lganda.}$$

Jarayonni tavsiflovchi Reynolds mezonini aniqlaymiz

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{BH}}}{\gamma_{\text{жс}}} = \frac{1,1 \cdot 0,32}{0,922 \cdot 10^{-6}} = 38178$$

Quvurdagi turbulent harakat uchun $Re=10^4 \dots 5 \cdot 10^6$ $c=0,21$, $n=0,8$ va $m=0,43$ va (2.10) tenglama shaklni oladi.

$$Nu_{\text{жс}}=0,21 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr_{\text{жс}}^{0,43} (Pr_{\text{жс}}/Pr_{\text{cm}})^{0,25} \cdot \varepsilon_e=0,21 \cdot (38178)^{0,8} \cdot 7,57^{0,49} (7,57/4,36)^{0,25}=266,42$$

$$l/d_{\text{BH}}=18/0,032=562>50 \quad \varepsilon_e=1 \text{ bo'lganda,}$$

Issiqlik almashinuv koeffisienti

$$\alpha = \frac{Nu_{\text{жс}} \cdot \lambda_{\text{жс}}}{d_{\text{BH}}} = \frac{266,42 \cdot 0,565}{0,032} = 4703,9 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

Sut tomonidan qabul qilingan Φ (kVt) ni aniqlaymiz

$$A=\alpha \cdot \pi \cdot d_y \cdot l(t_{\text{cm}}-t_{\text{жс}})=4703,9 \cdot 3,14 \cdot 0,035 \cdot 18(65-41)=223,3 \text{ kVt}$$

8-masala. Diametri 6 mm bo'lgan alyuminiy elektr sim $p=1,01 \cdot 10^5$ Pa bosimdagi ko'ndalang havo oqimi bilan sovutiladi. Simdan uzoqda havo harakatining harorati va

tezligi mos ravishda $t_{\text{жс}}=20^{\circ}\text{C}$; $w=1,2$ m/s. Simning solishtirma elektr qarshiligi $\rho=2,86 \cdot 10^{-8}$ Om·m m²/m.

Agar sirt issiqlik oqimi zichligi $q = 2,7$ kVt/m² bo'lsa, simning sirt harorati, shuningdek, berilgan sirt issiqlik oqimi zichligi ta'minlanadigan elektr simidagi oqim kuchini toping.

Yechish. A ilovasi, A1-jadval bo'yicha 20°C haroratda havoning termofizik xususiyatlarini aniqlaymiz: $\lambda_{\text{жс}}=2,59 \cdot 10^{-2}$ Vt/(m·K); $\gamma_{\text{жс}}=15,06 \cdot 10^{-6}$ m²/s, $Pr_{\text{жс}}=0,703$.

Majburiy harakat uchun $w=1,2$ m/s Reynoldson mezonini topamiz

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{н}}}{\gamma} = \frac{1,2 \cdot 0,006}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 478,08$$

$Re=478,08$ bo'lganda, koeffitsient $c=0,79$; $p=0,46$ va $m=0,40$ va tenglama (2.5.9) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$Nu_{\text{жс}}=0,79 Re^{0,46} \cdot Pr_{\text{жс}}^{0,40}=0,79 \cdot (478,08)^{0,46} \cdot (0,703)^{0,40}=11,72$$

Issiqlik almashinuv koeffitsienti

$$\alpha = \frac{Nu_{\text{жс}} \cdot \lambda_{\text{жс}}}{d_{\text{вн}}} = \frac{11,72 \cdot 2,59 \cdot 10^{-2}}{0,006} = 50,6 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Sim qoplamasidagi harorat

$$t_{\text{см}}=t_{\text{жс}}+q/\alpha=20+2,7 \cdot 10^3/50,6=73,36^{\circ}\text{C}$$

Energiya balansini tenglamasidan

$$\alpha \pi d l (t_{\text{см}}-t_{\text{жс}})=J^2 R,$$

Tok kuchi J ni aniqlaymiz,

$$\text{bu yerda, } R = \frac{\rho \cdot l}{\pi d^2 / 4} = \frac{4 \rho \cdot l}{\pi d^2}; \quad J^2 = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot d \cdot l (t_{\text{см}} - t_{\text{жс}})}{R} = \frac{\alpha \cdot \pi^2 \cdot d^3 \cdot \Delta t}{4 \rho};$$

$$J = \pi d \sqrt{\frac{\alpha d \Delta t}{4 \rho}} = \pi \cdot 6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{50,6 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 53,36}{4 \cdot 2,86 \cdot 10^{-8}}} = 224,19 \text{ A}$$

2.6. Majburiy konveksiya sharoitlarida konvektiv issiqlik almashinuvi

Majburiy harakatlanishda issiqlik berilish jadalligi, asosan muhitning (suyuqlik yoki gazning) harakatlanish tavsifi bilan aniqlanadi.

Amalda ko'pincha turbulent harakat uchraydi, bunda issiqlik berish koeffitsienti laminar harakatdagiga qaraganda ancha katta bo'ladi. Re soni kattalashganda ya'ni turbulentlik jadalligi ortganda suyuqlik bilan devor orasida issiqlik almashinuvi kuchayadi.

Issiqlik almashinuvi muhit yuvib o'tayotgan sirtning shakliga ham ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Oqim hech qayerda yuvib o'tilayotgan sirtan ajralmasa, bunday oqim uzilmas oqim deyiladi.

Agar tizimda keskin o'zgaradigan egri-bugriliklar yoki kattalashib boradigan kanallar, keskin burilishlar va shunga o'xshashlar bo'lsa, u holda ba'zi joylarda oqim sirtidan ajraladi, ya'ni uzilib oqish paydo bo'ladi.

Bugungi kunda uzilmay oqish jarayoni deyarli to'liq o'rganilgan bo'lib, turli sirtlar uchun har xil hisoblash formulalari mavjud. Uzilib oqish jarayoni esa, sodda hollar (silindr, shar va quvurlar to'plamini yuvib o'tishda) uchun o'rganilgan.

Majburiy konveksiyada laminar oqim ikki xil bo'lishi mumkin – qovushoqli va qovushoq – gravitatsion. Qovushoqli oqishda, qovushoqlik kuchlari ko'tarish kuchlaridan ustun turadi. Bu oqishda tabiiy konveksiya bo'lmaydi va kanal devorlariga issiqlik faqat issiqlik o'tkazuvchanlik usuli bilan uzatiladi.

Qovushoq–gravitatsion oqishda ko'tarish kuchlari hisobga olinadi va bu holda suyuqlikning majburiy harakati tabiiy konveksiya bilan birgalikda ro'y beradi.

Buning natijasida oqimning laminarligi buziladi. Bunday oqishda issiqlik ham issiqlik o'tkazuvchanlik, ham konveksiya yo'li bilan uzatiladi.

$Re=2 \cdot 10^3 \div 10^4$ bo'lganda oraliq oqish kuzatiladi va $Re > 10^4$ da oqish turbulent bo'ladi.

Bu ikki harakat bir-biridan, $Gr \cdot Rr$ ko'paytmaning qiymatiga qarab farqlanadi.

$Gr \cdot Rr > 8 \cdot 10^5$ bo'lsa, oqish tartibi qovushoq – gravitatsion bo'lib, bu hol uchun quyidagi formula o'rinli bo'ladi:

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} \cdot Rr^{0,43} (Gr \cdot Rr)^{0,1} \cdot (rr/Rr_g)^{0,25} \quad (2.6.1)$$

Bu tenglamada aniqlovchi o'lcham sifatida ekvivalent diametr, aniqlovchi temperatura sifatida suyuqlikning o'rtacha temperaturasi olingan.

Tomchi suyuqliklar uchun, ularni devordan isishidagi issiqlik berish koeffisienti α_{is} , har doim sovishidagi issiqlik berish koeffisienti α_{sov} dan katta bo'lishi tajribalardan aniqlangan.

$\alpha_{is} - \alpha_{sov}$ ayirma, temperatura bosimi $t_g - t_s$ ko'payishi bilan ortadi. Bu holat, kriterial tenglamaga $(Rr/Rr_g)^{0,25}$ ko'paytmani kiritish bilan e'tiborga olinadi. Yuqorida aytib o'tilganidek, Rr_g devorning o'rtacha temperaturasida hisoblanadi.

Bu kattalik suyuqliklar uchun 0,5 – 2 ga, gazlar uchun esa 1 ga teng. (2.6.1) formulani, agar quvurning issiqlik barqarorlashgan qismi uzunligi $l \geq 50d$ bo'lsa, barcha suyuqliklar uchun qo'llash mumkin. Uzunligi $50 \cdot d$ dan kichik bo'lgan kalta quvurlar uchun (2.6.1) formuladan aniqlangan α , tuzatish koeffisienti ε_l ga ko'paytiriladi. ε_l koeffisientning son qiymati l/d ga quyidagicha bog'liq.

l/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_l	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,03	1.

Issiqlik tashuvchining quvur va kanaldagi oraliq oqimi tartibi ($2300 < Re < 10000$) uchun, turli xil tajribalarni umumlashtiruvchi formulalar bugungi kunda yo‘q.

$Re \geq 10^4$ bo‘lgandagina rivojlangan turbulent harakat hosil bo‘ladi. Bunda suyuqlik zarralarining aralashish jarayoni shunchalik jadal kechadiki, natijada turbulent oqim yadrosining kesimi bo‘yicha temperatura deyarli o‘zgarmas bo‘lib turadi.

M. A. Mixeyev turbulent oqim usulida quvurlardagi issiqlik berilishini hisoblash uchun quyidagi formulani taklif etdi:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Rr^{0,43} \cdot (Rr/Rr_g)^{0,25} \quad (2.6.2)$$

Bu formulada aniqlovchi o‘lcham sifatida ekvivalent diametr, aniqlovchi temperatura sifatida suyuqlikning o‘rtacha temperaturasi qabul qilingan. Havo uchun, agar $Rr = 0,7$ deb hisoblasak, (2.6.2) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (2.6.3)$$

(2.6.3) formula turli xil issiqlik tashuvchilar: suyuqliklar, gazlar, o‘ta qizigan bug‘lar uchun $l/d \geq 50$, $Re = 10^4 \div 5 \cdot 10^6$ va $Rr = 0,6 \div 250$ bo‘lgan hollarda qo‘llaniladi.

Agar kanalning uzunligi $l < 50d_{ekv}$ bo‘lsa, (2.6.2) formuladan hisoblangan α tuzatish koeffisienti ε_l ga ko‘paytiriladi. ε_l koeffisientning qiymati 2.6.1-jadvaldan olinadi.

Tuzatish koeffisienti ε_l ning l/d ga bog‘liqligi.

2.6.1-jadval.

Re	ε_l ning l/d quyidagicha bo‘lgandagi qiymati								
	1	2	5	10	15	20	30	40	50
10^4	1,65	1,5	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03	1
$2 \cdot 10^4$	1,51	1,4	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02	1
$5 \cdot 10^4$	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02	1
10^5	1,28	1,22	1,15	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02	1
10^6	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1

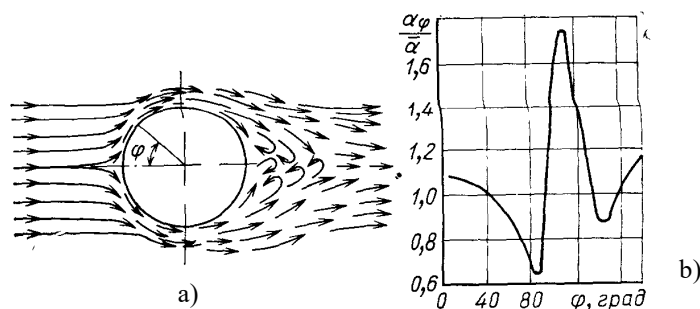
Issiqlik tashuvchining bukilgan quvurlarda oqishida, issiqlik berish jarayoni markazdan qochirma kuchlarning oqimga ta’siri tufayli murakkablashib ketadi.

Uning ta’siri (9.46) formulaga tuzatish koeffisienti ε_R ni kiritish bilan hisobga olinadi. Ilonizisimon quvurlar uchun ε_R quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$\varepsilon_R = 1 + 1,77 d/R,$$

Bu yerda R –bukilish radiusi; d – quvur diametri.

Ma'lumki, ko'pgina issiqlik almashinuv apparatlarida (havo isitkich, suv ekonomayzeri va hokazo) quvurlar oqimga nisbatan ko'ndalang joylashgan bo'ladi. 2.6.1-rasmda suyuqlik quvurni ko'ndalangiga qamrab olayotgan manzarasi tasvirlangan.



2.6.1-rasm. Silindr aylanasi bo'ylab yuvib o'tishning tavsifi (a) va issiqlik berishning o'zgarishi (b).

Quvurning ro'para qismi sirtida chegara qatlami hosil bo'lib, uning qalinligi oqim yo'nalishi bo'ylab ortib boradi. Ba'zi nuqtalarda chegara qatlamini sirtdan uzilishi kuzatiladi va quvur orqasida ikkita simmetrik uyurma paydo bo'ladi.

Chegara qatlamining uzilish nuqtasi o'rni Re soniga bog'liq bo'ladi. Re soni unchalik katta bo'lmasa va quvurga kelayotgan oqimning turbulentlik darajasi kichik bo'lsa, chegara qatlami $82-84^\circ$ da uzilishi kuzatiladi. Re soni ortgan sari, chegara qatlamidagi harakat turbulent shaklga o'tadi. Buning natijasida, kinetik energiya ortishi hisobiga chegara qatlamining uzilish o'rni oqim bo'ylab pastga siljiydi ($\varphi \approx 120-140^\circ$), bu esa, quvur orqasida uyurma zonasini kamayishiga va qamrashni yaxshilashga olib keladi.

Quvurni bunday o'ziga xos ravishda qamrab olinishi, suyuqlik va quvur sirti o'rtasidagi issiqlik almashinuviga ta'sir etadi.

2.6.1-rasmda (b) mahalliy issiqlik berish koeffisienti α_φ ning o'rtacha issiqlik berish koeffisienti α ga nisbatining φ burchakka bog'liqligi tasvirlangan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, issiqlik berish quvurning to'g'risida ($\varphi=0^\circ$) jadal ro'y beradi, $\varphi=90-100^\circ$ da eng kam, $\varphi=120^\circ$ da eng eqori bo'ladi va keyin $\varphi=140^\circ$ da yana pasayadi. Quvurning $\varphi=0-100^\circ$ li qismida issiqlik berishning kamayishi laminar chegara qatlamining qalinligini ortishi hisobiga bo'ladi.

$\alpha_\varphi / \bar{\alpha} = f(\varphi)$ egri chiziqdagi birinchi eng past nuqta chegara qatlamida laminar oqishni turbulent oqishga ($Re_{kr} = 1 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5$) o'tishiga mos keladi.

Bundan keyin issiqlik berish keskin ravishda ortib ketadi. Ikkinchi eng past nuqta turbulent chegara qatlamini uzilishiga mos keladi. Suyuqlik yoki gaz, silindrni ko'ndalangiga yuvib o'tayotgan hol uchun o'rtacha issiqlik berishni hisoblash quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\overline{Nu} = (0,43 + C Re^m Rr^{0,38}) \varepsilon \quad (2.6.4)$$

Aniqlovchi temperatura sifatida quvurga kelayotgan oqim temperaturasi, aniqlovchi o'lcham esa, silindr diametri bo'ladi. Tuzatish koeffisienti ε kelayotgan oqimning turbulentlik darajasini hisobga oladi ($\varepsilon = 1,0 \div 1,6$).

C koeffisient va m ko'rsatkich Re soniga bog'liq ravishda quyidagi qiymatlarni oladi:

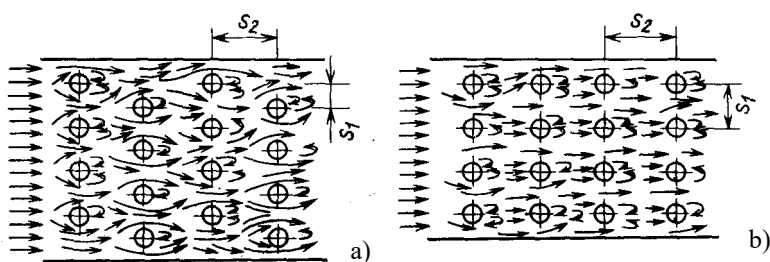
$$\begin{aligned} Re &= 1 \div 4 \cdot 10^3, C=0,35, m=0,5; \\ Re &= 4 \cdot 10^3 \div 4 \cdot 10^4, C=0,20, m=0,62; \\ Re &= 4 \cdot 10^4 \div 4 \cdot 10^5, C=0,027, m=0,80. \end{aligned}$$

Agar oqim silindrni $\psi < 90^\circ$ burchak ostida qamrab o'tsa, (2.6.4) tenglama bo'yicha hisoblangan α , $\varepsilon_\phi \approx 1 - 0,54 \cos^2 \psi$ ga ko'paytirilishi kerak. Agar ko'ndalang oqimda bir emas, balki butun quvurlar to'plami bo'lsa, issiqlik almashinuv jarayoni yanada murakkablashadi. Bu holda issiqlik berish quvurlarning to'plamda joylashishiga va quvur joylashgan qator raqamiga bog'liq. 2.6.2-rasmda quvurlar yo'laksimon va shaxmatsimon joylashganda suyuqlik harakati tavsifi ko'rsatilgan.

To'plamdagi quvurlarning birinchi qatori qo'zalmagan suyuqlik oqimi bilan yuviladi va shuning uchun shu qatorda α eng kichik bo'ladi. Keyingi qatorlarda issiqlik berish ancha jadal kechadi va uchinchi hamda keyingi qatorlar uchun α deyarli bir xil bo'ladi.

Quvurlar to'plami uchun $10^3 < Re < 10^5$ va $0,7 < Rr < 500$ bo'lganda issiqlik berish quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$\overline{Nu} = C Re^m P_r^{1/3} \left(\frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{1/3} \varepsilon_s \cdot \varepsilon_i \quad (2.6.5)$$



2.6.2-rasm. Suyuqlikning quvurlar to'plamida harakati tavsifi. a – shaxmatsimon joylanish; b – yo'lakli joylanish

Quvurlar shaxmatsimon joylashganda $s=0,41$, $m=0,65$; yo'laksimon joylashganda $s=0,26$, $m=0,65$ bo'ladi. Aniqlovchi chiziqli o'lcham sifatida quvurning tashqi diametri olinadi. Re soni suyuqlik yoki gazning to'plamning eng toraygan kesimidagi o'rtacha tezligi orqali hisoblanadi.

Tuzatish koeffisienti ε_s , to'plamning ko'ndalang S_1 va bo'ylama qadamini hisobga oladi:

Shaxmatsimon to'plam uchun

$$\varepsilon_s = (S_1/S_2)^{1/6}, \quad s_1/s_2 < 2 \text{ da.}$$

Yo'lakli to'plam uchun

$$\varepsilon_s = 1,12, \quad s_1/s_2 \geq 2 \text{ da.}$$

ε_i tuzatish koeffisienti, quvurlarning birinchi va ikkinchi qatoridagi issiqlik berishning kamayishini hisobga oladi. Quvurlarining birinchi qatori uchun $\varepsilon_i=0,7$ (shaxmatsimon to'plam) va $\varepsilon_i=0,9$ (yo'lakli to'plam); uchinchi va keyingi qatorlar uchun $\varepsilon_i=1$.

Barcha quvurlar to'plami uchun issiqlik berish koeffisientining o'rtacha qiymati quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^Z \bar{\alpha}_i F_i}{\sum_{i=1}^Z F_i} \quad (2.6.6)$$

bu yerda $\bar{\alpha}_i$ – i – inchi qatorning o'rtacha issiqlik berish koeffisienti; F_i – i – inchi qator yuzasi; Z – to'plamdagi quvurlar soni.

2.7. Radiatsion issiqlik almashinuvi. Yuza sirtlari o'rtasida issiqlik almashinuvi nurlanishi

Plank qonuni. Absolyut qora jismlar absolyut noldan yuqori temperaturada o'zidan fazoga barcha to'lqin uzunlikdagi nurlarni tarqatib turadi. Bir xil temperaturada absolyut qora jismlarning nurlanish jadalligi boshqa real jismlarnikiga qaraganda yuqori bo'ladi. Nurlanish jadalligi $J_{\lambda,0}$ ni to'lqin uzunligi λ va temperatura T ga bog'liqligi Plank qonuni bilan belgilanadi:

$$J_{\lambda,0} = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} \quad (2.7.1)$$

bu yerda $C_1=0,374 \cdot 10^{-15} \text{ Vt} \cdot \text{m}^2$; $C_2=1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ – Plank doimiylari; e – natural logarifm asosi.

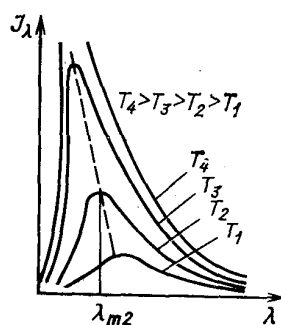
Nurlanish jadalligini to'lqin uzunligi va temperatura bo'yicha Plank qonuniga asosan taqsimlanishi 2.7.1-rasmda tasvirlangan.

Vin qonuni. 2.7.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, jismning temperaturasi orttirilsa, uning nur tarqatish jadalligining maksimumi qisqa to'lqin tomonga siljiydi. Bu qonuniyatni V. Vin 1893 yili taklif etgan va uning matematik ifodasini bergan:

$$\lambda_{\max} = 0,0028989/T$$

yoki

$$T\lambda_{\max} = v = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$



2.7.1-rasm. Absolyut qora jismning nurlanish jadalligini to‘lqin uzunligi va temperaturaga bog‘liqligi.

Bu V.Vinning siljish qonuni deyiladi. Siljish qonuniga muvofiq jismlar nur ko‘rinishida tarqatadigan elektromagnit to‘lqinlarning jadalligi har xil temperaturada turlicha bo‘ladi. Masalan, elektr isitkichning temperaturasi $T=1100\text{ K}$ bo‘lganda, u $\lambda_{\max}=3\cdot 10^{-6}\text{m}$ bo‘lgan to‘lqin uzunlikdagi nurni tarqatadi, uning spektri asosan infraqizil nurdan iborat bo‘ladi. Quyosh ($T=5500\text{ K}$) nuri to‘lqin spektrini olsak, undagi to‘lqin uzunlik $\lambda_{\max}=5\cdot 10^{-7}\text{m}$ ga to‘g‘ri keladi. Bu to‘lqin uzunlik spektrning ko‘zga ko‘rinadigan qismiga to‘g‘ri keladi.

Stefan-Bolpsman qonuni. Tajriba natijalari asosida I. Stefan (1879 yili) quyidagi qonuniyatni aniqladi: absolyut qora jismning nurlanish xususiyati uning absolyut temperaturasining to‘rtinchi darajasiga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Bu qonuniyatni 1884 yili A. Bolpsman nazariy jihatdan isbotlab bergan.

$$E_0 = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} J_{\lambda} d\lambda = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (2.7.2)$$

Bunda, S_0 – absolyut qora jismning nurlanish koeffisienti. [$C_0=5,67\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$]; T – jism sirtining temperaturasi, K .

Bu qonunni yana quyidagi ko‘rinishlarda ham yozish mumkin:

$$E_0=G_0T^4, \quad (2.7.3)$$

Kulrang jismlar uchun:

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (2.7.4)$$

bu yerda $G_0 = 5,67\cdot 10^{-8}\text{Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ – Stefan doimiysi; S – kulrang jismning nurlanishi; $\varepsilon=E/E_0$ – kulrang jismning qoralik darajasi.

Kirxgof qonuni. Absolyut qora va kulrang jismlarning issiqlik nurlarini yutish va tarqatish xossalari orasidagi bolanishni G. Kirxgof 1882 yili o‘rganib, quyidagi qonuniyatni ochgan:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_3}{A_3} = \dots = \frac{E_0}{A_0} = E_0(T), \quad (2.7.5)$$

bu yerda $E_0(T)$ – absolyut qora jismning nurlanish xususiyati.

Jismning nur chiqarish (nurlanish) xususiyatining yutish xususiyatiga nisbati jismning tabiatiga bog‘liq emas va bir xil temperaturadagi barcha jismlar uchun bir xil bo‘lib, shu temperaturadagi absolyut qora jismning nurlanish xususiyatiga teng.

(2.7.5) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, kulrang jismning yutilish koeffisienti qanchalik katta bo‘lsa, u shunchalik ko‘p nurlanadi. Yutilish koeffisienti birdan kichik ($0 < A < 1$) bo‘lgani sababli, bir xil temperaturada kulrang jismning nurlanish xususiyati Y_e , absolyut qora jismning nurlanish xususiyatidan kichik bo‘ladi.

Kirxgof qonunidan, (2.7.5) va (2.7.4) tenglamalardan ko‘rinib turibdiki, kulrang jismning qoralik darajasi son jihatdan uning yutish xususiyatiga teng:

$$A = \varepsilon \quad (2.7.6)$$

ε kattalik o‘zgarmas bo‘lgani uchun, kulrang jismning yutish xususiyati to‘lqin uzunligiga va temperaturaga bog‘liq emas.

2.7.1-jadvalda ba’zi kulrang jismlarning qoralik darajasi keltirilgan. Lambert qonuni. Jism sochayotgan nurlanish energiyasi fazoda har xil jadallik bilan tarqaladi. Nurlanish jadalligini yo‘nalishga bog‘liqligini belgilaydigan qonunga Lambert qonuni deb aytiladi. Lambert qonuniga asosan, absolyut qora jism sirtidan turli yo‘nalishlar bo‘yicha nurlanayotgan energiya miqdori, berilgan yo‘nalish va jism sirtiga tushirilgan normal o‘rtasidagi burchakning kosinusiga proporsionaldir.

$$E_\varphi = E_n \cos \varphi, \quad (2.7.7)$$

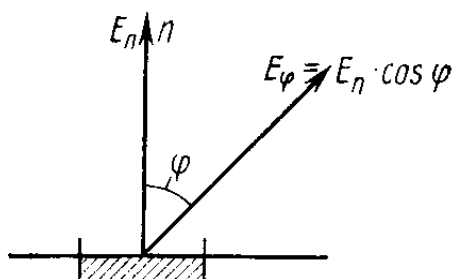
bu yerda, E_n – normal bo‘yicha nurlanish energiyasi.

2.7.1-jadval

Turli materiallarning qoralik darajasi

Material	t, °C	ε	Material	t, °C	ε
Alyuminiy (silliqlangan)	50-500	0,04-0,06	Yog‘och	20-70	0,8-0,9
Bronza	50	0,1	Qog‘oz	20-100	0,9
Oltin (silliqlangan)	200-600	0,02-0,03	Shisha	20-100	0,9-0,92
Qizil g‘isht	25-300	0,9	Moyli bo‘yoq	20-100	0,86-0,92
Gips	20	0,9	Lak	20-100	0,8-0,95
Asbest	20-300	0,9-0,95	Oq emal	20	0,9

Demak, nurlanish sirtiga perpendikulyar bo‘lgan yo‘nalishda energiya eng ko‘p nurlanadi, ya’ni $\varphi = 0$ da. φ burchak ortishi bilan nurlanish energiyasi kamayadi va $\varphi = 90^\circ$ da nolga teng bo‘ladi (2.7.2-rasm). Lambert qonuni absolyut qora jism uchun to‘g‘ri bo‘lib, g‘adir-budur kulrang jismlar uchun bu qonun faqat $\varphi = 0 \div 60^\circ$ da to‘g‘ridir.



2.7.2-rasm. Jismning turli yo‘nalishlar bo‘yicha nurlanishi (Lambert qonuniga doir).

Qattiq jismlar orasida nurli issiqlik almashinuvi

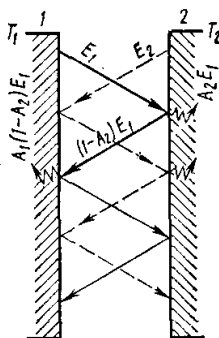
Parallel sirtlar. Ma’lumki, barcha jismlar absolyut noldan yuqori temperaturada o‘zidan fazoga elektromagnit to‘lqinlarni tarqatib turadi. Shuning uchun jismning to‘liq nurlanish energiyasini hisoblashda jismning o‘zini nurlanish energiyasini (E_1) ham hisobga olish kerak.

Agar boshqa jismlar tomonidan shu jismga energiyasi Y_{e2} bo‘lgan nurlanish tushsa, shundan $A_1 E_2$ energiya yutiladi, $(1-A_1) \cdot Y_{e2}$ energiya qaytadi, u holda ($D=0$)

$$Y_{e_{ya1}} = E_1 - A_1 E_2 = E_1 + (1-A_1) E_2 - Y_{e1} + R_1 E_2 \quad (2.7.8)$$

$Y_{e_{ef1}}$ kattalikni jismning effektiv nurlanishi deyiladi. Ikki parallel sirtlar misolida qattiq jismlar orasidagi issiqlik almashinuvini ko‘rib chiqaylik (2.7.3-rasm).

Bu sirtlarning temperaturali mos ravishda T_1 va T_2 ($T_1 > T_2$) va yutilish koeffisientlari A_1 va A_2 bo‘lsin.



2.7.3-rasm. Ikki parallel sirtlar orasida nurli issiqlik almashinuvi sxemasi.

Sirtlar orasidagi masofani shunday tanlaymizki, natijada har bir sirtning nurlanishi narigisiga yetib borsin. Bu sirtlar orasidagi nurli issiqlik almashinuvi kattaligi quyidagiga teng:

$$Y_e = E_{ef1} - Y_{ef2},$$

bunda

$$Y_{ef1} = E_1 + (1-A_1) E_{ef2},$$

$$Y_{ef2} = E_2 + (1-A_2) E_{ef1}.$$

Bu tenglamalar tizimini Ye_{ef1} va Ye_{ef2} ga nisbatan yechib, Ye_1 va Ye_2 o'rniga Stefan –Boltsman qonunidan ularning ifodasini va A_1 hamda A_2 o'rniga mos ravishda ε_1 va ε_2 larni (chunki $A=\varepsilon$) qo'yamiz. O'zgartirishlardan so'ng quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$Q = EF = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} C_o \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (2.7.9)$$

bu yerda, $\theta = \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4$ - temperatura ko'paytiruvchisi deyiladi;

$E_k = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$ - jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasi deyiladi;

$$C_k = C_o C_k = \frac{1}{1/C_o \varepsilon_1 + 1/C_o \varepsilon_2 - 1/C_o} = \frac{1}{1/C_1 + 1/C_2 + C_o} = \frac{Q}{\theta F \tau}$$

keltirilgan nurlanish koefitsienti deyiladi.

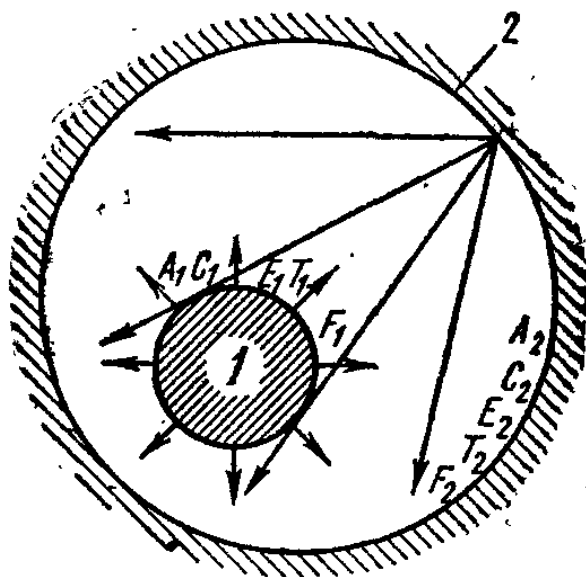
Keltirilgan nurlanish koefitsienti, agar temperatura ko'paytiruvchisi 1 K va har bir sirtning yuzasi $1m^2$ bo'lsa, 1-sirtidan 2-sirtga 1 s da uzatilayotgan nurlanish energiyasini bildiradi.

Demak, (2.7.9) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \varepsilon_k C_o \theta F = C_k \theta F [Vt] \quad (2.7.10)$$

Shunday qilib, nurli issiqlik almashinuvini jadalligini orttirish uchun ε_k va θ ni ya'ni issiqlik almashinuvida ishtirok etayotgan sirtlarning qoralik darajasini va temperaturalar farqini orttirish lozim.

Jism va uning qobig'i orasidagi nurli issiqlik almashinuvi. Texnikada, bir jism ikkinchi jism ichida joylashgan holdagi nurli issiqlik almashishini hisoblash kabi masalalar ko'p uchraydi (2.7.4-rasm).



2.7.4-rasm. Yopiq joyda jismlar orasidagi nurli issiqlik almashish sxemasi.

Ichki jism kattaliklarini $A_1, S_1, \varepsilon_1, T_1, F_1$ va tashqi jism kattaliklarini $A_2, S_2, \varepsilon_2, T_2, F_2$ orqali belgilaymiz. Parallel sirtlar o'rtasidagi issiqlik almashinuvidan farqli ravishda ichki jismga tashqi jism nurlanishidan faqat φ qismi tushadi xolos, energiyaning qolgan qismi $(1-\varphi)$ tashqi jismning sirtiga tushadi.

Ichki jismning effektiv nurlanishi o'zining nurlanishidan va tashqi jismdan tushgan nurlanishdan (buni ichki jism qaytaradi) tashkil topadi.

$$Y_{e_{1ef}} = E_1 F_1 + (1-A_1)\varphi E_{2ef}, \quad (2.7.11)$$

Tashqi jismning effektiv nurlanishi o'zining nurlanishidan, ichki jismdan qaytgan va o'zining nurlanishidan qaytgan energiyalardan tashkil topadi.

$$E_{2\varphi} = E_2 F_2 + (1-A_2)E_{1\varphi} + (1-A_2)(1-\varphi)E_{2\varphi} \quad (2.7.12)$$

Jismlar o'rtasidagi issiqlik almashinuvi kattaligi quyidagiga teng:

$$\varphi = E_{1ef} / Y_{e_{2ef}} \quad (2.7.13)$$

(2.7.11) va (2.7.12) tenglamalarni birgalikda yechib va $Y_{e_{1ef}}$ va $Y_{e_{2ef}}$ ni oxirgi tenglamaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2}(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0})} [(\frac{T_1}{100})^4 - (\frac{T_2}{100})^4] F_1 \quad (2.7.14)$$

$$C_k = \frac{1}{C_1 + \frac{F_1}{F_2}(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0})} \text{ deb belgilaymiz.}$$

U holda jism va uning qobig'i o'rtasidagi nurli issiqlik almashishi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$Q = C_k F_1 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \quad (2.7.15)$$

Agar C_k o'rniga jismlar tizimining keltirilgan qoralik darajasini qo'ysak, u holda (2.7.15) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2}(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1)} C_0 F_1 [(\frac{T_1}{100})^4 - (\frac{T_2}{100})^4] \quad (2.7.16)$$

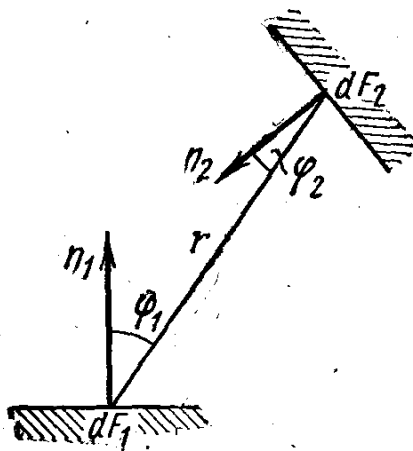
Agar $F_1 \ll F_2$ bo'lsa, u holda $F_1/F_2 \approx 0$ bo'ladi va $C_k = C_1$ bo'lib, issiqlik almashinuv tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q = C_1 F_1 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \quad (2.7.17)$$

Ixtiyoriy joylashgan jismlar. Ixtiyoriy joylashgan jismlar uchun nurli issiqlik almashinuv tenglamasini keltirib chiqarish juda qiyin bo'lib, bu masala faqat ba'zi sodda hollar uchun o'z yechimini topgan (2.8.5-rasm).

Ikkita ixtiyoriy joylashgan jismlar uchun nurli issiqlik almashishni quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$Q = \frac{C_1 C_2}{C_0} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_2,$$



2.7.5-rasm. Ixtiyoriy joylashgan jismlar uchun nurli issiqlik almashinuvi.

bunda $\frac{C_1 C_2}{C_0}$ – shu jismlar tizimining keltirilgan nurlanish koeffisienti;

$\int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_2$ – nurlanishning burchak koeffisienti.

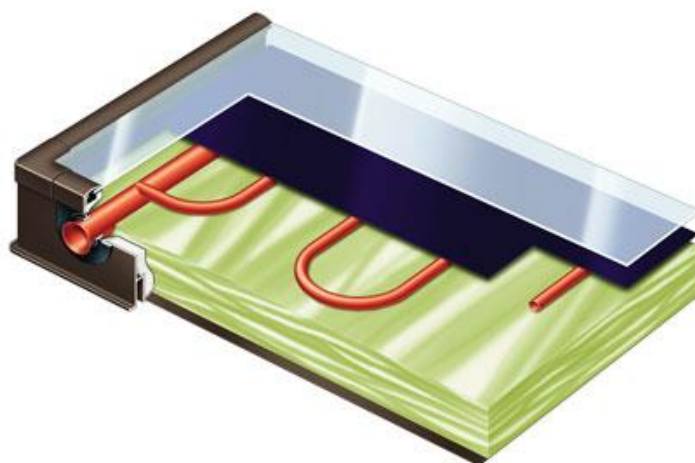
Bu kattalik nurlanayotgan jismlarning o'lchamiga, shakliga va o'zaro joylashishiga bog'liqdir. Burchak koeffisientni matematik hisoblash sodda hollar uchun ham qiyin bo'lib, uni asosan grafik usulda aniqlanadi. Texnik masalalarni yechishda, burchak koeffitsenti odatda jadvaldan olinadi.

III BOB. QUYOSH KOLLEKTORLARI VA KONSENTRATORLARI

3.1. Yassi quyosh kollektorlari. Yassi quyosh kollektorlarining asosiy elementlari

Yassi kollektor - ichki suv isitish va isitish tizimlarida ishlatiladigan quyosh kollektorining eng keng tarqalgan turi. Ushbu kollektor termo izolyatsiya qilingan shishali panel bo'lib, unda absorber plitasi joylashtiriladi. Absorber plyonka issiqlikni yaxshi o'tkazadigan metall dan (ko'pincha mis yoki alyuminiy) yasalgan. Mis ko'pincha ishlatiladi, chunki u issiqlikni yaxshi o'tkazadi va alyuminiydan ko'ra korroziyaga kamroq moyil bo'ladi. Absorber plastinkasi so'rilgan quyosh nurini yaxshiroq saqlaydigan maxsus yuqori selektiv qoplama bilan qoplanadi. Bu qoplama metall bazasiga qo'yilgan juda kuchli ingichka amorf yarim o'tkazgich qatlamidan iborat bo'lib, spektrning ko'rinadigan mintaqasida yuqori yutish qobiliyati va uzoq to'liqinli infraqizil mintaqada past emissivitiya bilan tavsiflanadi. Glazing tufayli (tekis kollektorlar odatda matdan foydalanadilar, faqat kam temir tarkibiga ega bo'lgan shishadan foydalanadi), issiqlik yo'qotilishi kamayadi. Kollektorning pastki va yon devorlari issiqlikni izolyatsiya qiluvchi material bilan qoplangan, bu esa issiqlik yo'qotilishini kamaytiradi.

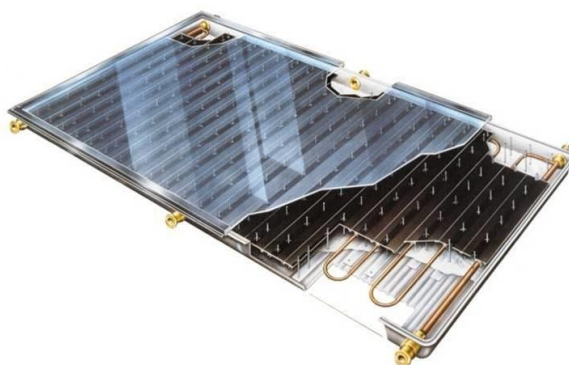
Yassi kollektorning ishlash prinsipi. Quyosh nurlari glazingdan o'tib, yutuvchi plitaga uriladi, u qizib ketadi, quyosh radiatsiyasini termik energiyaga aylantiradi. Ushbu issiqlik quyosh kollektori orqali aylanadigan suv yoki antifriz - sovutgichga o'tkaziladi. Sovutgich isitiladi va keyin issiqlik almashinuvchisi orqali issiqlik energiyasini kapazitiv suv isitgichidagi suvga beradi. Issiq suv ishlatilguncha unda bo'ladi. Bundan tashqari, agar harorat belgilangan haroratdan pastga tushsa (masalan, uzoq davom etadigan bulutli ob-havo tufayli) suvni belgilangan haroratgacha qizdirishi uchun elektr qo'yishni kapazitiv suv isitgichiga o'rnatish mumkin.



3.1.1-rasm. Yassi kollektor sxemasi.

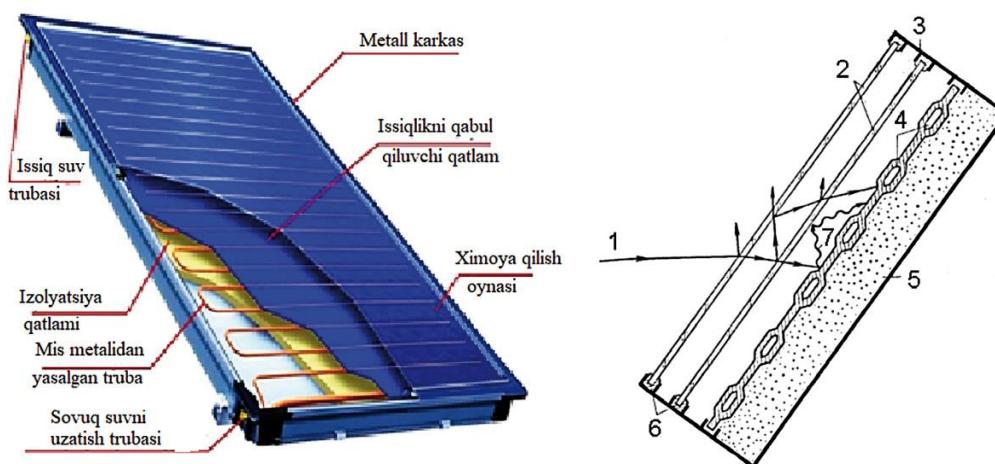
Vakuum yassi kollektor. Vakuumli suv isitgich-kollektorda quyosh radiatsiyasini yutuvchi qorong'u yuza bo'lgan hajm atrof-muhitdan vakuumli joy bilan ajratiladi. Bu esa issiqlik o'tkazuvchanligi va konveksiyasi tufayli atrof-muhitga issiqlik yo'qotilishini

deyarli butunlay yo'qotish imkonini beradi. Radiatsiya yo'qotishlari asosan selektiv qoplamadan foydalanish bilan bostiriladi. Vakuum kollektoridagi umumiy yo'qotish omili kichik bo'lganligi sababli, undagi sovutgich $120-160^{\circ}\text{C}$ haroratgacha qizdirilishi mumkin. Bunday kollektorlarning energiya yutilish koeffitsienti, vakuum darajasi 10-5 va 10-6 ga teng bo'lib, 98% ni tashkil etadi. Vakuum ko'rinishidagi izolyatsiya issiqlik yo'qolishidan qochadi.



3.1.2-rasm. Vakuum yassi kollektor.

Keng tarqalgan suyuqlikli yassi quyosh kollektori (3.1.3-rasm) issiqlik tashuvchi sirkulyatsiyasi uchun maxsus issiqlik yutuvchi metall list va unga biriktirilgan kanallar (absorber) dan tashkil topadi. Quyosh issiqlik nurlanishini yutuvchi absorberni yuqori qismida (bir qancha oraliqda) selektiv shaffof shisha qoplamasi bo'ladi. Konstruksiya hamma qismi korpusga biriktirilib pastki va yon tomondan issiqlik izolyatsion material bilan ta'minlanadi.



3.1.3-rasm. Yassi quyosh kollektorining konstruktiv tuzilishi: 1 – Quyosh nuri; 2 – oynali qobig‘; 3 – korpus; 4 – issiqlik qabul qilgich yuzasi (absorber); 5 – issiqlik izolyatori; 6 – mahkamlagich; 7 – xususiy to‘lqin uzunligi.

Shishaning nur o'tkazish xossasining yaxshilanishiga shisha yuzasini teksturalash, tarkibida temir materialini kamaytirish yordam beradi, uzun to'liqli nurlanishni ushlab turishga esa qo'shimcha ravishda shishaga qilingan selektiv qoplamalar ko'mak beradi. Odatda absorber paneli yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega materiallar (mis, alyuminiy) dan tayyorlanadi yoki qora rangga bo'yaladi,

shuningdek yuqori quyosh energiyasini yutilish koeffisientiga ega qora material bilan qoplanadi.

Agar issiqlik tashuvchi absorber bilan kontaktda bo'lsa, unda u bu energiyani oladi. Quyosh kollektori chiqish qismidagi foydali energiya 3 ta parametrga bog'liq: kollektor yuza tekisligidagi tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) I_T , kollektorga kirish qismida issiqlik tashuvchining o'rtacha harorati T_{kir} va atrof muhit harorati T_a .

Vaqt bo'yicha kollektorning yuza birligidan olinadigan foydali energiya quyidagi ifodadan topiladi ($Vt \cdot soat$).

$$Q_{yuza} = F_R A [I_T \tau \alpha - U_L (T_{kir} - T_a)] \quad (3.1.1)$$

Bu yerda A – kollektorning maydoni (m^2); F_R – kollektordan issiqlik uzatish koeffisienti I_T – kollektor yuza tekisligidagi tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) Vt/m^2 , τ – quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning o'tkazish koeffisienti, α – quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning yutish koeffisienti, U_L – kollektorda to'liq issiqlik yo'qotilishi koeffisienti, bu koeffisient shamol tezligiga, shaffof qoplamalar soniga va izolyatsion materiallarning xossasiga bog'liq.



3.1.4-rasm. Yassi quyosh kollektorining umumiy ko'rinishi.

Soddalashtirilgan varianti:

$$Q_{yuza} = G C_p (T_{kir} - T_a) \quad (3.1.2)$$

Bu yerda G – issiqlik tashuvchining solishtirma massa sarfi (kg/s), C_p – issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi (J/kgK). Mos ravishda geliokollektorning FIK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_{yuza}}{A I_T} \quad (3.1.3)$$

Issiqlik suv ta'minoti uchun iste'mol quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{istemol} = G C_p (T_{chiq} - T_{kir}) \quad (3.1.4)$$

3.2. Yassi quyosh kollektorlarining yorug'lik yutuvchi shaffof qoplamalarining optik xarakteristikalar

Shaffof elektr o'tkazuvchan qoplamalar

Ko'zga ko'ringan radiatsiyani uzatuvchi va infraqizil nurlanishni aks ettiruvchi shaffof issiqlikni aks ettiruvchi qoplamalar quyosh radiatsiyasi konverterlarida keng qo'llaniladi. Kollektor yuzasiga qo'llaniladigan absorbent qoplamalardan farqli o'laroq, shaffof izolyatsiyada shaffof issiqlik aks ettiruvchi qoplamalar yaratiladi. Issiqlik aks ettiruvchi qoplamalar quyosh radiatsiyasiga shaffof va infraqizil uchun aks ettiruvchi. Drude tomonidan tasvirlangan ideallashtirilgan elektr o'tkazuvchan issiqlikni aks ettiruvchi qoplamalar alohida qiziqish uyg'otadi, ularning optik xususiyatlari erkin elektronlar tufayli o'tkazuvchanlikka bog'liq, chunki bu qoplamalar plazma tebranishlarining ko'rsatkichli to'lqin uzunligidan kichikroq to'lqin uzunliklarida va uzoq to'lqinli radiatsiyaga nisbatan yuqori reflektorlikka ega.

Ko'rsatkichning joylashuvi va keskinligi erkin zaryad tashuvchilarning harakatchanligi va konsentratsiyasi bilan belgilanadi. Qalay qotishma oksidlari, indiyum oksidlari, indiyum va qalay oksidlari aralashmasi va kadmiy stannat kabi materiallar quyosh kollektorlarida shaffof issiqlik aks ettiruvchi qoplamalar sifatida foydalanish uchun juda istiqbolli hisoblanadi. Ushbu qoplamalar 300 ° C haroratgacha bo'lgan issiqlik barqarorligiga, shishaga yaxshi yopishqoqlikka ega, kimyoviy faol vositaga chidamli va kollektorning shaffof izolyatsiyasiga osongina qo'llaniladi.

Ushbu qoplama oddiy kollektorni juda samarali bo'lishga imkon beradi. Katta maydonlarni qoplama imkoniyati yaratildi. Ushbu sohadagi sa'y-harakatlar indium oksidlari va kadmiy stannat aralashmasi kabi istiqbolli materiallarni yanada rivojlantirishga, shuningdek, yangi materiallarni qidirishga qaratilishi kerak. So'nggi bir necha yil ichida quyosh panellarining faol tarkibiy qismlari sifatida shaffof elektr o'tkazuvchan qoplamalardan foydalanishga alohida qiziqish paydo bo'ldi, chunki bunday quyosh panellari yordamida arzon katta hajmdagi quyosh radiatsiyasi konvertatorlarini yaratish mumkin. Bunday elementlarning narxining pasayishi o'tish usuli va maxsus uyg'otish qatlamlarini qo'llash zarurati yo'qligi bilan bog'lanadi. ITO-Si strukturasi elementlari bo'yicha energiya almashinuvi samaradorligi 13% bo'lgan adabiyotlar mavjud.

Ushbu elementlarni ishlab chiqarish texnologiyasi past haroratli jarayonlarni o'z ichiga olganligi sababli kelajakda polikristalin silikonidan foydalanish mumkin. Keyingi o'zgarishlar quyosh energiyasini konversiya qilish samaradorligi 10%, quyosh hujayralarida oksid yarimo'tkazgich - izolyator - polikristalin silikonining tuzilishiga erishishga qaratilgan bo'lishi kerak. Yuqori energiya almashinuvi samaradorligiga erishish uchun stoichiometrik kompozitsion juda nozik oksidli plastinkalarini yaratish usullarini ishlab chiqish kerak.

Joylashtirish usuli bilan olinadigan qoplamalar

Past haroratli quyosh kollektorlarida (150 - 300 ° C haroratda) foydalanish uchun eng istiqbolli absorbent qoplamalar nikel-rux sulfidli qora nikel va qora xromdan tayyorlangan qoplamalar bo'lib, ular xrom va xrom oksidlari aralashmasi hisoblanadi. Hozirgi vaqtda nikel substratlarga joylashtirilgan qora nikel qoplamalarining α va ε eng yuqori qiymatlari mos ravishda 0,95 va 0,07 ni tashkil etadi. Ushbu qoplamalar vakuumda 300 °C gacha barqarordir. Ular, shuningdek, vakuumda ultrabinafsha nurlanishga chidamli, ammo havo ta'sirida beqaror. Biroq, bu qoplamalar yuqori harorat va namlik ta'sirida yomonlashadi. Qora xrom qoplamalari yaxshi optik xususiyatlarga ega ($\alpha = 0,95$ va $\varepsilon = 0,09$) va eng chidamli hisoblanadi. Qalinligi 12,7 mikron bo'lgan nikel sublayerga qo'llaniladigan bunday qoplama 20 yildan ortiq xizmat muddatiga ega. Biroq, nikel qatlami qoplama narxini sezilarli darajada oshiradi (nikel qatlami narxi qoplamaning umumiy qiymatining yarmiga teng). Qora xrom qoplamasi tezkor bo'lishi uchun kelajakda nikel qatlami uchun arzon almashtirishni topish kerak. Bundan tashqari, ushbu qoplamalarning uzoq muddatli dala sinovlari talab qilinadi. Eng arzon elektrokimyoviy qoplama temir substratdagi temir oksid qoplamasi hisoblanadi. Bu qoplamaning optik xossalari quyidagicha: $\alpha = 0,85$ va $\varepsilon = 0,1$. Organik qoplamalar qo'llanilganda uning kuchi sezilarli darajada oshadi, shuning uchun bu material past haroratlarda foydalanishga va'da bermoqda.

Bo'yoq qoplamalari

So'nggi vaqtlarda katta hududning past haroratli quyosh kollektorlari uchun arzon qoplamalar sifatida bo'yoqlarga alohida e'tibor qaratildi. Selektiv siyohlar spektrining IR hududida shaffof bo'lgan termik barqaror bog'lovchida taqsimlangan yarim o'tkazgichli material zarralaridan iborat. Selektiv siyohlarning optik xususiyatlari bo'yoqlarning optik xususiyatlari, zarracha o'lchamlari va bo'yoq-bog'lovchi kompozit materialning ichida bir nechta tarqalish bilan aniqlanadi. O'rganilgan bo'yoqlardan temir-marganets-mis oksidi eng yaxshi optik xossaga ega.

Bu metall oksidi asosidagi selektiv qoplamalar $\alpha = 0,92$ va $\varepsilon = 0,13$ silikon rezina va $\alpha = 0,90$ va $\varepsilon = 0,10$ ga bog'lovchi sifatida poliuretan bilan ega. Quyosh spektridagi selektiv bo'yoqlarning optik xususiyatlari quyosh radiatsiyasiga nisbatan bo'yoqning yutish qobiliyatiga, qoplama qalinligiga va bo'yoqning hajm konsentratsiyasiga bog'liq. Ushbu parametrlarni optimallashtirish uchun qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazish kerak. Bog'lovchilar spektrining IR hududida so'rilishi sababli, bo'yoq qoplamalari yuqori darajada qora rangga ega. Pigmenting va bog'lamlarning optik xususiyatlarini yaxshilash kerak.

Organik bog'lovchilar tufayli ekologik ta'sirga selektiv bo'yoqlarning qarshiligi ortadi, ammo bu qoplamalar juda kam mexanik kuchga ega. Bo'yoqlardan

qoplamalarning yopishqoqligini yaxshilash kerak. Hozirda bo'yoq qoplamalarining atmosfera va namlik ta'siriga qarshiligi, shuningdek, ularning termal velosipedga chidamliligi haqida juda kam ma'lum. Ushbu qoplamalardan foydalanish imkoniyatlarini bilish uchun ularning uzoq muddatli to'liq hajmdagi testlarini o'tkazish kerak. Ularni ishlab chiqarish texnologiyasini keng miqyosda ishlab chiqish kerak. Quyosh qurilmalaridagi eng istiqbolli selektiv qoplamalar bo'yoq sifatida metall kukunlar bilan bo'yoqlardir, ammo ularning optik xususiyatlarini yaxshilash va imkoniyatlarini aniqlash uchun yana bir kuch sinovlarini o'tkazish zarur.

Yuqori haroratli selektiv qoplamalar

So'nggi bir necha yil ichida izolyatsiyalovchi matritsalariga kiritilgan juda kichik metall zarralardan iborat kompozit materiallardan tayyorlangan filmlarga katta e'tibor qaratildi, chunki ular yuqori haroratli selektiv qoplamalar sifatida ishlatilishi mumkin. Qora xromning selektiv qoplamalarini rentgen difraksiyasi bo'yicha o'zlashtirishni o'rganishda ushbu materialning Cr_2O_3 va amorf silikonlari polikristallaridan iborat ekanligi aniqlandi. Yuqori haroratlarda amorf silikon kristallanish tufayli qoplamalar optik xususiyatlari yomonlashadi. Optik xossalarning yomonlashuviga ham xromning havoda 350°C da oksidlanishi sabab bo'ladi. MgO -Au cermet filmlari 400°C haroratgacha barqaror. Filmlarning tuzilishini o'rganayotganda MgO ham, Au ham 200 Å dan kam bo'lgan o'lchamlari bo'lgan kristallitlar shakliga ega ekanligi aniqlandi. Cermet IR radiatsiyasiga nisbatan yetarli darajada shaffoflikka va metall bazasi tufayli past darajada qoralikka ega. $A = 0,9$ va $\varepsilon = 0,1$ bo'lgan qoplamalar eng yaxshi optik xususiyatlarga ega.

Kompozitsion filmlar $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$, elektron chiroq bug'lashtiruvchi yordamida metall va dielektrikning bir vaqtning o'zida bug'lanishi usuli bilan ishlangan, 500°C gacha bo'lgan haroratgacha mustahkamlikka ega edi. Eng yuqori optik xususiyatlar $\text{Ni} - \text{Al}_2\text{O}_3$ filmlari uchun olingan ($a = 0,94$, $\varepsilon = 0,1$). Hozirda sermet filmlari bo'yicha eksperimental ma'lumotlar kamdan-kam e'lon qilingan, shuning uchun ularni operatsion sharoitlarda qo'shimcha o'rganish zarur.

Agar kompozitsion filmlarni tashkil etuvchi zarralar radiatsiyaning to'liq uzunligiga qaraganda kichik bo'lsa va bir-biridan yetarli masofada joylashgan bo'lsa, mustaqil tarqalish ta'minlanishi uchun, u holda bu holda lorentz korreksiya mahalliy maydon va massiv materialning optik konstantalari uchun ishlatishingiz va eksperimental ma'lumotlarni tushuntirish uchun Maksvell-Garnet nazariyasini qo'llashingiz mumkin. $\text{Ni}-\text{Al}_2\text{O}_3$ va $\text{W}-\text{MgO}$ cermet filmlarining optik xususiyatlari Maksvell-Garnet nazariyasiga ko'ra hisob-kitoblar natijalariga yaxshi mos keladi, ammo $\text{Au}-\text{MgO}$ filmining xususiyatlari yo'q. Bu og'ish zarrachalar o'zaro ta'siri va ko'p tarqalish ta'siridan, zarralarning hajmi va shakli va sermet tarkibiy qismlarining nisbiy hajmidan kelib chiqqan bo'lishi mumkin.

Magnetron purkash

Magnetron purkash selektiv yuzalarni yaratishning istiqbolli usuli hisoblanadi. Uning mohiyati shundaki, magnit maydon katod yuzasiga parallel ravishda qo'llaniladi. Magnit maydon ma'lum bir bosimda gazning ionlanishini oshiradi, bu esa tushirishning pastroq bosimda paydo bo'lishiga olib keladi va shuning uchun qoplamaning tezligi va samaradorligini oshiradi. Qoplama materiallari bug' fazasiga kimyoviy yoki termal jarayon tufayli emas, balki mexanik impulsning uzatilishi tufayli kirganligi sababli, ushbu usul yordamida deyarli har qanday material qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, purkagichning chiqishi ancha barqaror va yaxshi nazorat qilinadi. Konsentratsion kollektorda foydalanish uchun quvurli qismlar uchta qatlam bilan qoplanishi mumkin: oksid - metall - oksid. Cho'kish, ayniqsa, bunday qoplamalarni yaratish uchun istiqbolli hisoblanadi, chunki u o'rtacha cho'kish tezligida juda katta maydonlarda qoplama olish imkonini beradi. Biroq, katta maydonlarni qoplash xarajatlarini kamaytirish uchun ushbu usulni yanada rivojlantirish kerak.

3.3. Quyosh konsentratorlari va pechlari

Quyosh nurlanishi konsentratorlari – quyosh nurlarini yo'nalishini o'zgartirib ularni biror nur yutgichga tushiradigan optik tizimlardir. Konsentratorlarni yasash uchun botiq ko'zgular va linzalardan foydalanish mumkin. Ammo texnologik va iqtisodiy nuqtayi nazardan ko'zgular linzalarga nisbatan ancha afzal hisoblanadi. Shu sababli ham biz asosan ko'zguli konsentratorlarga to'xtalamiz (3.3.1-rasm). Konsentrator sirtining quyosh nurlariga tik tekislikga proeksiyasini S_k , nur yutgich sirtini S_p va nurning konsentrator sirtidan oynaviy qaytish koeffisientini R_{oy} bilan belgilaylik. $S_k > S_p$ holda konsentratsiyalash mavjud bo'ladi. Bu holda nur yutgichdagi E_{qr} o'rtacha oqim zichligi:

$$E_{qr} = E_q R_{oy} \frac{S_k}{S_p} \quad (3.3.1)$$

ga teng bo'ladi. Bundan, o'lchamsiz o'rtacha oqim zichligi yoki konsentratsiya K quyidagicha bo'ladi:

$$K = \frac{E_{qr}}{E_q R_{oy}} \quad (3.3.2)$$

yoki (3.3.1) ni e'tiborga olsak,

$$K = \frac{E_{qr}}{E_q R_{oy}} = \frac{S_k}{S_p} \quad (3.3.3)$$

Konsentratsiya tushunchasi nur yutgichdagi butun quyosh dog'iga nisbatan ishlatilganda S bilan, uning qismlariga nisbatan ishlatilganda K bilan belgilanishi kelishilgan. Konsentratorlarga oid hisoblash usullari geometric optika va fotometriya

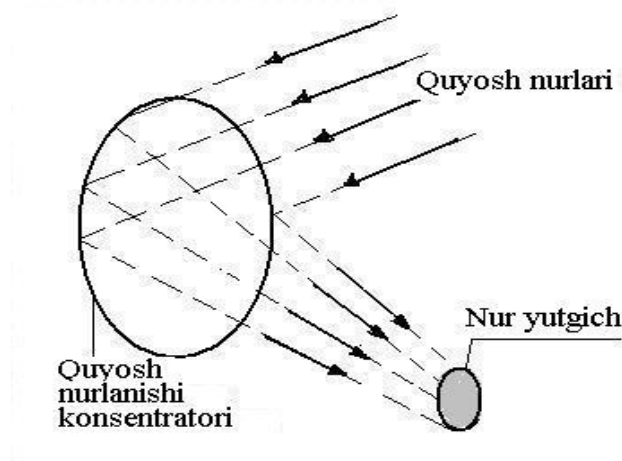
tushunchalariga asoslanadi. Konsentratorning konsentratsiyalash darajasi va fokal dog‘da hosil bo‘luvchi temperaturani hisoblash usullaridan biri optik-geometrik usul bo‘lib, unda dastlab energiyaning balans tenglamasiga murojaat qilinadi:

$$\Phi_p = \Phi_k \cdot \Phi_{oyn} \quad (3.3.4)$$

bu yerda, Φ_p va Φ_k – mos ravishda nur yutgich va konsentratorga tushuvchi nur oqimi; Nur yutgich konsentratoridan yo‘nalgan nur oqimini butkul qabul qilib oladigan o‘lchamga ega deb qaraymiz. U holda asosiy tenglama:

$$C_m = \frac{E_{qr}}{E_q R_{oyn}} \quad (3.3.5)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bu usul asosida E_{qr} o‘rtacha oqim zichligi aniqlanadi va konsentrator gabariti bilan nur yutgich orasidagi bog‘liqlik o‘rnatiladi. Paraboloid konsentrator–yassi nur yutgich (nur yutgich fokal tekislikda joylashgan) tizimi uchun (3.3.4) bog‘lanish ko‘rinishini qarab chiqaylik.



3.3.1-rasm. Quyosh nurlanishi konsentratorining ishlash sxemasi.

Ma‘lumki, markazi parabolaning cho‘qqisida joylashgan Dekart koordinatalari bo‘yicha parabola tenglamasi

$$R^2 = 2pz \quad (3.3.6)$$

edi. Bu yerda, r – paraboloidning fokal parametri ($p = 2f$). paraboloid sirt uchun $R^2 = x^2 + y^2$; x, y, z – sirt nuqtalari koordinatlari; markazi F fokusda joylashgan qutb koordinata tizimsida

$$\rho = p(1 + \cos U) \quad (3.3.7)$$

Quyosh nurlari parabolaning optik o‘qiga parallel holda tushayotgan bo‘lsin. Ma‘lumki Quyosh Yer uchun $\phi_0 = 16'$ burchak radiusli yorug‘lik manbasi hisoblanadi.

Paraboloid proeksiyasining yuzasi $S_k = \pi R^2$

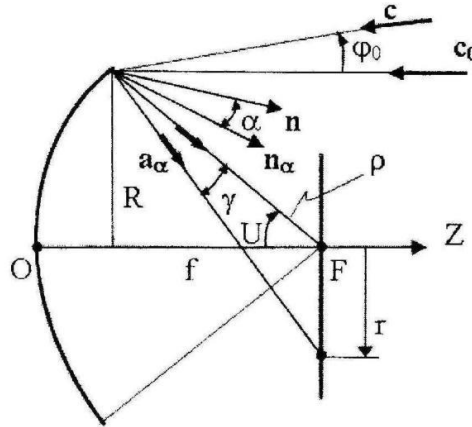
Nur yutgichning yuzasi $S_p = \pi r^2$

Shuningdek, 3.3.2-rasmdan $R = \rho \sin U$

$$r = \frac{\rho \gamma}{\cos U + \gamma}$$

bu yerda, $\gamma = \varphi_0 + 2\alpha$. Buni (3.3.5) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$C_m = \frac{\sin^2 U_0 \cos^2 (U_0 + \varphi_0 + 2\alpha)}{(\varphi_0 + 2\alpha)^2} \quad (3.3.8)$$



3.3.2-rasm. Yassi nur yutgichi fokal tekislikda joylashgan paraboloid konsentrator sxemasi.

Shunga mos ravishda parabolosilindrik konsentrator (PSK) uchun

$$C_m = \sin U_0 \cos \left(\frac{U_0 + \varphi_0 + 2\alpha}{\varphi_0 + 2\alpha} \right) \quad (3.3.9)$$

tenglamani olamiz.

Konsentratsiyaning eng katta qiymati C_m ni aniqlash uchun

$$\frac{\partial C_m}{\partial U_0} = 0$$

tenglamadan foydalaniladi.

Misol sifatida uni parabolosilindrik konsentrator uchun qo'llaylik. Aniqlik uchun $\cos(U_0 + \varphi_0 + 2\alpha)$ ifodani ochamiz:

$$\cos(U_0 + \varphi_0 + 2\alpha) = \cos U_0 - \gamma \sin U_0$$

(3.3.9) ni difrensiallab va $U_0 > 0$ ekanligini e'tiborga olib,

$$\operatorname{tg} U_0 = (1 + \gamma^2)^{0,5} - \gamma$$

ga ega bo'lamiz. γ ning kichikligini hisobga olsak, $\operatorname{tg} U_0 = 1$ bo'ladi yoki optimal burchak $U_0 = 45^\circ$. Demak, parabolosilindrik konsentrator (PSK) uchun

$$C_m = \frac{1}{2\gamma} \approx 107,5$$

Shunga o'xshash, paraboloid konsentrator (PK) uchun $U_0 = 45^\circ$ va

$$C_m = \left(\frac{1}{2\gamma}\right)^2 \approx 11562$$

Konsentrator sirtiga yo'nalgan to'g'ri quyosh radiatsiyasining intensivligi $Q_0=800 \text{ W/m}^2$ bo'lganda, fokal dog'dagi intensivlik

$$Q=C_m \cdot Q_0=11562 \cdot 800 \text{ Wt/m}^2=9,25 \cdot 10^6 \text{ Wt/m}^2$$

bo'ladi. Stefan-Boltsman qonuniga ko'ra absolyut qora jismning nurlanish energiyasi absolyut temperaturaning 4-darajasiga to'g'ri mutanosibdir:

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4$$

Absolyut qora jism uchun $\varepsilon = 1$; Stefan-Bolsman doimiysi $\sigma_0=5,672 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$; Yuqoridagilarni inobatga olib,

$$C_m \cdot Q_0 = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4$$

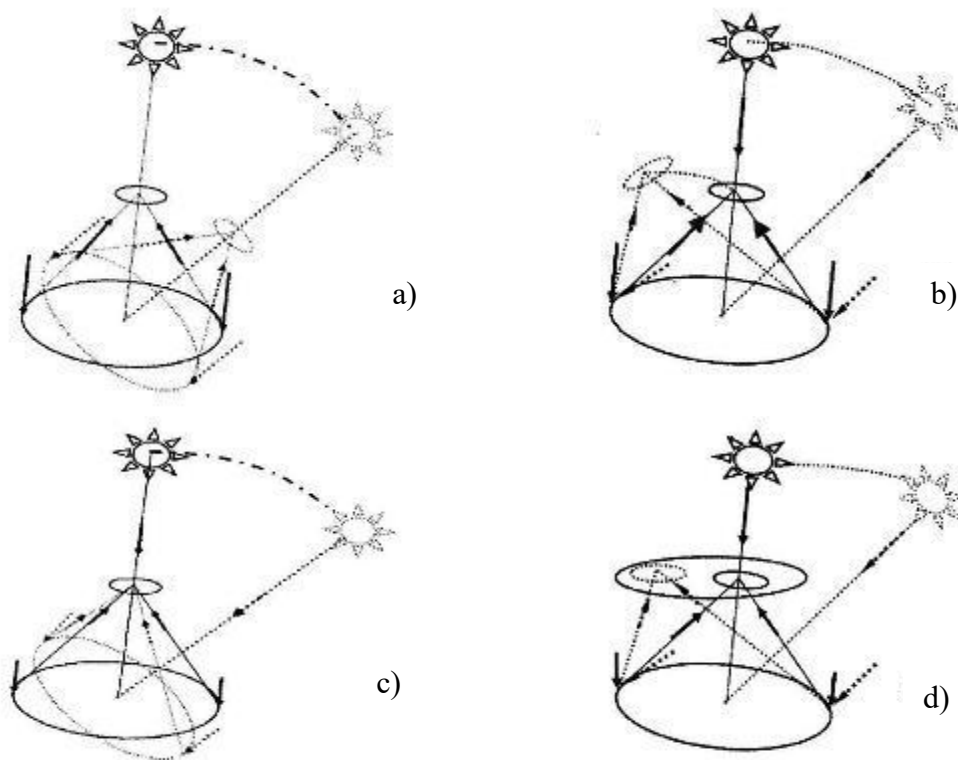
deb yozamiz. Bundan nur yutgichdagi absolyut temperatura

$$T = \sqrt[4]{\frac{C_m Q_0}{\varepsilon \sigma_0}} = \sqrt[4]{\frac{9,25 \cdot 10^6 \text{ Wt/m}^2}{5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Wt/m}^2\text{K}^4}} = 3573 \text{ K}$$

bo'lishligi kelib chiqadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, ideal holatda ham konsentratorlarning fokal tekisligidagi nur yutgich temperaturasi Quyosh sirtining temperaturasiga ya'ni 5800 K ga yetkazib bo'lmaydi.

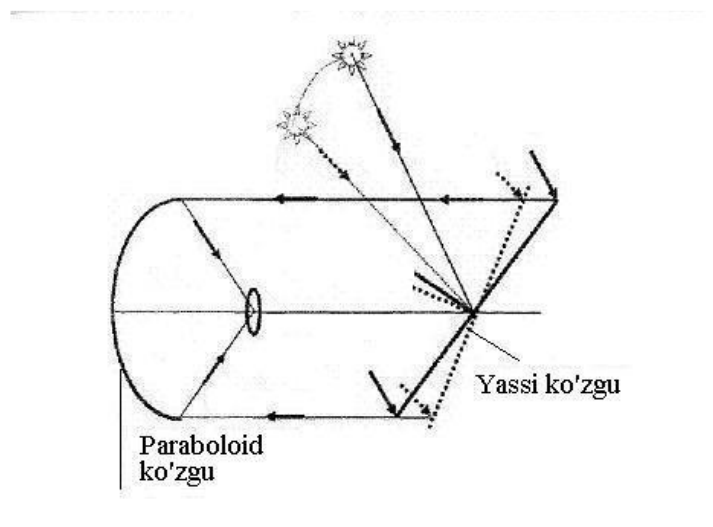
Quyosh nurlarini qaytaruvchi sirtining geometrik tuzilishiga ko'ra konsentratorlar paraboloid, parabolosilindrik, ellipsosilindrik va konussimon bo'lishi mumkin. Lekin, amalda paraboloid va parabolosilindrik shakldagi konsentratorlar ko'proq ko'larga ega. Ko'zgular sirti nihoyatda silliqqlangan va yupqa kumush yoki aluminiy qatlami bilan qoplangan shishadan, A95 markali sof aluminiy va hatto polimer materiallardan termik, mexanik va kimyoviy ishlov berish yo'li bilan tayyorlanadi. Bunday ko'zgularning nur qaytarish koeffisienti $\rho= 0,85 \div 0,90$ atrofida bo'ladi. Quyosh nurlanish konsentratorlarini undagi ko'zgular soniga qarab bir ko'zguli va ko'p ko'zguli turlarga ajratish mumkin. Bir ko'zguli konsentratorlarni qo'llanishiga xos optik sxemalar 63-rasmda ko'rsatilgan.



3.3.3-rasm. Bir ko‘zguli quyosh nurlanish konsentratorlarining optik sxemasi:
 a)–konsentrator va nur yutgich o‘zaro bog‘langan va quyoshning ko‘rinma harakati bo‘yicha harakatlanadi; b–konsentrator qo‘zg‘almas, nur yutgich siljuvchan; c)–konsentrator siljuvchan, nur yutgich qo‘zg‘almas; d)–konsentrator va nur yutgich qo‘zg‘almas.

Ancha yuqori ishchi temperaturani hosil qilish uchun mukammal texnika yordamida bevosita Quyoshning ko‘rinma harakati bo‘yicha siljib turuvchi bir ko‘zguli sxemalardan foydalanish talab etiladi. Bunday sxema fransuz olimlari tomonidan Jazoirda qurilgan 8,4 m diametrli “Geliodin” quyosh pechida qo‘llanilgan. *a*-sxemadan foydalanganda konsentratorning nur qaytaruvchi sirtidan eng katta samara olinadi, ammo uni katta o‘lchamda tayyorlashda texnik chegaralanishlar mavjud. *b*-sxemada konsentrator o‘lchamlariga chegara qo‘yilmaydi, lekin bunda konsentratsiyalash darajasi past va konsentratorning qaytaruvchi sirtidan unumli foydalanib bo‘lmaydi. *c*-sxema prinsip jihatidan yaxshi ko‘rsatkich berishi mumkin, lekin bunda ham *a*-sxemadagi kabi gabaritga cheklovlar mavjud. Amalda u jamlangan nurlanishni umumiy qo‘zg‘almas nur yutgichga yo‘naltiruvchi alohida konsentratorlardan iborat tizim sifatida yasaladi. *d*-sxema konsentratorni Quyoshning ko‘rinma harakati izidan ergashtiruvchi tayanch – burovchi moslamalarga zarurat yo‘qligi bilan eng maqbul konstruksiya hisoblanadi. Ammo, bu sxemada ishlovchi tizimda erishiladigan konsentratsiya darajasi past (3–5 atrofida) bo‘lib, nurlar dog‘i nur yutgich sirti bo‘ylab siljib turadi. Bu tizimlar past temperaturali quyosh qurilmalarining samaradorligini va eng asosiysi ulardagi ishchi temperaturani oshirishda (100 °Cgacha) asqotadi. Tashqi

o'lchamlarga nisbatan cheklovlarni yo'qotish va yuqori konsentratsiyalarni hosil qilish uchun ko'p ko'zguli optik sxemalar qo'llaniladi. Bunday sxemalarning tipik bir misoli sifatida ikki ko'zguli "Geliostat- paraboloid" tizimining optik sxemasi 3.3.4-rasmda ko'rsatilgan.

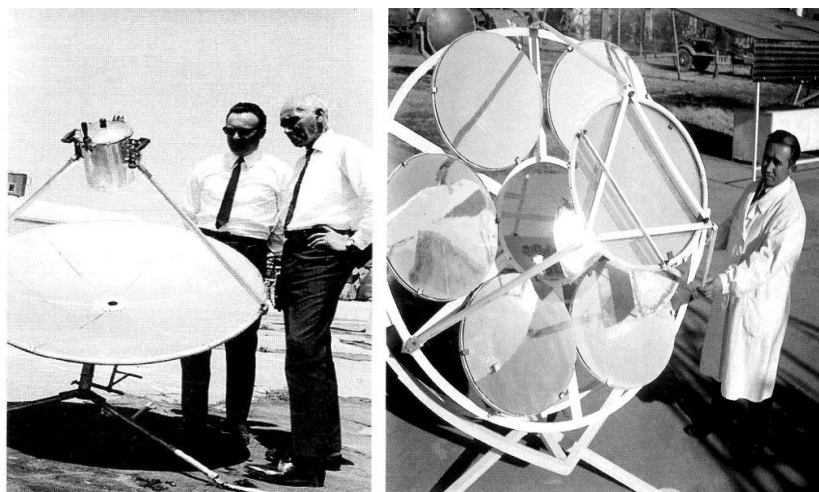


3.3.4-rasm. Ikki ko'zguli quyosh nurlanish konsentratorining optik sxemasi.

Konsentratorlarni yaxlit va fasetali turlarga ajratish mumkin. Yaxlit tipdagi konsentratorlarning quyosh nurlarini qaytaruvchi silliq sirti yaxlit holatda bo'lib, uning barcha nuqtalaridan qaytuvchi nurlar nur yutgichning aniq bir geometrik sohasiga yo'naladi. Ma'lumki, fokal tekislikda to'planadigan energiyaning miqdori konsentratorni nur qaytaruvchi sirtining o'lchamlariga bevosita bog'liq bo'ladi. Ko'proq miqdordagi energiya to'planishi uchun diametri kattaroq konsentratorlarni yasash talab etiladi. Lekin, katta diametrli yaxlit ko'zgular yasash uchun ko'p vaqt (elektr pechlarda bukilgan ko'zgu optik va mexanik jihatdan pishiq bo'lishi uchun bir necha oy davomida sekin sovutiladi) va mablag'ni talab qiladi. Yaxlit konsentratorning o'lchami kattalashib borgan sayin uni o'rnatish va boshqarish qiyinlashadi, shamol ta'sirida zo'riqishlar va deformatsiyalanishlar yuzaga keladi, ta'mirlash ishlari qiyin va qimmat kechadi.

Fasetali konsentratorlarda quyosh nurlarini yig'uvchi sirt bir qancha yaxlit sirtli kichik elementlardan (fasetalardan) tashkil topadi. Bunda barcha fasetalar quyosh nurlarini qaytarib nur yutgichning birta geometrik sohasiga yoki alohida fasetaga yoki fasetalar guruhi nur yutgichning belgilangan turli geometrik sohalariga yo'naltiradi. Fasetali konsentratorlarni yasashdagi asosiy qiyinchilik fasetalarni to'g'ri joylashtirish va har bir fasetani Quyoshga tomon yo'naltirib, qaytgan nurni fokusga to'g'rilash-yustirovka etishdir.

1946-yilda G.M.Krijjanovski nomidagi Moskva energetika instituti ilmiy xodimi F.Molaro loyihasi asosida Toshkentdagi konserva zavodi binosining tomonida 10 metr diametrli paraboloid konsentrator ishga tushirildi.



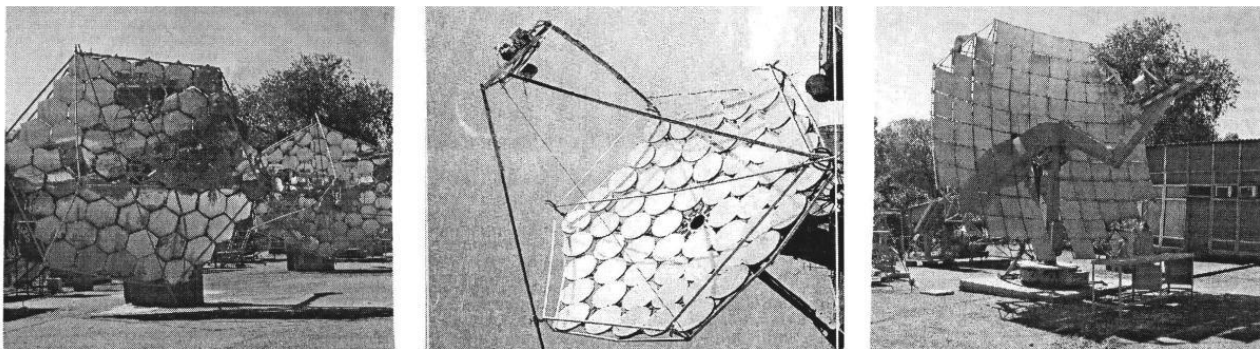
a)

b)

3.3.5-rasm. a) Quyosh oshxonasining sinovi (Moskvalik geliotexniklar Yu.N.Malevskiy va B.A. Garf. Toshkent. 1970-y.); b) Yig'ilgan quyosh nurlari bilan o'simlik urug'larini nurlantirish qurilmasi (O'zFA FTI).

O'z davrida o'lchami va nurlarni to'plash aniqligini yuqoriligi bo'yicha dunyoda tengi bo'lmagan ushbu quyosh nurlanishi konsentratorining asosi temir-beton bo'lib, uning sirtiga ko'p sondagi shisha ko'zgu bo'laklari yelimlangan edi. Qurilma fokusidagi temperatura $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ortardi. Ammo, shisha ko'zgu va yelimlarning issiqlikdan chiziqli kengayish koeffisientlari turlichaligi sababli ko'zgularning temir-beton asosdan ko'chishi va sinishi ro'y berdi. Bunday kamchiliklarni e'tiborga olgan holda O'zbekiston FA fizika-texnika institutida G.Yo.Umarov rahbarligida 1960–1967 yillarda diametrlari 1,50, 2 va 5 metrdan bo'lgan bir nechta metall asosga ega fasetali quyosh nurlanish konsentratorlari bunyod etildi va sinovdan o'tkazildi (3.3.6-rasm). Bu konsentratorlarda maxsus elektr pechlarda shishadan tayyorlangan doira, olti qirrali, trapetsiya va tasmasimon shakldagi fasetalar o'rnatilib, qiyosiy tajribalar o'tkazildi. Bir xil sharoitda o'tkazilgan tajribalar quyosh nurlari tushuvchi yuza bir xil ($19,63\text{ m}^2$) bo'lgani holda, doira shaklidagi 60 dona fasetalar o'rnatilib yasalgan 5 metr diametrli konsentratorning issiqlik quvvati $7,7\text{ kW}$ va f.i.k. 0,69 ni, xuddi shunday, lekin 6 qirrali fasetalar o'rnatilgan boshqa konsentratorning quvvati 9 kW va f.i.k. 0,71 ni tashkil etishini ko'rsatgan. Chunki birinchi holda foydali sirt $14,25\text{ m}^2$ ni, ikkinchisida esa $16,2\text{ m}^2$ ni tashkil etgan. Demak, 6 qirra fasetali konsentratorlar doiraviy fasetali konsentratorlarga nisbatan texnologik va iqtisodiy jihatdan afzalroqdir.

Parabolik konsentratorlar quyosh nurlarini fokal tekislikda bir necha ming marta jamlash imkonini beradi. Ular alohida qurilma sifatida, shuningdek birta iste'molchini ta'minlash uchun guruhlariga birlashgan holda qo'llanilishi mumkin. Parabolik konsentrator alohida ishlaganida uning fokusida energiyani issiqlik dvigateliga (Stirling dvigateliga) uzatuvchi nur yutgich o'rnatiladi. Kaliforniyada tushlik paytdagi quyosh radiatsiyasi sharoitida bunday qurilmaning f.i.k. 40 foizdan yuqori bo'lishiga erishilgan.



3.3.6-rasm. Fasetali quyosh konsentratorlari (O'zFA FTI).

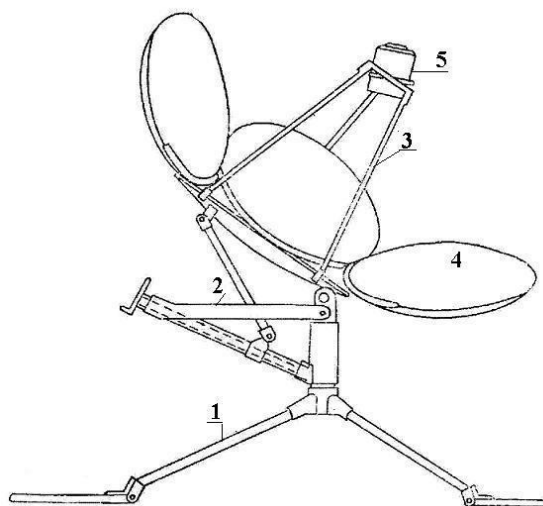
Bunday qurilmalarning birlik quvvati konsentrator aperturasi diametriga bog'liq. Hozirgi paytda tajribaviy qurilmalarda apertura diametri 15 metrgacha bo'lgan konsentratorlar qo'llanilmoqda. 800 Vt/m^2 quyosh nurlanishi sharoitida bu qurilmalarning quvvati 50 kW gacha etmoqda. Bu qurilmalarga xos asosiy kamchilik shuki, ularni doimiy ravishda Quyoshning ko'rinma harakatiga mos ravishda ikki koordinat bo'yicha siljitish talab yetiladi. Shu bilan birga Stirling dvigateli ancha murakkab mashina bo'lib, unga xizmat ko'rsatuvchilar yetarli malakaga ega bo'lishlari kerak.

AQSh va Ispaniyada parabolik konsentratorli guruhlashtirilgan qurilmalar mavjud. Har bir parabolik konsentratorning fokal dog'ida ichidan issiqlik tashuvchi modda oqib o'tuvchi gelio nuryutgich o'rnatilgan. Alohida paraboloidlar issiqlik tashuvchi bo'yicha ketma-ket va parallel ulangan. Qizigan va yig'ilgan issiqlik tashuvchi modda issiqlikni bug'-kuch siklining ishchi jismiga beradi. Guruh qurilmalarning samaradorligi yetarlicha yuqori, ammo shu bilan birga paraboloidlarni fokuslash jarayonida ichidan issiqlik tashuvchi modda oquvchi quvurlarni ham siljishini ta'minlash bilan bog'liq o'ziga xos qiyinchiliklar mavjud.

Kichik diametrli quyosh konsentratorlaridan suv va sut qaynatish, ovqat pishirish, kofe tayyorlash, sho'r suvni bug'latish yo'li bilan chuchuk suv olish, o'simlik urug'larini impulsli nurlantirish (3.3.5-rasm) kabi ishlarda foydalanish mumkin bo'lsa, katta diametrli konsentratorlar metallarni payvandlash, qiyin eruvchi moddalarni eritish va boshqa texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun yuqori temperaturali pech vazifasini bajaradi.

Konsentratorlarni yasash uchun ko'p miqdorda metall talab etiladiki, bu albatta uning vazni va narxiga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Shu sababli ham nurlarni qaytaruvchi sirt sifatida metallashtirilgan lavsan plyonka va asos sifatida penoplast, penopolistirol, penopoliuretan kabi polimer materiallardan foydalanib konsentratorlar yaratishga e'tibor berilmoqda. O'zFA fizika-texnika institutida metallashtirilgan polietilenterafitelat plyonkadan yasalgan 2 metr diametrli konsentratorning massasi bor-yo'g'i 3 kg bo'lib, yoz kunlarida uning fokal tekisligida energiya zichligi $4,3 \text{ kW/m}^2$ ga, temperatura esa 1700 K ga yetadi. 1,5–2 m diametrli paraboloid

konsentratorlardan choy qaynatish va ovqat pishirishda foydalanish mumkin. MSK-1, MSK-3, SFK-1, KS-8 va O‘zFA fizika-texnika institutida yaratilgan QQ-7F kabi “quyosh qozon”lari shular jumlasidandir. 3.3.7-rasmda QQ-7F tipidagi “quyosh qozoni” sxemasi keltirilgan. Qurilma metall asosga biriktirilgan va burish mexanizmi vositasida gorizontaal va vertikal tekislik bo‘ylab siljiydigan 7 dona aluminiy fasetaga ega (chizmada mexanizmlarning yaqqolroq ko‘rinishi uchun barcha fasetalar ko‘rsatilmagan). Fasetalarning yuzasi $1,72 \text{ m}^2$ (har biriniki $0,246 \text{ m}^2$) bo‘lib, ularning barchasi quyosh nurlarini qaytarib fokal tekislikda o‘rnatilgan qopqoqli idish tubiga yo‘naltiradi. Qurilma har 10–15 minutda burish mexanizmi vositasida Quyoshga tomon yo‘naltirilib turiladi. Yoz kunlarida qurilma yarim soatda 3–3,5 litr suvni qaynatishi va taxminan 1–1,5 soatda ovqat tayyorlash imkonini beradi. Bitta quyosh qozonidan foydalanilganda har yili 350–400 kg shartli yoqilg‘iga teng miqdorda yoqilg‘i tejiladi.



3.3.7-rasm. QQ-7F tipidagi “quyosh qozoni” sxemasi: 1–uch oyoqli taglik; 2–quyoshga tomon burish mexanizmi; 3–idish tutqich moslama; 4–aluminiy fasetalar; 5–idish (qozon, metall choynak, tova va h.k.).

Parabolasilindrik konsentratorlarning quyosh nurlarini jamlash darajasi 70 gacha bo‘lib, uning bo‘ylama fokal tekisligida joylashgan quvurlar orqali o‘tuvchi issiqlik tashuvchi moddaning temperaturasi 400 °C gacha yetkazish mumkin.

Parabolasilindrik konsentratorlarni qo‘llab barpo etilgan ulkan inshootlardan biri sifatida Shuman-Boyzning 1913-yilda Midi (Misr) aholi yashash joyidagi suv chiqarish qurilmasini ko‘rsatish mumkin. Qurilmadagi ko‘zguli kollektorning umumiy sathi 1277 m^2 bo‘lib, u uzunligi 62,5 metr va eni 4,1 metrdan iborat 5 ta yirik parabolasilindrik konsentratorlardan tashkil topgan.

Yuqori temperaturali tadqiqotlar uchun quyosh pechlari yordamida yuqori zichlikli oqimlarni olish va foydalanish XX asrda asos solingan yangi bir ilmiy yo‘nalishdir. Quyosh pechlarida texnologik jarayonlarni amalga oshirishda ishchi temperatura 3000 K tartibida bo‘ladi.



3.3.8-rasm. Parabolosilindrik konsentrator (O‘zFA FTI).

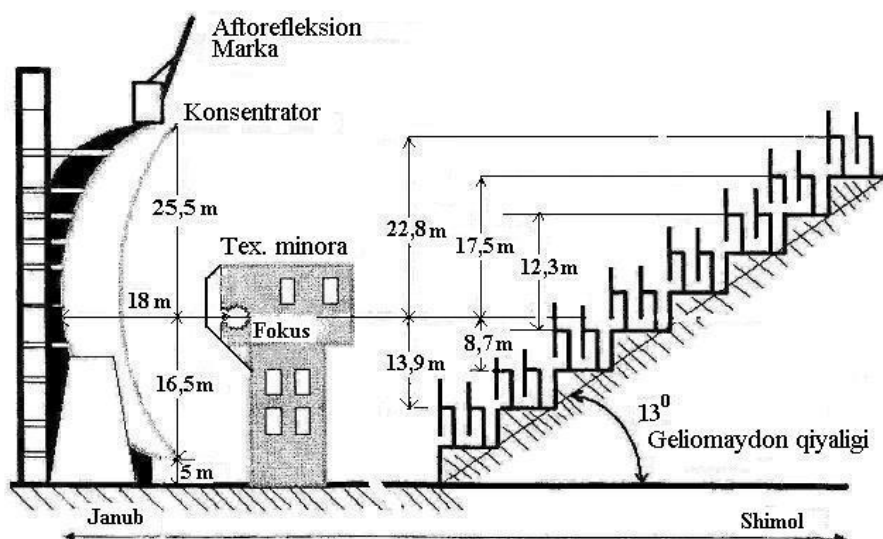
Quyosh pechlari odatda “paraboloid ko‘zgu + geliostat”dan iborat ikki ko‘zguli sxema asosida barpo etiladi (3.3.4-rasm). Bunday holda fokaldagi ishchi soha qo‘zg‘almas joylashuvga ega bo‘lib, unda ishlash yoki tajribalar o‘tkazishga qulaylik tug‘iladi. Quyosh pechi ilmiy tadqiqotlar va texnologiyalarga mo‘ljallangan yuqori darajada mujassamlashgan nurlanishli asbob sifatida muhim ahamiyatga egadir.

Quyosh pechlarini yaratish sohasida fransuz olimi Feliks Tromb va uning shogirdlarini xizmatlari kattadir. Ular tomonidan Mon-Odeyoda (Sharqiy Pireneya) issiqlik quvvati 1000 kW bo‘lgan. Katta Quyosh pechi qurildi.

1981–1987-yillar mobaynida xuddi shunday issiqlik quvvatiga ega bo‘lgan, ammo texnologik va optik jihatdan ancha takomillashtirilgan loyiha asosida Katta Quyosh Pechi O‘zbekistonda (Toshkent viloyatining Parkent tumanida) barpo etildi.

Toshkent shahridan 50 km uzoqlikda, 41020' geografik kenglikda, Tyanshan tog‘ tizmalarida dengiz sathidan 1050 m balandlikda barpo etilgan bu noyob inshoot avtomatik boshqaruv tizimli yuqori aniqlikdagi murakkab optik-energetik qurilma bo‘lib, uning asosiy qismini texnologik minoradagi focal sohada yuqori darajada mujassamlashgan nur oqimini shakllantiruvchi geliostatlar maydoni va paraboloid konsentrator tashkil etadi (3.3.9-rasm).

Geliostatlar maydoni gorizontdan qiyaligi 130 bo‘lgan tepalikda shaxmat tartibida joylashtirilgan va Quyoshning ko‘rinma harakati bo‘yicha uzluksiz siljib kun davomida konsentratorning barcha ko‘zguli sirtini yorituvchi 62 dona geliostatdan tashkil topgan. Geliostatlarning barchasini konstruksiyasi va o‘lchamlari bir xil. Har bir geliostatning qaytaruvchi sirti yassi shaklda bo‘lib 7,5 m x 6,5 m (48,75 m²) o‘lchamga ega va 195 dona 6 mm qalinlikli 0,5 m x 0,5 m o‘lchamli yassi ko‘zgular-fasetalardan tashkil topgan. Fasetalarning umumiy soni 12090 dona. Fasetalarning nur qaytaruvchi qatlami vakuumda aluminiyni changlatish yo‘li bilan hosil qilingan. Fasetalar orqa tomonidan EM AK- 5164 markali akril bo‘yog‘i bilan himoyalangan.



3.3.9-rasm. Katta Quyosh Pechining optik sxemasi.

Geliostatlar maydonining $3022,5 \text{ m}^2$ li qaytaruvchi sirtlariga tushuvchi quyosh nurlari shimolga qaratib qurilgan 1840 m^2 yuzali paraboloid konsentrator tomon yoʻnaladi. Paraboloid konsentrator esa bu nurlarni 1 metr diametrli fokal sohada yuqori darajada mujassamlashgan oqim holida yigʻilishini taʼminlaydi (fokal soha bino poydevori sathidan 18 metr balandlikda joylashgan).

Fokal soha joylashgan texnologik minorada moddalarda yuqori temperaturalar taʼsirida roʻy beradigan fiziko-kimyoviy jarayonlarni tadqiq qilish uchun maxsus asbob-uskunalar oʻrnatilgan. Katta Quyosh Pechi joylashgan hudud atmosferaning tiniqligi va quyoshli kunlarning koʻpligi (250–270 kun) bilan ajralib turadi. Bu yerda 1977-yildan boshlab toʻgʻri quyosh radiatsiyasining zichligini (W/m^2) aktinometrik usulda oʻlchash ishlari muntazam olib boriladi.

Katta Quyosh Pechidagi geliostatlarni avtomatik boshqarish tizimi (GABT) geliostatlarni avtomatik tarzda Quyoshga qarab turishini taʼminlaydi. Konsentratorlar Obeskur kamerasi yordamida yustirovka qilinadi. Geliostatlarni yustirovka qilish uchun konsentratorning yuqori qismida refleksion marka va 195 dona qizil proyektorlar oʻrnatilgan. Shu usul bilan geliostat fasetalari tezkor nazoratdan oʻtkaziladi va yustirovka qilinadi.

3.3.1-jadvalda nurlanish oqimi zichligining turli qiymatlarida bevosita konsentrator midelida joylashgan absolyut qora jismning qizish temperaturasi keltirilgan.

Katta Quyosh Pechi quyidagi muhim afzalliklarga ega:

- Nihoyatda toza qizitish manbasi boʻlib, qizitilayotgan moddaga hech qanday yot moddalar aralashmaydi;
- Fokal dogʻdagi polixromatik spektr moddada nurlanishni monoxromatik lazer nurlanishiga nisbatan 10 baravar koʻproq yutilishini taʼminlaydi;
- Moddaning qizish tezligi yuqori ($100\text{--}800 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min.}$);



3.3.10-rasm. Katta Quyosh Pechi va undagi geliostatlar maydonining umumiy ko‘rinishi (Toshkent viloyatining Parkent tumani).

- Moddaga termik ishlov beriladigan sohaning ochiqqligi shu yerni o‘zida qo‘shimcha texnologik usullarni (ultratovush yoki elektromagnit maydonda ishlov berish, toblash va h.k.) ham qo‘llashga imkoniyat tug‘diradi;
- Moddalarning elektromagnit xossalriga maxsus talablar qo‘yilmaydi;
- Fokal dog‘ning markazida nurlanish oqimi zichligining 1300 Vt/sm^2 gacha yetishligi havo muhitida amalda barcha yuqori temperaturali materiallar bilan ishlash imkonini beradi;
- Fokal dog‘da kvazitekis nurlanishni hosil bo‘lishi va oqim zichligini boshqarish mumkinligi tez moslashuvchan texnologik jarayonlarni amalga oshirishga xizmat qiladi.

Konsentratorning fokal tekisligidagi nurlanish oqimi zichligi va qizishda erishilgan temperatura

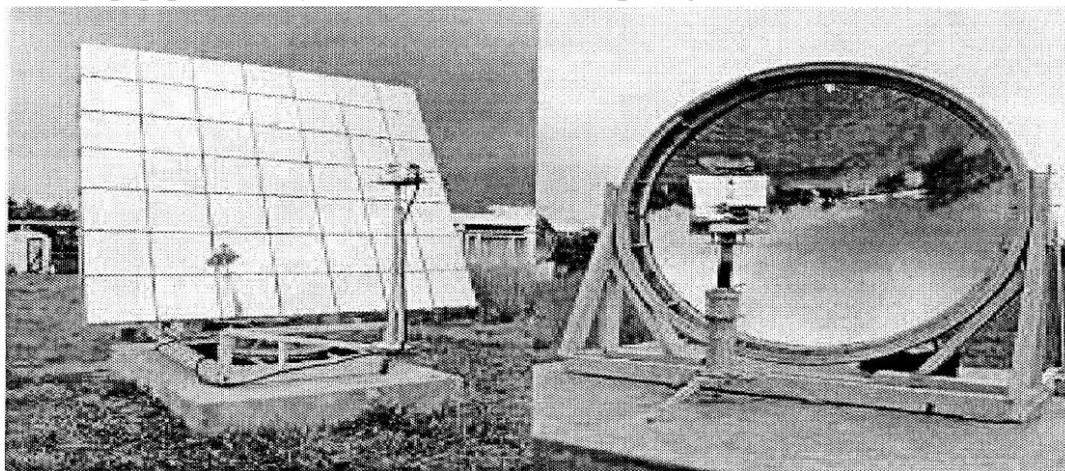
t/r	Yer sirtida oqim zichligining o'rtacha qiymati, Vt/m^2	Konsentratorning fokal tekisligidagi nur oqimi zichligi, kVt/m^2	Konsentratorning fokal tekisligida joylashgan moddaning qizish temperaturasi, °C;	
			Absolyut qattiq jism	Aluminiy oksidi
1	600	6560	2081	1539
2	650	5690	2254	1667
3	700	6120	2430	1798
4	750	6560	2601	1924
5	800	7000	2775	2053
6	850	7440	2948	2181
7	900	7880	3122	2310
8	950	8310	3295	2438
9	1000	8780	3469	2567

Bu ilmiy-texnologik markazda birinchi bo'lib yuqori temperaturali materiallarni eriganidan so'ng erkin sovutilish sharoitida bug'larni bo'sag'aviy kondensatsiyalanish hodisasi aniqlandi, kondensatsiyalanish temperaturasi qizish rejimiga bog'liqligi o'rganildi. Yuqori temperaturali spektroreflektometriyaning jahonda tan olingan yangi yo'nalishi – “zondlovchi chaqnash usuli” ishlab chiqildiki, bu usul yuqori temperatura sharoitida zamonaviy materiallarning spektral optik xususiyatlarini aniqlash uchun o'lovlar o'tkazish imkonini beradi.

Katta Quyosh pechi turli mamlakat olimlari bilan xalqaro ilmiy hamkorlikda ilmiy tadqiqotlar olib boriluvchi zamonaviy ilmiy markazga aylangan. Bu yerda ko'p yillardan buyon materiallarga, ayniqsa o'tga chidamli, qiyin eriydigan materiallarga quyosh nuri ta'sirida yuqori temperaturali termik ishlov berish yo'li bilan ularning fizik va kimyoviy xossalari o'rganish bo'yicha keng ko'lamli ilmiy-tadqiqot va amaliy ishlar olib borilmoqda. Fokal dog' markazida quyosh nurlarining oqim zichligi $1300 W/sm^2$ ga, temperatura esa $3500\text{ }^{\circ}C$ ga yetadi. Kun davomida fokal sohada 80–90 kg aluminiy oksidini (AlO , erish temperaturasi $2050\text{ }^{\circ}C$), 40–50 kg shpinel qotishmasini ($AlO+MgO$, erish temperaturasi $2350\text{ }^{\circ}C$), 5–7 kg sirkoniyni barqaror oksidini (ZrO , erish temperaturasi $2500\text{ }^{\circ}C$) eritish mumkin. Qurilmada eriyotgan modda tarkibining o'ta tozaligi ta'minlanadi, chunki bu yerda odatdagi pechlardagidek mahsulotni toza chiqmasligiga asosiy sababchi bo'lgan na yoqilg'i va na ko'mir elektrodlar mavjud. Keyingi yillarda bu yerda 160 dan ortiq oksid materiallar sintez qilindiki, ular issiqlikdan kengayish va elektr o'tkazuvchanligining kamligi, o'tga chidamliligi bilan diqqatga sazovordir. Ayni paytda bunday materiallar kosmik va yuqori tozalikni talab

qiluvchi o'ta nozik texnologik jarayonlarda qo'llanilmoqda. Shuningdek, qurilma kechki paytda astrofizik tadqiqotlar olib boriluvchi ulkan teleskop vazifasini ham bajaradi.

Katta Quyosh Pechidek yirik inshootga ega O'zR FA "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasida quyosh nurlarini konsentratsiyalovchi ko'zguli tizimlarni yaratish va ishlatish, temperaturalarni kontaktsiz o'lchash va zamonaviy materiallarni termoradiatsion xossalarni yuqori va o'tayuqori temperaturalar sharoitida tadqiq qilish bo'yicha katta tajriba to'plangan.



3.3.11-rasm. 1500 Vt issiqlik quvvatiga ega Kichik Quyosh Pechi (Hindiston, Haydarobod).

Bu yerda o'tkazilgan ko'p yillik tadqiqotlar asosida geliomaterialshunoslikga oid ilmiy-tadqiqotlar o'tkazishga mo'ljallangan issiqlik quvvati 1500 W bo'lgan Kichik Quyosh Pechi yaratildi.

Mamlakatlar orasidagi savdo-iqtisodiy va ilmiy-texnikaviy hamkorlik sohasidagi kelishuvlarga muvofiq bunday pechlar 1999-yilda Hindistonning Haydarobod shahridagi kukunli metallurgiya xalqaro markazida va 2000-yilda Misrdagi Tabbin metallurgiya institutida o'rnatildi (3.3.11 va 3.3.12-rasmlar). Bu qurilmalar 2,8 m x 2,8 m o'lchamli bitta yassi geliostat, 2 m diametrli yaxlit parabolid konsentrator, quyosh datchigi va qo'shimcha o'lchov asboblari hamda uni ishlatish uchun kerakli asbob-uskunalaridan tashkil topgan.

Geliostat kun davomida Quyoshning ko'rinmas harakatiga mos holda siljiydi va sirtiga tushuvchi quyosh nurlarini paraboloid ko'zguga yo'naltiradi. Konsentrator fokal tekisligidagi ishchi sohada temperatura 2500 °Cdan yuqori bo'ladi.

Bunday sharoit yuqori temperaturali materiallarga ishlov berish uchun yetarlidir. Masalan, erish temperaturasi 2500 °C bo'lgan sirkoniy oksidini sintez qilish mumkin. Shuningdek, institut mutaxassislari Germaniyadagi Keln aerodinamik institutida barpo etilgan

Kichik Quyosh Pechi uchun gabarit va energetik hisoblarni bajardilar va ikkilamchi konsentratorni yaratish va tayyorlash bo'yicha ishlarda hamkorlik qildilar.



3.3.12-rasm. Kichik Quyosh Pechi (Misr, Qohira).

3.4. Yassi quyosh kollektorlarining atrof-muhitga issiqlik yo‘qotilishlari

Bozorda mavjud bo‘lgan termal kollektorlar bugungi kunda deyarli faqat bitta shaffof qopqoq bilan yoki hatto qopqoqsiz ishlab chiqariladi. Absorber va kollektor old qismi orqali atrof-muhit havosi o‘rtasidagi issiqlik otkazuvchanlik koeffisientini (U_f) doimiy qilib o‘rnatib bo‘lmaydi, chunki absorberning harorati binolardagi odatdagi haroratlardan sezilarli darajada kattaroq diapazonni qamrab oladi. Shuning uchun har bir berilgan absorber harorati uchun konvektiv va radiatsion issiqlik uzatish koeffisientlarini iterativ tarzda hisoblash va frontning U_f - qiymatini aniqlash kerak. Izolyatsiya qilingan kollektorning orqa U_b va yon panellari U_c orqali issiqlik uzatish koeffisientlarini doimiy deb hisoblash mumkin va qatlam qalinligi s [m], issiqlik o‘tkazuvchanligi $1/h_a$ [Vt/mK] va tashqi tomondan hisoblanishi mumkin, izolyatsion material va atrof-muhit o‘rtasidagi issiqlik qarshiligi $1/h_a$ [m²K/Vt].

$$U_b = U_s = \left(\frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_a} \right)^{-1} \quad (3.4.1)$$

Tashqi issiqlik qarshiligi radiatsiyaga bog‘liq va konvektiv, shamol tezligiga bog‘liq bo‘lgan nisbatdan iborat ($1/h_a = 1/(h_c + h_r)$). Qurilishda odatiy bo‘lgan $1/h_a = 0.04$ m²K/Vt tashqi issiqlik qarshiligining standart qiymatidan foydalangan holda hisoblash juda yetarli. Agar barcha issiqlik uzatish koeffisientlari absorberdan atrof-muhit haroratiga nisbatan hisoblansa, u holda parallel issiqlik uzatish koeffisientlari umumiy yo‘qotish koeffisienti U_t ga qo‘shilishi mumkin. Kichik yon panel yuzasi A_s bilan kollektor tomonlari orqali yo‘qotishlar bu erda kollektor A ning teshik yuzasi bilan bog‘liq.

$$U_t = U_f + U_b + U_s \frac{A_s}{A} \quad (3.4.2)$$

Shaffof qopqoqning issiqlik uzatish koeffisienti U_f

Shaffof qopqoqning issiqlik uzatish koeffisienti absorber va atrof-muhit o'rtasidagi termal qarshiliklarning umumiy yig'indisidan iborat. Absorber va oynalash R_{a-g} va oynalar va atrof-muhit R_{g-o} o'rtasidagi termal qarshiliklar konveksiya h_c va radiatsiya h_r uchun parallel issiqlik o'tkazmalari asosida hisoblanadi.

$$R_{a-g} = \frac{1}{h_{c,a-g} + h_{r,a-g}} \quad R_{g-o} = \frac{1}{h_{c,g-o} + h_{r,g-o}} \quad (3.4.3)$$

$$U_f = \frac{1}{R_{a-g} + R_{g-o}} \quad (3.4.4)$$

Haroratga bog'liq bo'lgan issiqlik uzatish koeffisientlari birinchi navbatda qopqoq plitasining harorati T_g ni hisobga olgan holda hisoblanadi. Q_f issiqlik oqimi sifatida absorber va atrof-muhit o'rtasida kollektor old qismidan o'tadi,

$$\frac{Q_f}{A} = U_f(T_a - T_o) \quad (3.4.5)$$

absorber va qopqoq orasidagi issiqlik oqimiga teng,

$$\frac{Q_{a \rightarrow g}}{A} = (h_{c,a-g} + h_{r,a-g})(T_a - T_g) \quad (3.4.6)$$

issiqlik oqimlarini tenglashtirish orqali yangi qopqoq shishasi haroratini hisoblash mumkin.

$$\begin{aligned} \frac{Q_f}{A} = U_f(T_a - T_o) &= (h_{c,a-g} + h_{r,a-g})(T_a - T_g) = \frac{Q_{a \rightarrow g}}{A} \\ T_g &= T_a - \frac{U_f(T_a - T_o)}{(h_{c,a-g} + h_{r,a-g})} \end{aligned} \quad (3.4.7)$$

Quyida kerakli issiqlik uzatish koeffisientlari uchun tenglamalar muhokama qilinadi.

Radiatsiya uchun issiqlik uzatish koeffisienti h_r

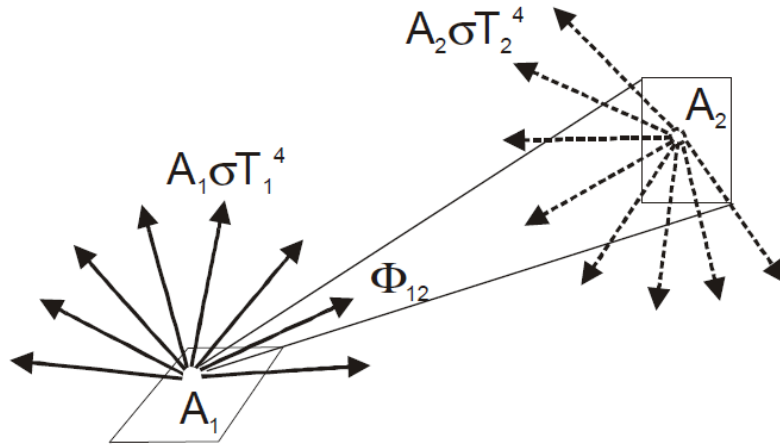
Stefan-Boltzman qonunidan foydalanib, emissiya koeffisienti $\varepsilon = 1$ bo'lgan diffuz nurlanadigan qora sirt A_1 [m^2] dan nurlanish quvvati

$$Q_1 = A_1 \sigma T_1^4 \quad (3.4.8)$$

xonaga chiqariladi, Stefan-Boltzman doimiysi $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Wt/m^2K^4 . Ushbu nurlanish kuchining Φ_{12} qismi xonaga tasodifiy joylashtirilgan ikkinchi qora sirt A_2 tomonidan so'riladi. A_2 o'z qismi uchun T_2 haroratga bog'liq holda ham nurlanish chiqaradi, $Q_2 = A_2 \sigma T_2^4$ bilan birinchi sirt Φ_{21} qismini o'zlashtiradi. A_1 va A_2 sirlari orasidagi aniq radiatsiya almashinuvi Q tegishli boshqa sirtga radiatsiya va qaytib keladigan nurlanish o'rtasidagi farqdan kelib chiqadi.

$$Q = Q_{1 \rightarrow 2} - Q_{2 \rightarrow 1} = \frac{\Phi_{12} A_1 \sigma T_1^4}{A_1 \text{ dan } A_2 \text{ ga radiatsion oqim}} - \frac{\Phi_{21} A_2 \sigma T_2^4}{A_2 \text{ dan } A_1 \text{ ga radiatsion oqim}} \quad (3.4.9)$$

Ikkala sirt ham yutilish va ajralib chiqish koeffisientlari 1 bo'lgan qora emitentlar sifatida aniqlanganligi sababli, sirtlarda nurlanishning aks etishi sodir bo'lmaydi.



3.4.1-rasm: T_1 temperaturada kichik (differensial) ikki o'lchovli A_1 elementining A_2 sirt elementiga nurlanish oqimi, u Φ_{12} proporsiyani o'zlashtiradi va o'z navbatida nurlanish chiqaradi.

Agar ikkita sirt bir xil haroratda bo'lsa, aniq radiatsion issiqlik almashinuvi nolga teng bo'ladi va Φ_{12} va Φ_{21} shakl omillari uchun o'zaro shartlar olinadi:

$$\Phi_{12}A_1 = \Phi_{21}A_2 \quad (3.4.10)$$

Ikki qora emitter orasidagi radiatsiya almashinuvi natijasida issiqlik oqimi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \Phi_{12}A_1\sigma(T_1^4 - T_2^4) = \Phi_{21}A_2\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (3.4.11)$$

Shakl omillari Φ_{ij} radiatsiyani qabul qiluvchi A_j yuzasining butun yarim sharga, unga quvvat nurlantiriladigan geometrik nisbati sifatida, odatda sirt geometriyasining murakkab funksiyalari hisoblanadi. Faqat ikkinchi sirtidan to'liq chiqarilgan nurlanishni yutish mumkin bo'lgan hollarda, nurlanish raqamlarini aniqlash oson. Quyosh issiqlik kollektorlarida issiqlik uzatish koeffisientlarini hisoblash uchun ikkita holat alohida ahamiyatga ega; ikkita tekis-parallel plitalar (absorber va shaffof qopqoq) o'rtasidagi radiatsiya almashinuvi va tekis qoplama va osmon yarim shari o'rtasidagi radiatsiya almashinuvi. Agar parallel plitalar bilan ular cheksiz ravishda kengaytirilgan deb taxmin qilinsa, A_1 sirtining butun nurlanish oqimi A_2 yuzasi tomonidan so'riladi va aksincha, ya'ni $\Phi_{12} = \Phi_{21} = 1$.

Yassi yuzaning osmon yarim shari bilan radiatsiya almashinuvida, A_1 yuzasi tomonidan chiqarilgan nurlanish osmon yarim shari tomonidan to'liq qabul qilinadi, ya'ni $\Phi_{12} = 1$. Aksincha, A_1 kichik sirtining osmon yarim sharining umumiy nurlanishiga nisbati juda kichik. Yuqoridagi tenglamadagi o'zaro munosabat shartiga asoslanib, bu yerda $A_1 \ll A_2$ uchun $\Phi_{21} = A_1/A_2 \approx 0$.

Odatda sirlarning emissiya yoki yutilish koeffisienti bittadan kichik (kulrang emitentlar), shuning uchun $(1 - \varepsilon_2) = (1 - \alpha_2)$ bilan ikkinchi sirtidan olingan nurlanish qisman orqaga qaytariladi va o'z navbatida sirt tomonidan so'rilishi mumkin, $A_1 \varepsilon_1$ bilan va $(1 - \varepsilon_1)$ va boshqalar bilan qaytariladi.

A_1 sirt uchun radiatsiya energiya balansini yaratish uchun Q_1 radiatsiyaviy energiya miqdoridan A_2 yuzasida aks ettirilgan va yana A_2 tomonidan yutilgan $Q_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 1}$ nurlanishni ayirish kerak. Bundan tashqari, A_2 yuzasi tomonidan chiqarilgan va A_1 tomonidan so'rilgan $Q_{2 \rightarrow 1}$ radiatsiya energiya daromadi sifatida ko'rib chiqilishi kerak. Ushbu muvozanat 1 shakl faktorli tekis-parallel plitalarning oddiy holati uchun ko'rib chiqilishi kerak. A_1 yuzasi tomonidan chiqarilgan Q_1 intensivlikdagi nurlanish uchun issiqlikning quyidagi miqdori qaytariladi:

$$\frac{Q_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 1}}{Q_1} = \underbrace{(1 - \varepsilon_2)}_{A_2 \text{ dan birinchi aks}} \times \underbrace{\varepsilon_1}_{\text{absorbsiya } A_1} + \underbrace{(1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)}_{A_1 \text{ dan } A_1 \text{ dan birinchi orqa taraf aks ettirish}} \times \underbrace{(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1}_{A_1 \text{ tomonidan yutilgan } A_2 \text{ dan ikkinchi aks}}$$

$$\begin{aligned} \frac{Q_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 1}}{Q_1} &= \underbrace{(1 - \varepsilon_2)}_{\text{first reflection from } A_2} \times \underbrace{\varepsilon_1}_{\text{absorption at } A_1} + \underbrace{(1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)}_{\text{first back reflection from } A_1} \times \underbrace{(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1}_{\text{second reflection from } A_2 \text{ absorbed by } A_1} \\ &+ \underbrace{(1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)}_{\text{second reflection from } A_1} \underbrace{(1 - \varepsilon_1)}_{\text{third reflection from } A_2 \text{ absorbed by } A_1} \times \underbrace{(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1}_{\text{third reflection from } A_2 \text{ absorbed by } A_1} + \dots \\ &= (1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1 \left(1 + (1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1) + ((1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1))^2 + \dots \right) = \frac{(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1}{1 - (1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)} \end{aligned}$$

Bundan tashqari, A_2 yuzasi Q_2 intensivligini chiqaradi, uning A_1 yuzasi ε_1 nisbatini yutadi va $(1 - \varepsilon_1)$ aks etadi. Bir nechta aks ettirishdan so'ng, A_1 tomonidan so'rilgan nurlanishning cheksiz ketma-ketligi quyidagilarga olib keladi:

$$\frac{Q_{2 \rightarrow 1}}{Q_2} = \varepsilon_1 + (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1 + \dots = \frac{\varepsilon_1}{1 - (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)} \quad (3.4.12)$$

Shunday qilib, A_1 sirtining energiya balansi $A_1 = A_2$ va $\Phi_{12} = \Phi_{21} = 1$ bo'lgan tekis-parallel plitalar orasidagi nurlanish almashinuviga olib keladi:

$$\begin{aligned} Q_{1,net} &= Q_1 - Q_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 1} - Q_{2 \rightarrow 1} = Q_1 - Q_1 \frac{(1 - \varepsilon_2)\varepsilon_1}{1 - (1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)} - Q_2 \frac{\varepsilon_1}{1 - (1 - \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)} = \\ &= \frac{Q_1 \varepsilon_2 - Q_2 \varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2} \quad (3.4.13) \\ &= \frac{\varepsilon_1 \sigma A_1 T_1^4 \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2 \sigma A_2 T_2^4}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1} \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \end{aligned}$$

Bu issiqlik oqimi tenglamasi $T_1 - T_2$ harorat farqini olish yo'li bilan chiziqli bo'ladi va shu bilan radiatsiya h_r uchun issiqlik uzatish koeffisienti aniqlanadi.

$$Q = h_r A (T_1 - T_2) \quad (3.4.15)$$

$$h_r = \frac{\sigma}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} (T_1^4 + T_2^4)(T_1 + T_2) \quad (3.4.16)$$

T_a temperaturadagi absorber va T_g temperaturada oynalash o'rtasidagi nurlanish almashinuvini hisoblash uchun $T_1 = T_a$ va $T_2 = T_g$ o'rnatiladi.

Selektiv qoplama

Qora changni yutish rangining uzun to'lqinli emissiya koeffisientlari odatda 95% ni, shishaniki esa 88% ni tashkil qiladi. Kichkina emissiya koeffisientiga ega bo'lgan substratga, masalan, metallga quyosh nurlarini yutuvchi qoplama qo'llanilsa, emissiyani kamaytirish mumkin. Metallarni qora xrom bilan galvanizatsiya qilish tobora ko'proq ekologik toza katodli purkash usullari bilan almashtirilmoqda, bu esa galvanizatsiya uchun zarur bo'lgan energiyaning atigi o'ndan bir qismini iste'mol qiladi. Emissiya darajasi 5% ga yetishi mumkin, qisqa to'lqinli nurlanishning yutilishi esa 95% da qoladi.

Agar bir yoki bir nechta shakl omillari Φ_{ij} birga teng bo'lmasa, energiya balanslari mos ravishda o'zgartirilishi kerak. Buni osmon yarim shariga nisbatan sirtning radiatsiya almashinuvi misolida tahlil qilish mumkin.

A_1 sirti tomonidan chiqarilgan $Q_1 = \varepsilon_1 \sigma A_1 T_1^4$ radiatsiya osmon yarim shariga $\Phi_{12}=1$ shakl faktori bilan to'g'ri keladi va $(1 - \varepsilon_2)$ bilan aks etadi. Endi esa, osmondan aks ettirilgan nurlanishning faqat bir qismi A_1 yuzasiga yetib boradi, ya'ni $\Phi_{21} = A_1/A_2$. Shunday qilib, A_1 tomonidan reabsorbtsiyalangan nurlanishning cheksiz ketma-ketligi quyidagicha o'zgartiriladi:

$$\frac{Q_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 1}}{Q_1} = \underbrace{(1 - \varepsilon_2)}_{1. refl. form A_2} \underbrace{\frac{A_1}{A_2} \varepsilon_2}_{1. abs. from A_1} + \underbrace{(1 - \varepsilon_2)}_{1. refl. form A_2} \underbrace{\left(1 - \frac{A_1}{A_2} \varepsilon_1\right)}_{1. refl. from A_1} \underbrace{(1 - \varepsilon_2)}_{2. refl. from A_2} \frac{A_1}{A_2} \varepsilon_1 + \dots = \frac{(1 - \varepsilon_2) \varepsilon_1 \frac{A_1}{A_2}}{1 - (1 - \varepsilon_2) \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \varepsilon_1\right)} \quad (3.4.17)$$

Xuddi shunday, A_1 da A_2 dan chiqarilgan nurlanish A_1/A_2 omili bilan o'zgartiriladi.

$$\frac{Q_{2 \rightarrow 1}}{Q_2} = \frac{\varepsilon_1 \frac{A_1}{A_2}}{1 - \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \varepsilon_1\right) (1 - \varepsilon_2)} \quad (3.4.18)$$

Shunday qilib, A_1 sirtining aniq nurlanish oqimi quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_{1,net} = \frac{1}{\frac{A_1}{A_2 \varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{A_1}{A_2}} \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (3.4.19)$$

undan (3.4.13) tenglama $A_1 = A_2$ teng yuzalar uchun maxsus holat sifatida chiqadi. Agar A_1 sirt A_2 yuzasidan juda kichik bo'lsa, (3.4.19) tenglama quyidagicha soddalashtiriladi:

$$Q_{1,net} \approx \varepsilon_1 \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4) \text{ for } A_1 \ll A_2 \quad (3.4.20)$$

Agar osmon harorati T_{sky} ($T_2 = T_{sky}$) bilan aniqlansa, qoplama ($T_1 = T_g$) va osmon o'rtasidagi issiqlik uzatish koeffisienti uchun natija:

$$h_r = \sigma \varepsilon_1 (T_g^2 + T_{sky}^2) (T_g + T_{sky}) \quad (3.4.21)$$

Osmon harorati atmosferaning shaffofligini, ya'ni taxminan 8 dan 14 μm gacha bo'lgan to'lqin uzunligi oralig'ida yo'qolgan orqa nurlanishni hisobga oladi. Osmon haroratini shudring nuqtasi harorati T_{dp} [K] dan hisoblash mumkin:

$$T_{sky} = T_o \left(0.8 + \frac{T_{dp} - 273}{250} \right)^{0.25} \quad (3.4.22)$$

Suv bug'ining qisman bosimi va shudring nuqtasi haroratini hisoblamasdan soddaroq tenglama sifatida o'zgartirilgan Swinbank tenglamasidan [K] foydalanish mumkin (Fuentes, 1987):

$$T_{osmon} = 0.037536T_0^{1.5} + 0.32T_o \quad (3.4.23)$$

Qopqoq T_g va atrof-muhit harorati T_o o'rtasidagi harorat farqi bilan odatdagidek issiqlik oqimlarini hisoblash imkoniyatiga ega bo'lish uchun radiatsiya uchun issiqlik uzatish koeffisienti bu harorat farqiga normallashtiriladi.

$$h_r = \sigma \varepsilon_1 (T_g^2 + T_{osmon}^2) (T_g + T_{osmon}) \frac{(T_g - T_{osmon})}{(T_g - T_o)} \quad (3.4.24)$$

Konvektiv issiqlik uzatish koeffisientlari h_c

Konvektiv issiqlik uzatish absorber va shaffof qopqoq o'rtasida tabiiy konveksiya shaklida, qopqoq va atrof-muhit o'rtasida shamol kuchlari tomonidan majburiy konveksiya sifatida sodir bo'ladi. Konvektiv issiqlik uzatish uchun xarakterli nominal qiymati har doim Nußelt soni Nu bo'lib, undan konvektiv issiqlik uzatish koeffisienti xarakterli uzunlikdagi L va havoning issiqlik o'tkazuvchanligi λ funksiyasi sifatida hisoblanishi mumkin.

$$Nu = \frac{h_c}{\lambda} \quad (3.4.25)$$

Turg'un havo qatlamida erkin konveksiya

Yassi parallel plitalar orasidagi turg'un havo qatlamida plita masofasi d h_c ni hisoblash uchun xarakterli uzunlik L sifatida ishlatiladi. Nußelt sonini hisoblash uchun absorber va qopqoq orasidagi temperaturali gradient ΔT ga ega bo'lgan tekis plyonka kollektor geometriyalari uchun empirik korrelyatsiyalar to'plami va β turli kollektor burchaklari mavjud. Duffi va Beckmann (1980) asosida 75° ga moyillik burchaklarini yig'ish uchun quyidagi tenglamadan foydalanish mumkin; 75° dan ortiq moyillik burchaklari uchun 75° funksiya qiymati saqlanib qoladi.

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708(\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Ra \cos \beta} \right]^+ \left[1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right]^+ + \left[\left(\frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{1/3} - 1 \right]^+ \quad (3.4.26)$$

Qavsli atamaning ortiqcha belgisi faqat ijobiy natijalardan foydalanish kerakligini anglatadi; salbiy qavsli shartlar bilan atama nolga teng. Rayleigh raqami ko'tarilishni termik sabab bo'lgan zichlik o'zgarishlari bilan tavsiflaydi va Grashof (Gr) va Prandtl (Pr) raqamlarining mahsuli bilan beriladi:

$$Ra = GrPr = \frac{g\beta'\Delta TL^3}{v^2} \times \frac{vpc_p}{\lambda} = \frac{g\beta'\Delta TL^3}{va} \quad (3.4.27)$$

bu yerda, g : Gravitatsiya doimiysi [m/s^2];

$\beta' = 1/T$: Ideal gazlarning hajmiy kengayish koeffisienti [K^{-1}];

ΔT : Panellar orasidagi harorat farqi [K];

L : Xarakterli uzunlik, bu yerda panel ajratish d [m];

v : Kinematik yopishqoqlik [m^2/s]

$a = \lambda/\rho c_p$: Harorat o'tkazuvchanligi [m^2/s].

Shamol tomonidan majburiy konveksiya

Kollektorning shisha qopqog'idagi konvektiv issiqlik oqimiga asosan shamol, ya'ni majburiy konveksiya sabab bo'ladi. Panel va atrof-muhit harorati orasidagi erkin konveksiyadan kichikroq nisbati. Yaxshi yaqinlashish ikki issiqlik uzatish koeffisientining quyidagi qoplamasi bilan beriladi:

$$h_c = \sqrt[3]{h_{c,w}^3 + h_{c,free}^3} \quad (3.4.28)$$

Majburiy konveksiya o'tish koeffisienti $h_{c,w}$ turbulent chegara qatlami bo'lgan plitaga parallel ravishda oqim bo'lgan plita uchun Nußelt korrelyatsiyasidan hisoblab chiqiladi (VDI, 1994).

$$Nu_{turb} = \frac{0.037Re^{0.8}Pr}{1+2.443Re^{-0.1}\left(Pr^{\frac{2}{3}}-1\right)} \Rightarrow h_{c,w} = \frac{Nu_{turb}\lambda}{L} \quad (3.4.29)$$

Reynolds raqami Re shamol tezligi v_w va plastinka uzunligi L $Re=v_wL/\nu$ dan parallel oqim sharoitida hosil bo'ladi. Moddiy qiymatlar uchun ν , ρ , λ , c_p atrof-muhit havosining harorati ishlatiladi. Issiqlik uzatish koeffisienti $h_{c,w}$ ham xarakterli uzunlik sifatida panel uzunligi L bilan hisoblanadi. Erkin konveksiya nisbatini hisoblash uchun shisha harorati T_g va atrof-muhit harorati T_o ma'lum bo'lishi kerak.

$$h_{c,free} = 1.78(T_g - T_o)^{1/3} [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (3.4.30)$$

Soddalashtirilgan yondashuv faqat shamol tezligini hisobga oladi, shuning uchun,

$$h_{c,w} = 4.214 + 3.575v_w \quad (3.4.31)$$

3.4.1-misol.

Absorberning ($\varepsilon = 0.1$) va selektiv qoplamasi bo'lmagan ($\varepsilon = 0.9$) kollektorlarning U_f oldingi U -qiymatini quyidagi chegara sharoitida hisoblash:

Absorber harorati: $T_a = 70^\circ\text{C}$

Atrof-muhit harorati: $T_o = 10^\circ\text{C}$

Shamol tezligi: $v_w = 3 \text{ m/s}$

Shaffof qopqoqning emissiya koeffisienti: $\varepsilon_g = 0.88$

Plastinka masofasidagi absorber-shisha: $d = 2.5 \text{ cm}$

Kollektorning qiyalik burchagi: $b = 45^\circ$

Birinchi iteratsiya uchun qabul qilingan panel harorati: $T_g = 40^\circ\text{C}$

birinchi iteratsiya:

Absorber va shisha o'rtasidagi radiatsiya $h_{r,a-g}$ issiqlik uzatish koeffisienti tanlangan qoplamali absorber uchun $0,79 \text{ Vt/m}^2\text{K}$ va qora absorber uchun $6,44 \text{ Vt/m}^2\text{K}$ ni tashkil qiladi. Turuvchi havo qatlamining konvektiv issiqlik uzatish koeffisienti $(70 + 40)/2 = 55^\circ\text{C}$ ($\lambda = 0.0286 \text{ Vt/m K}$, $\nu = 1.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 1.045 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 1.009 \text{ kJ/kg K}$) o'rtacha havo haroratining moddiy qiymatlari bilan aniqlanadi. Prandtl raqami $0,71$ va Grashof raqami 43787 , absorber va qabul qilingan panel harorati

o'rtasidagi o'rtacha harorat farqi 30K, shuning uchun Rayleigh soni 31089 ga teng. Shundan Nußelt soni 2,78 va konvektiv issiqlik uzatish koeffisienti $h_{c,a-g}=2,9 \text{ Vt/m}^2\text{K}$.

Shisha qoplama va osmon o'rtasida, Swinbank ma'lumotlariga ko'ra, 269 K osmon haroratida $h_{r,g-o} = 7,23 \text{ Vt/m}^2\text{K}$ nurli issiqlik uzatish koeffisienti olinadi va shamol tezligiga bog'liq bo'lgan konvektiv issiqlik uzatish uchun soddalashtirilgan Tenglama (3.83) $h_{c,w} = 14,9 \text{ Vt/m}^2\text{K}$. Shundan birinchi iteratsiyadan keyin shaffof qoplamaning issiqlik uzatish koeffisienti olinadi

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{2.9 + 0.79} + \frac{1}{14.9 + 7.23}} = 3.17 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

selektiv qoplamali absorber uchun, va qora absorber uchun 6,57 Vt/m²K. Ushbu qiymatlar bilan yangi panel harorati hisoblanadi:

$$T_{g,new} = 70^\circ\text{C} - \frac{3.17 \text{ Vtm}^{-2}\text{K}^{-1} \times 60^\circ\text{C}}{2.9 \text{ Vtm}^{-2}\text{K}^{-1} + 0.79 \text{ Vtm}^{-2}\text{K}^{-1}} = 18.6^\circ\text{C}$$

yoki selektiv bo'lmagan absorber uchun 27,8 °C. Harorat dastlab belgilangan 40 °C haroratdan aniq pastroq. Bu harorat bilan issiqlik uzatish koeffisientlari yana hisoblab chiqiladi. Iteratsiya tugagandan so'ng quyidagi qiymatlar olinadi:

3.4.1-jadval

Olingan natijalar

Parameter	Selektiv qoplama	Selektiv bo'lmagan
$h_{r,a-g}$	0.72 Vt*m ⁻² K ⁻¹	6.08 Vt*m ⁻² K ⁻¹
$h_{c,a-g}$	3.4 Vt*m ⁻² K ⁻¹	3.2 Vt*m ⁻² K ⁻¹
$h_{r,g-o}$	11.88 Vt*m ⁻² K ⁻¹	8.3 Vt*m ⁻² K ⁻¹
$h_{c,w}$	14.9 Vt*m ⁻² K ⁻¹	14.9 Vt*m ⁻² K ⁻¹
T_g	18.0°C	27.1°C
U_f	3.56 Vt*m ⁻² K ⁻¹	6.64 Vt*m ⁻² K ⁻¹

3.5. Yorug'likning turli materiallarda yutilishi

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.

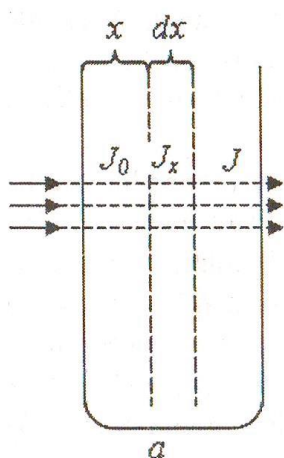
Yorug'likni zaif yutadigan moddalar shaffof moddalar, kuchli yutadigan moddalar shaffofmas moddalar deyiladi. Biroq, moddalarning bunday bo'lishi nisbiy xarakterga ega, chunki shaffoflik faqat modda tabiatiga emas, balki bu modda qatlami qalinligiga ham bog'liq bo'ladi. Haqiqatdan ham, masalan alyuminiy shaffof emas, suv esa shaffof deb qabul qilingan. Holbuki, alyuminiyning juda yupqa qatlami yorug'likning 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 to'lqin tenglamasi

$$x = A \sin 2\pi(t/\tau - y/\lambda) = A \sin 2\pi(yt - y/\lambda) = A \sin(\omega t - 2\pi y/x) \quad (3.5.1)$$

ko'rinishida 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 tushunchasi 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 (3.5.1-rasm).



3.5.1-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:

$$dJ_x = -k J_x dx \quad (3.5.2)$$

bu yerda, k – shu moddaning yutish qobiliyatini xarakterlovchi yutish koeffisienti bo'lib, qatlamning qalinligiga bog'liq bo'lmaydi. Minus ishorasi dx qatlamda yorug'likni zaiflashtirishni bildiradi. $(dJ_x < 0) J_x$ ni 3.5.2 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:

$$\int_{J_0}^{J_1} \frac{dJ_x}{J_x} = -k \int_0^a dx \quad (3.5.3)$$

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). (3.5.3) formuladan: $A + 1/k$ bo'lganda $J_0/J = e \approx 2,72$ ekanligi kelib chiqadi.

Shunday qilib, moddaning yutish koeffisienti 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 koeffisientining qiymatlari turlicha bo'ladi: masalan: normal bosimiga k ning qiymati havo uchun 10^{-3} m^{-1} , shisha uchun 1 m^{-1} , metallar uchun 10^6 m^{-1} . Bundan shunday xulosa kelib chiqadiki, yorug'lik intensivligini

3 marta zaiflashtirish uchun $a=1/10^6 m=1 \mu m$ qalinlikdagi metal qatlami, $a=1/1 m=1 m$ shisha qatlami, $a=1/10^{-3} m=1 km$ havo qatlami ekan.

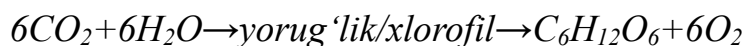
Umuman aytganda, har qanday moddaning ham oz yoki ko'proq darajada selektiv (tanlab) yutish qobiliyati mavjud bo'ladi, ya'ni yutish koeffitsientining qiymati yorug'lik to'lqinining uzunligiga bog'liq bo'ladi. Masalan, shisha, suv bug'i, plyonka, sirtidagi kondensatsiya infraqizil nurlarni kuchli yutadi. Odatdagi shisha ko'rinadigan yorug'likni yaxshi o'tkazadi, biroq infraqizil nurlarni (to'lqin uzunligi $\lambda > 2 \mu m$) ancha zaiflashtiradi va ultrabinafsha nurlarni ($\lambda < 0,38 \mu m$) deyarli butunlay yutadi. Tirik o'simliklarning barglari ko'rinuvchi spektrning yashil ($0,52 \mu m < \lambda < 0,60 \mu m$) va to'q qizil ($\lambda > 0,70 \mu m$) sohalaridan 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. Issiqxona effekti deb ataladigan hodisa ham tanlab yutishga asoslangan. Issiqxona tuprog'i odatda uchta issiqlik manbaidan qizitiladi: bulardan birinchisi issiqxona ramalari oynalaridan yoki polietilen plyonka sirtidan erkin o'tuvchi ko'rinadigan yorug'lik, ikkinchisi biologik yoqilg'i va uchunchisi maxsus (suv yoki elektr) isitish tizimlaridir. Qizigan tuproq temperaturasi uncha yuqori bo'lmay, u infraqizil nurlanish ko'rinishda bo'ladi. Biroq aytib o'tganimizdek, oyna infraqizil nurlarni yutadi. Shu tufayli tuproq nurlanayotgan energiyaning ancha qismi issiqlikka aylanadi va issiqxonani qizdirishga xizmat qiladi. Shunday qilib, oynalar uzun to'lqinli nurlanish bilan issiqxonadagi issiqlikni isrof bo'lishidan himoya qiladi. Keyingi yillarda issiqxona, 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 issiqxona effekti oyna ostidagidan kuchliroq bo'ladi. Poliamid plyonkalardan (va boshqa ba'zi shaffof polimerlardan) foydalanish qishloq xo'jaligi 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.

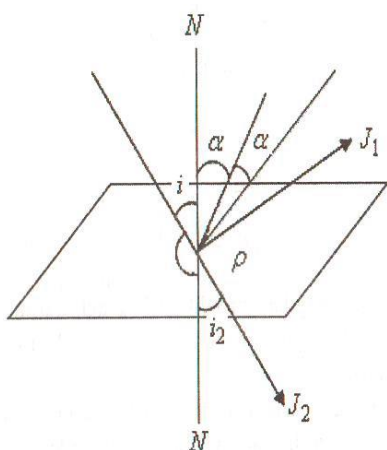
Yerda yorug'lik ta'sirida bo'ladigan jarayonlardan eng muhimi shubhasiz fotosintezdir. Fotosintez – noorganik moddalarning organik moddalarga aylanishidir.

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



Taxminiy hisoblashlarga 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 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 kasalliklarga qarshiligini kuchaytiradi va modda almashinuvini yaxshilaydi. Odam, hayvon va o'simliklar uchun yorug'lik zarur hayot faktoridir, chunki uning yetishmasligi yoki bo'lmasligi organizmining normal faoliyatini buzadi, yorug'lik yetishmasligini boshqa qanday ta'sirlar (isitish, ovqatlanish va shunga o'xshashlar) bilan kompensatsiyalab bo'lmaydi.

Shisha va polimer plyonkalarining mexanik va optik xossalari. Quyosh qurilmalarining ishlashi nurlanish oqimining tiniq yuzalarda yutilishi bilan aniqlanadi. Nurlanish oqimi qabul qiluvchining yoritilganligiga va qurilmaning tiniqligiga bog'liq bo'ladi. Odatda, tunuq yuza bir yoki bir necha qatlamdan iborat bo'lishi mumkin. Tiniq yuzalar (polimer plyonka, shisha h.k.) ni optik xarakteriskasi ularni tarkibiy tuzilishiga, qatlamlariga bog'liq bo'ladi.



3.5.2-rasm

Qatlam bir qavat bo'lganda, unga tushadigan nur oqimining bir qismi shu qatlamdan shochiladi (3.5.2-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 nurlanishni xarakterlaydi. Tiniq yuzaga tushuvchi nur tushish yo'nalishidagi burchak bilan sochiladi va ma'lum bir qismi to'g'ri otadi. 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'nalish bo'yicha tushishi natijasida ravshanlik koeffisienti – sochilish asosiga, tiniq yuzaning nurni qutblantirishga, nurning spektr tarkibiga, tushish burchagiga, azimutiga bog'liq bo'ladi.

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau = \frac{B_1}{B_0} \\ \rho = \frac{B_2}{B_0} \end{array} \right\} \quad (3.5.4)$$

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.

$$B_0 = \frac{E}{\pi} \quad (3.5.5)$$

bu yerda, E - tiniq yuzaning energetik yoritilishini bildiradi.

T, t va $\bar{B}$ - tiniq yuza orqali to'g'ri va sochilgan nur o'tkazgichning to'la koefitsientlaridir. A - nur yutish koefitsienti. R, τ va ρ - tiniq yuzalardan sochilgan nurning to'la qiymatini ifodalovchi koefitsienti va uning to'g'ri, sochilgan qismini ifodalovchi koefitsientlardir. Bu kattalik quyidagicha bir-biri bilan bog'langandir.

$$\left\{ \begin{array}{l} T + A + r = 1 \\ T + t + \bar{B} \\ R = \tau + \rho \end{array} \right\} \quad (3.5.6)$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} t_D = t_{-D} \\ \bar{B}_D = \bar{B}_{-D} \\ T_D = T_{-D} \end{array} \right\} \quad (3.5.7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{B}_{ij} = \bar{B}_{ji} \\ t = t_{-i} \\ \rho^{ij} = \rho_{ji} \end{array} \right\} \quad (3.5.8)$$

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 indeksida ikkitadan shu harflardan qo'yilsa, u birinchi holda nurlarning tiniq yuzaga tushishini va ikkinchi belgilardagi ikkitadan qo'yilgan indekslar sochilgan nurni xarakterlaydi. Tiniq yuzaning bir tomoni yuza tomoni ikkinchi tomonining orqa tomoni deyiladi. (-) minus ishorasi nurning yuza qismiga emas, orqa qismiga tushishini xarakterlaydi.

(3.5.7) va (3.5.8) formulalar ko'rsatdiki, tiniq yuzaning nur o'tkazish koefitsienti quyosh radiatsiyasining sochilgan qismi tiniq yuzaning qaysi tomoniga tushishiga bog'liq bo'lmaydi.

3.6. Yuqori temperaturali quyosh qurilmalarining issiqlik hisobi

Quyosh nurlarini to'plash imkoniyatini beradigan turli-tuman konsentratorlarida mavjud bo'lib, kollej sharoitida parabolosilindrik tipli konsentratorlarni loyihalash, yasash va sinash imkoniyati mavjud.

Bu tipdagi konsentratorlarni quvvati svni qaynatish imkoniyatiga ega ekanligini hisobga olib quyosh suv qaynatgichi va isitgichini yasash va sinash texnologik jarayonlari ishla chiqildi va sinovdan o'tkazildi. Qurilmaning asosiy qismlari yorug'likning qaytarib fokusga yo'naltiruvchi sirt va fokusga joylashtiriladigan qozondir. Matematika kursidan ma'lumki ma'lum fokusli parabola tenglamasi quyidagicha:

$$y=4Fx \quad (3.6.1)$$

bunda, F-fokus masofa.

Loyihalashda qurilma qaytishi va qozonni joylashtirish qulayligini hisobga olib olib fokus masofani tanlash mumkin.

Yuqorida keltirilgan formula orqali funksiyaning grafigini qurish uchun y va x qiymatlarni ko'rsatuvchi jadval tayyorlanadi. Olingan qiymatlar asosida 1:1 masshtabda santimetr hisobida millimetrl qog'ozda grafik qriladi. Hosil bo'lgan grafik yog'och taxtachalarda ko'chirilib egri chiziq bo'ylab reyka joylashtirilib, taglik hosil qilinadi. Taxtachalar arralanib parallel qilib yonma-yon joylashtiriladi. Tores va parabola bo'ylab yupqa tunuka yoki DVP o'rnatiladi. Hosil bo'lgan parabolosilindrik sirt ustidan alyuminiy feyasi joylashtiriladi. Qozon mis, alyuminiy yoki nikellangan trubadan tayyorlanadi.

Parabola fokusi bo'ylab qozonni o'rnatish uchun hosil qilingan qaytaruvchi sirtli qutichaga tayanchlar o'rnatiladi. Tayanchlarda qozonni o'rnatish va undan olish uchun barmoqlar o'rnatiladi. Qozonchani suvdan to'ldirib barmoqlarda joylashtiriladi va konsentrator quyoshga qaratiladi. Suv qaynatib olinadi. Issiq suv olish uchun esa maxsus bak va undan jo'mrak orqali qozonga qarab suv oqimi jo'mrak orqali boshqariladi. Issiq suvni saqlash uchun izolyatsiyalangan bak akkumulyatoridan foydalaniladi.

Konsetrasiyali quyosh suv isitgichini issiqlik hisobi. Yer sirtida tushayotgan quyosh energiyasi to'g'ri va tarqoq radiatsiyalar hisobida yetib keladi. Konsentratorlar asosan tushayotgan to'g'ri radiatsiya hisobida ishlashini e'tiborga olgan holda qurilmaning issiqlik hisobini ko'rib chiqamiz. O'zbekiston hududida tushishi mumkin bo'lgan to'g'ri quyosh radiatsiyasi Vt/m^2 hisobida jadvalda keltirilgan. 3.6.1-jadvalda keltirilgan raqamlar ko'p yillik kuzatishlarning o'rtacha miqdori bo'lib, haqiqatdagisi bilan farq qilishi mumkin. Bunda xatolik 5-7 % dan oshmasligini himsobga olsak, amaliy hisoblashlarda bu ma'lumotlardan foydalanish mumkin.

O'zbekiston hududida tushishi mumkin bo'lgan to'g'ri quyosh radiatsiyasi

Oylar	Kun soatlari						
	12	11, 13	10, 14	9, 15	8, 16	7, 17	6, 18
Dekabr	840	800	745	640	370	-	-
Yanvar, Noyabr	860	840	780	675	460	-	-
Fevral, Oktabr	910	890	840	760	600	180	-
May, Sentabr	930	910	880	830	705	550	500
Aprel, Avgust	940	935	910	865	780	630	300
May, Iyun	940	930	910	865	800	620	465
Iyul	930	925	910	865	800	700	520

Konsentratorli quyosh qurilmasini issiqlik hisobini keltirib chiqarish uchun jarayonial sxemadan foydalanamiz:

1) Perpendikulyar yuzada tushayotgan yorug'lik energiyasi:

$$Q_1 = J_1 S \tau \quad (3.6.2)$$

2) Qaytaruvchi sirtidan qaytgan yorug'lik energiyasi:

$$Q_k = K_F J_F S \tau \quad (3.6.3)$$

3) Qabul qiluvchi sirtini yutgan nur energiyasi:

$$Q_{yu} = K_2 Q_k \quad (3.6.4)$$

4) Qozondagi suvning olgan nur energiyasi:

$$Q_{ol} = mc(t_2 - t_1) \quad (3.6.5)$$

5) Qozonni yo'qotadigan nur energiyasi:

$$Q_{yo'q} = K_3 S_2 (t_k - t_1) \quad (3.6.6)$$

6) Konsetrasiya darajasi:

$$n = \frac{S_1}{S_2} \quad (3.6.7)$$

7) Qurilmaning FIK

$$\eta = \frac{Q_f}{Q} \cdot 100\% = \frac{mc(t_2 - t_1)}{J_f S \tau} \quad (3.6.8)$$

Formulalarga kiruvchi fizikaviy kattaliklar.

J_1 - Yorug'likka tik bo'lgan birlik yuzaga tushayotgan nur energiyasi (W/m^2);

K_f - sirtini yorug'likni qaytarish koeffitsienti (birliksiz);

S_1 - konsentrator yuzi (m^2); K_2 - qozonni nur yutish koeffitsienti (birliksiz);

m - qozondagi suv miqdori (kg); C - suvning solishtirma issiqlik sig'imi- $4200 \frac{J}{kggrad}$;

t_2 - issiq suvning temperaturasi (grad);

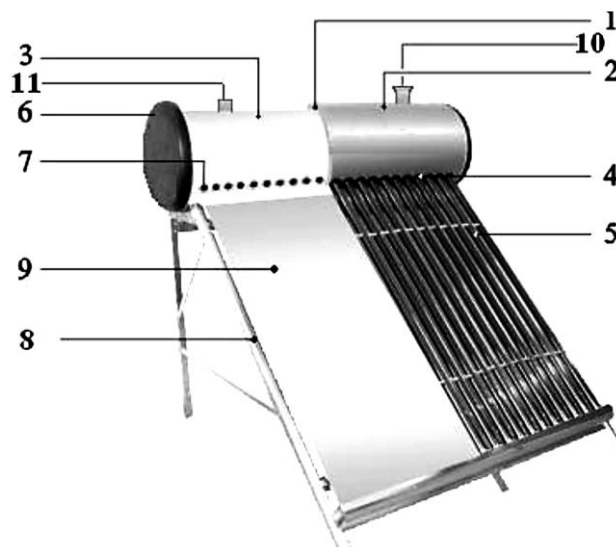
t_1 - atrof muhit temperaturasi (grad); K_3 - qozonni issiqlik uzatish koeffisienti (W/m^2grad) amaliy hisoblashlarda $5-8 W/m^2 grad$ deb olish mumkin;

S_{kc} - qozon sirti (m^2); S_2 - qozonning o'q bo'ylab kesim yuzi (m^2);

t_q - qozon sirti temperaturasi (grad).

3.7. Vakuum trubkali kollektorlar

Quyosh suv isitish (kollektori) qurilmalari 2 ta turdan: butun va alohda turdagi konstruksiyalarga bo'linadi. Butun turdagi kollektor (monoblok) vakuum kolbalar, bak (termos) – issiq suv rezervuari, shuningdek galvanik qoplamali tayanch osti metall rama yordamidagi yagona konstruksiyaga mahkamlangan tizimdan tashkil topgan. Monoblok-kollektor asosan uy yoki binoning tomida o'rnatilib iste'mol manbaigacha bo'lgan zarur issiq suv bosimi ta'minlanadi.



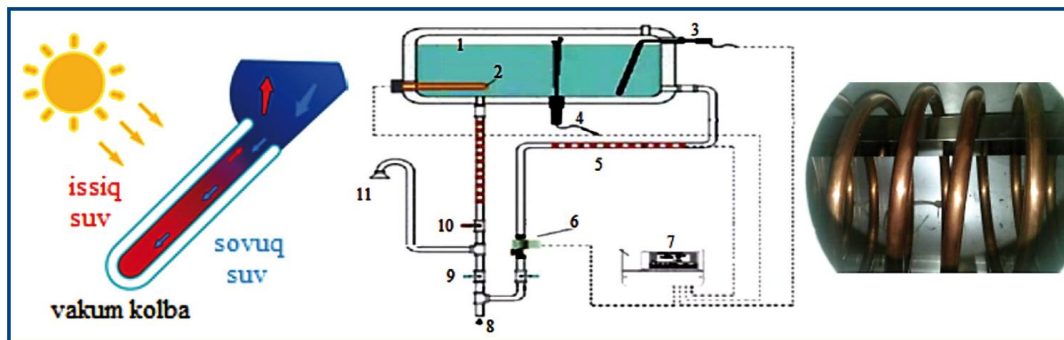
3.7.1-rasm. Butun turdagi vakuum trubkali kollektor: 1 – Suv uchun bak; 2 – bakning tashqi qatlami; 3 – bakning ichki qatlami; 4 – tashqi mahkamlagich; 5 – vakum trubkalar; 6 – suv uchun bak qopqoqlari; 7 – rezinali mahkamlagich; 8 – tayanch osti rama, material – galvanik qoplamali po‘lat yoki zanglamaydigan po‘lat; 9 - akslantiruvchi plastina – qo‘shimcha variant; 10 – avariya holatida havo klapani; 11 – kontroller datchigi.

Bak ichki qismida sirkulyatsiya tabiiy jarayonlar hisobiga amalga oshiriladi. Jamlanmaga shuningdek rama-tayanch tizimi, smart (aqlli) kontroller, elektromagnit klapan va elektr ten ham kiradi. Tanlov uchun bakning 2 turi: oddiy va zmeevik issiqlik almashingichli turlari taqdim etiladi. Zmeevik issiqlik almashingich bilan ta'minlangan kollektoring samaradorligi oddiysiga nisbatan $\sim 30\%$ ga yuqoriligi issiqlik almashingich orqali o'tayotgan oqar suvning qizdirish momentiga bakda turgan issiq suv quyosh energiyasi hisobiga ham qiziydi. Istemol qilish darajasiga qarab bakdagi suvning miqdori 100 l, 150 l, 200 l, 250 l, 300 l bo'ladi.

Bak akkumulyator 3ta qatlamdan tashkil topgan:

1. Bakning ichki qismi zanglamaydigan po‘lat markasi M-304 dan tayyorlanadi, bu esa uning giginik rejalarida yuqori xavfsizlik shuningdek karroziyaga barqarorlek, uzoq muddatli amaliy foydalanishda mustahkamlikni ta'minlaydi.

2. Bakning oʻrta qatlami issiq suv haroratini uzoq muddat saqlashni taʼminlaydigan yuqori akkumulyatsiyalash funksiyasiga ega, yuqori sifatli poliuretan, qalinligi 55 mm boʻlgan utepliteldan iborat. Qish vaqtlari, atrof muhim harorati 0°C dan kichik boʻlganda issiqlik yoʻqotilishi jami boʻlib $\sim 3\text{--}6^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Masalan, kechqurun kollektorda suvning harorati $+60^{\circ}\text{C}$ boʻlsa, ertalab bu harorat koʻrsatkich 5°C ga kamayadi, yaʼni $+55^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.



3.7.2-rasm. Vakuum trubkali kollektorning muhim komponentlari: 1 – suv uchun bak, 2 – elektr isitgich, 3 – yuqori sath datchigi, 4 – quyi sath datchigi, 5 – qizdiruvchi kabel, 6 – elektromagnit klapan, 7 – aqlli kontroller, 8 – sovuq suvning kirish qismi, 9 – sovuq suv krani, 10 – issiq suv krani, 11 – isteʼmolchi.

3. Bakning tashqi metall qoplamasi maxsus himoya buyoqli boʻlib tashqi taʼsirlardan (quyosh nurlanishi, yogʻinlar, yaʼni qor, yomgʻir doʻl) himoya qilishni taʼminlaydi. Qolgan qismlari rezina, plastik tashqi taʼsirlarni hisobga olib tayyorlanadi. Vakuum kolbalar yorugʻlik yutuvchi qatlarga ega, mustahkam borsilikatli toblangan shishalardan tayyorlangan boʻlib Quyosh nurlanishini issiqlik energiyasiga oʻzgartirib suvni qizdiradi.



3.7.3-rasm. 150 l suv sigʻimiga ega quyosh vakuum trubkali kollektorning texnik xarakteristikalar.

Tabiiy sirkulyatsiya sabab kolbada qizigan suv yuqoriga koʻtarilib bakda akkumulyatsiyalanadi. Smart-kontroller kollektorining hamma ish jarayonlarini (bakda suvning harorati, bakda suvning sathi, bakga suvning quyilishi uchun elektromagnit klapaning ish rejimi, zaruriyat tugʻilganda 1,5 kVt quvvatdagi ten qoʻshish va ajratish)

boshqaradi (3.7.3-rasm). Bu kollektordan foydalanib 9 oy davomida suvni qizdirishga bo'lgan 100% energiyani tejash mumkin.

Bakning tashqi qoplamasi: Bo'yalgan po'lat 0,4 mm.

Bakning ichki qatlami: SUS 304–0,5mm zanglamaydigan po'lat.

Vakuum kolbalar: 58 mm / 1800 mm.

Rama: Ruxlangan galvanik po'lat – 1,5 mm.

Issiqlik izolyasiya materiali – Poliuretan.

Izolyatsiya qalinligi: 50 mm.

Ramaning qiyalik burchagi: 35–45 gradus.

Bakning diametri: 375 mm / 475 mm.

3.7.1-jadval

Vakuum kolba 58mm/1800mm ning xarakteristikalari

Tarkibi	Konsentrik to'liq shishali quyosh kolbalari
Uzunligi	1800 ± 5 mm
Kolbaning tashqi diametri	$58 \pm 0,7$ mm
Kolbaning tashqi shishasining qalinligi	$1,8 \pm 0,15$ mm
Kolbaning ichki diametri	$47 \pm 0,7$ mm
Kolbaning ichki shishasining qalinligi	$1,6 \pm 0,15$ mm
Shishaning materiali Bor silikat shisha	3.3
Yutuvchi qoplamaning unumdorligi	
Kolbaning ichki qismi qoplamasi	Bir qatlamli yoki uch qatlamli
Vakuum kolbaning uchqatlamli qoplamasi tarkibi	Quyosh nurlarini selektiv yutuvchi qoplama: kompozit mis – zanglamaydigan po'lat – alyuminiy – CU/SS-ALN(H)SS/ALN(L)/ALN
Purkash (uchirish) usuli	DS reaktiv purkash
Yutish darajasi	>91%
Quyosh nurlanishi yo'qotilishi	<8% ($80^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$)
Vakuum darajasi	$P \leq 5 \times 10^{-3}$ Pa
Maks. harorat	270-300 $^{\circ}\text{C}$
Nominal bosim	0,6 MPa
Issiqlik yo'qotilishlari o'rtacha koeffisienti	$\leq 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$
Yog'inlarga barqarorlik	<35 mm
O'ta qizishga barqarorlik	300 $^{\circ}\text{C}$
Kichik haroratlarda ish jarayoni	0 $^{\circ}\text{C}$ – 10 $^{\circ}\text{C}$
Yaroqlilik muddati	~ 15 yil

Alohida turdagi Quyosh vakuum trubkali kollektor

Alohida turdagi geliotizimda quyosh kollektori binoning tomiga o'rnatilib, akkumulyatsiya baki esa alohida binoning ichki qismida o'rnatiladi. Shunday qilib,

kollektor va bak qismi alohida bo‘ladi. Suvning qizishi esa kollektorga nasos orqali harakatga keltiriladigan issiqlik tashuvchi (antifriz, propilenglikol)ning bakga joylashgan issiqlik almashingich orqali suvga harorat uzatilishiga asoslangan.



3.7.4-rasm. Alohida turdagi Quyosh vakuum trubkali kollektor.

Bak uzoq muddat qaynoq suv haroratni o‘zida saqlab termos funksiyasini bajaradi. Uning suv hajmi iste’molchilar talabidan kelib chiqib aniqlanadi. Qo‘shimcha ravishda qurilmaning bo‘tlovchi qismlari sifatida smart kontroller, elektrik ten, nasos va isitish qurilmalari kiradi. Quyosh kollektorlarning alohida turdagi konstruksiyasi gibrid tizim sifatida qo‘llanilishi mumkin, bunda quyosh kollektorlari gaz yoki elektrik qozonlar bilan mujassamlashgan holatda bo‘ladi.

Quyosh kollektorlarining samaradorligi kollektor yuza birligi tekisligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvati, atrof muhit harorati va kollektordan o‘tayotgan issiqlik tashuvchining haroratiga bog‘liqdir.

Bizning tajribalarimizda vakuum Quyosh kollektorining samaradorligi qurilmadan olinayotgan foydali issiqlik energiyasining kollektor yuza birligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvatiga nisbatiga teng:

$$\eta_{v.t.k} = \frac{Q_k}{I_T F_k} \quad (3.7.1)$$

Quyosh kollektoridan olingan foydali energiyani issiqlik yo‘qotishlari va optik FIK ta’sirini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_k = I_T \cdot (\tau\alpha) F_k - U_k F_k (T_k - T_a) \quad (3.7.2)$$

(3.7.1) va (3.7.2) bog‘liqlikdan kelib chiqib quyosh kollektorining FIK hisoblash uchun ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\eta_{v.t.k} = (\tau\alpha) - \frac{U_k (T_k - T_a)}{I_T} = G \cdot C_p \cdot (T_k - T_{ch}) \quad (3.7.3)$$

bu yerda, I_T – kollektor absorberi m^2 maydoniga tushayotgan Quyosh nurlanishi oqim zichligi; $(\tau\alpha)$ – kollektorning samarali optik FIK, ya’ni τ – vakuum kolbaning nur o‘tkazish koeffisienti; α – absorberning yutish qobiliyati; F_k – kollektorning maydoni; U_k – kollektorda issiqlik yo‘qotishlari umumiy koeffisienti; T_k – issiqlik tashuvchining

kirish vaqtidagi harorati; T_a – atrof-muhit harorati; G – issiqlik tashuvchining massa sarfi (kg/s), C_p – issiqlik tashuvchining issiqlik sig‘imi (J/kgK); T_{ch} – issiqlik tashuvchining chiqish vaqtidagi harorati.

Bir qancha holatlarda har xil turdagi quyosh kollektorining ish samaradorligi issiqlik yo‘qotishlarining yig‘indi koeffitsientlari bilan baholanadi. Ayrim adabiyotlarda shishasiz quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 21 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$, shishali yassi Quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 4 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$, vakuum turdagi Quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 1,5 \text{ Vt}/(m^2 \cdot K)$ ni tashkil etadi deyilgan.

3.8. Havo qizdiruvchi kollektorlar

Havo qizdiruvchi kollektorlari deganda quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan va issiqlik tashuvchi sifatida havodan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda ular AQSH, kamroq miqdorda Yevropaning markaziy qismlarida tarqalgan. Juda ham kam hollarda suv isitish uchun havo kollektorlari ishlatiladi. Eng katta havo qizdiruvchi quyosh kollektori Yevropada Oshats shahrida Leypsiga yaqinida joylashgan bo‘lib maydoni 1175 m^2 ni tashkil etadi. U tayyor mahsulotlar va qurilish materiallari omborini isitish uchun mo‘ljallangan.

Havo qizdiruvchi kollektorlarini issiq havo olish uchun (issiqlik suv emas) foydalanish maqsadga muvofiqdir. Havo qizdiruvchi kollektorlarini foydalanish uchun namunalar:

- Havo bilan isitish tizimiga ega binolar, masalan, sport zallari, omborlar, sexlar, tashqi havoni yuqori darajada iste‘mol qiluvchi binolar va aholi yashash uylari. Qisman, g‘arbiy Yevropada energiyani kam iste‘mol qilishga standart kiritilganidan so‘ng ventilyasiya tizimida havoni qizdirishga issiqlikni iste‘mol qilishdagi ulushi issiqlikning umumiy iste‘moliga nisbatan muhimroq bo‘lib qoldi. Nazorat qilinadigan ventilyasiya va havo kollektori bilan birgalikda foydalanadigan tizim talab qilinadigan issiqlikning muhim qismini qoplashi mumkin. Havo qizdiruvchi quyosh kollektorlari yordamida issiqlik bilan qish mavsumlarida to‘liq ta‘minlash albatta imkonsiz, bunga sabab, tushayotgan quyosh energiyasi miqdori va isitish uchun talab qilingan issiqlik miqdori o‘rtasidagi noqulay munosabatdir.

- Qishloq xo‘jaligi va sanoat mahsulotlarini quritish uchun binolar, shuningdek don, urug‘, dori va tabobat o‘simliklari, yog‘och va qurilish materillari. Havo qizdiruvchi quyosh kollektorining quritish potentsiali taxminan 1 m^2 kollektor yuzasi uchun soatiga 0,2 dan 0,7 kg suv bug‘lanishini tashkil etadi.

- Quyosh sovitish tizimlarida.

Aytish joizki, havo qizdiruvchi kollektorlari suyuqlik bilan ishlaydigan kollektorlarga nisbatan kam tarqalgan, lekin ularning suyuqlik issiqlik tashuvchi kollektorlarga nisbatan muhim afzalliklari bor:

- Havo qizdiruvchi kollektorlari qish oyida muzlamaydi;

- Yoz oyida o'ta qizishda issiqlik tashuvchilar sizib chiqish xavfi bo'lmaydi;
- Karroziya bilan bog'liq muammolar juda kam;
- Havo qizdiruvchi kollektorlari materiallarga nisbatan kamroq talabchan, ancha arzon;
- Kollektorlarda qizdiruvchi bevosita qizigan havodan foydalanilganda issiqlik almashingichda issiqlik yo'qotishi bo'lmaydi;
- Yong'in xavfsizligi.

Ushbu yutuqlar tufayli ular har doim alohida qurilishlar uchun mos tushadi, o'rnatish vaqtida oson yig'ish mumkin, kam chiqim talab qiladi. Shuningdek havo kollektorlari ishlab chiqarish binolarini, garajlarni, uy oldi kichik binolarini isitish uchun samarali hisoblanadi. Shu bilan birgalikda havo kollektorlari quyidagi kamchiliklarga ega:

- Havo tuynuklari binoda foydali maydonni qisqartirishi mumkin;
- Ularda samarali issiqlikni akkumulyatsiya qilishga erishib bo'lmaydi;
- Issiqlik tashuvchi havoning zichligi kam bo'lgani uchun suyuqlikda ishlovchi kollektorlarga nisbatan tizimning issiqlik ishlab chiqarish samaradorligi kam;
- Odatda havo qizdiruvchi kollektorlarining ish jarayonida havoni haydash uchun katta elektrik quvvati sarflanadi;
- Havo qizdiruvchi kollektorining foydali ish koeffisienti suyuqlik kollektoriga nisbatan qaraganda foydali ish koeffisienti kichik, bu havoning fizik xossalriga bog'liq holda aniqlanadi.

Havo qizdiruvchi kollektorlarining ikki xil konstruksiyasi

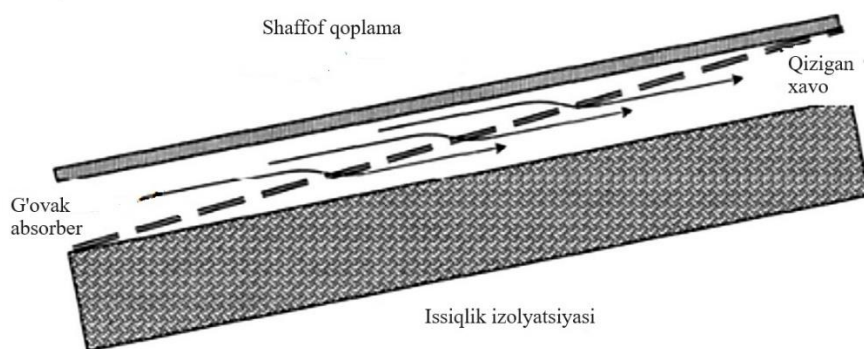
Havo qizdiruvchi kollektorlari asosan yassi ko'rinishda tayyorlanadi. Ular quyi va yon devor korpusida joylashgan issiqlik izolyatsion material, absorber, yuqori shaffof qoplama va korpusdan tashkil topadi. Atmosfera va boshqa ta'sirlarga chidamlilikni hisobga olib har xil komponentlar, korpus va boshqa materiallarni tanlashda suyuqlikli kollektorlar kabi asosiy qoidalarga rioya qilinadi.

Havo qizdiruvchi kollektorlarining absorber konstruksiyasiga qarab 2 ta sinfga bo'linadi:

- havo o'tkazuvchi matrisali absorber ko'rinishida (3.8.1-rasm);
- havo o'tkazmaydigan yassi absorber ko'rinishida (orqa tomondan) (3.8.2-rasm).

Havo o'tkazuvchi matritsali absorberli havo kollektori (kelgusida qisqacha qilib matritsali absorber haqida gapiriladi) ochiq g'ovaklarga ega g'ovak materialdan tashkil topadi (bu yerda «matritsa» atamasi ishlatilgan). Misol uchun, bu havo yuliga havo filtri sifatida qo'yiladigan penoplastli plastinalar yoki to'quvchilikda ishlatiladigan qora g'ovak material bo'lishi mumkin. Quyosh nurlanishi nafaqat absorber qatlaminin yuzasida balki uning ichki qismida ham yutiladi. Shaffof qoplama bilan absorber o'rtasiga o'zgaruvchan kenglikka ega tirqish qo'yiladi, bu absorberga havo

uzatish uchun xizmat qiladi. Havo absorber orqali filtrlanish jarayonida issiqlikni ham oʻziga oladi.



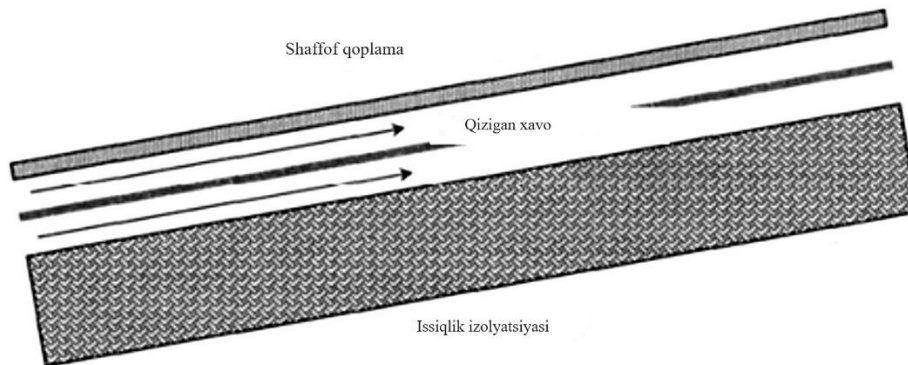
3.8.1-rasm. Matritsali absorberli quyosh havo qizdiruvchi kollektori.

3.8.2-rasmda koʻrsatilganidek havo absorberga parallel holda, yoki absorber ikki yuzasi boʻylab yoki uning orqa tomoni boʻylab harakatlanadi. Issiqlik havoga absorber devori boʻylab konveksiya yoki issiqlik oʻtkazuvchanlik usuli yordamida beriladi. Tashqi havoni isitish uchun kollektor foydalanilganda odatda havo oʻtkazuvchi matritsali absorberli kollektor samaraliroqdir. Gap shundaki, tashqi havo past haroratda boʻlganida yuqori shaffof qoplama sovuq boʻladi, ikki absorber yuza boʻylab havo harakatlanuvchi, havo oʻtkazmaydigan absorberli konstruksiyadan foydalanilganda shaffof qoplama orqali issiqlik yoʻqotishlar yuqori boʻladi. Bu holatda, odatiy sharoitda havoni yuqori haroratgacha qizdirish talab qilinsa, eng avvalo havo oʻtkazmaydigan absorberli konstruksiyaning orqa tomonidan havo harakati mavjud konstruksiya Afzal hisoblanadi.

Qizigan havo sovuq haroratdagi shaffof yuqori qoplama bilan kontaktga boʻlmaydi, issiqlik uzatish koeffisienti kichik boʻladi. Absorberdan issiqlik tashuvchiga issiqlikni yaxshi uzatilishini koʻrib chiqish kerak va suyuqlikli kollektorlarga nisbatan havo kollektorlarini loyihalashda absorberning etarli darajada yuqori samaradorlik koeffisientini koʻrib chiqish kerak. Havoning issiqlik oʻtkazuvchanligi suvnikidan 24 marta kichikdir. Shuning uchun issiqlik almashinishi uchun katta yuzani hosil qilish va tor koʻndalang kesimdagi havo oqimini yaratish kerak. Shu bilan birgalikda, issiqlik tashuvchini harakatini taʼminlovchi ventilyatorlarning ishiga sarflanadigan elektr energiya chiqimi va gidravlik qarshilikni koʻrib chiqish kerak. Kanalda havoning oʻrtacha tezligi ortishi bilan gidravlik qarshilik ham tezda ortadi. Umuman olganda, absorberdan havoga nisbatan issiqlik uzatish koeffisienti sekinlik bilan ortib boradi. Kollektorda aniq konstruksiyalarda havo kanallarini optimallashtirish lozimdir. Optimallashtirishdan maqsad shundan iboratki, samarali issiqlik uzatishda haddan ziyod havoning bosimi tushmasligi uchun absorber bilan katta yuzadagi kontakt hosil qilish imkoniyatini oshirish kerak.

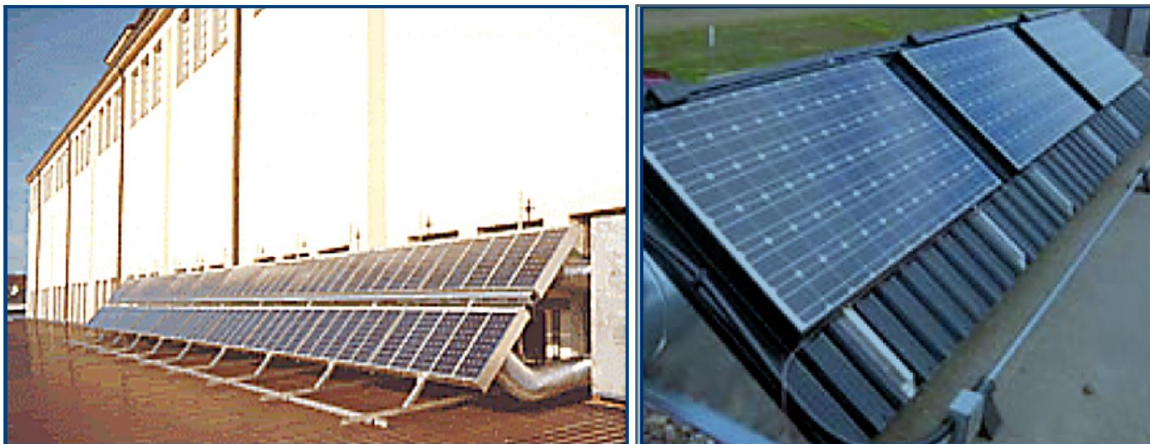
Shuningdek hozirda fotoelektrik batareyalar bilan havo qizdiruvchi kollektorlarining kombinatsiyasi asosida havo fotoissiqlik qurilmasi (PV-T kollektor)

konstruksiyasi ham yaratilgan. Odatda bino fasadlarida va tomilarida oʻrnatilgan fotoelektrik modullarni orqa tomonida sovutish uchun tabiiy konveksiya yoki majburiy havo sirkulyatsiyasini hosil qilib quyosh elementlari sovutilmoqda (3.8.3-rasm.).



3.8.2-rasm. Havo oʻtkazmaydigan absorberli quyosh havo kollektori.

SolarVenti kompaniyasi 2001-yilda jahon bozoriga xuddi shunday konstruksiyani (3.8.3-rasm.) taklif qildi. Konstruksiya kompaniya tomonidan ishlab chiqilib fotoelektrik modullarni sovutish orqali dacha tipidagi uylarni avtomatik shamollatish boʻlgan. SolarWall kompaniyasining birqancha ishlanmalari ham savdoda oʻz oʻrni topib rivojlanib ketdi. Fotoelektrik modullarning orqa qismidan ajralib chiqayotgan issiqlik ventilyasiya yoki konditsionerlash yordamida binoning issiqlik taʼminoti uchun yoʻnaltirilgan.



3.8.3-rasm. SolarWall kompaniyasi tomonidan yaratilgan havo fotoissiqlik qurilmalari.

3.9. Passiv va aktiv sirkulyatsiyali quyosh suv isitgichlarining ish jarayoni

Kollektorlar, bak-akkumulyator va ulash quvur oʻtkazgichlar tizimi sovuq suv bilan toʻldirilgan holatni koʻrib chiqamiz. Quyosh nurlanishi shaffof qoplama (shisha) orqali oʻtib kollektorning yorugʻlik yutuvchi panelini va uning kanallaridagi suvni qizdiradi. Qizish jarayonida suvning zichligi kamayadi, qizigan suyuqlik kollektorning yuqori nuqtasiga koʻcha boshlaydi, soʻngra quvur boʻylab bak-akkumulyatorga oʻtadi.

Bakda qizigan suv yuqori nuqtaga ko'chadi, sovuqroq suv esa bakning quyi qismida joylashadi, ya'ni haroratga bog'liq holda suvning qatlamlarga ajralishi ro'y beradi.

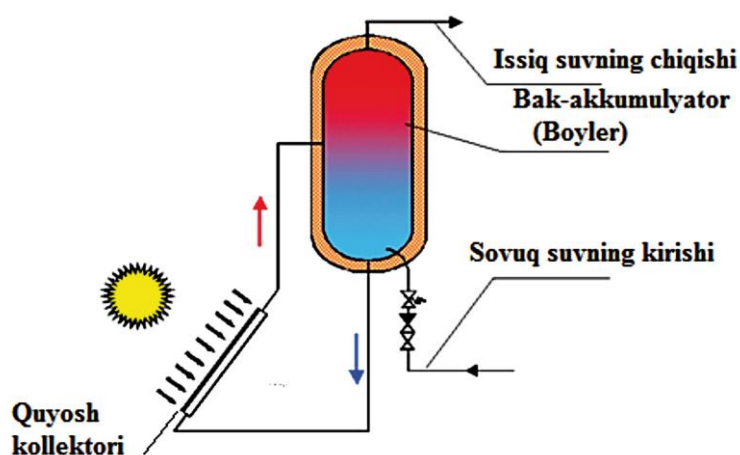
Sovuq suv quvur bo'ylab bakning quyi qismidan kollektorning quyi qismiga harakatlanadi. Shunday qilib, yetarlicha quyosh radiatsiyasi mavjudligida kollektor konturida doimiy sirkulyatsiya o'rnatilib, uning tezligi va jadalligi quyosh nurlanishi oqim zichligiga bog'liq bo'ladi.

Natijada tizimda bosimlar farqi (Δp , Pa) vujudga kelib quyosh kollektorida tabiiy sirkulyatsiyani chaqiradi, ya'ni

$$\Delta p = g \times H \times (\rho_1 - \rho_2)$$

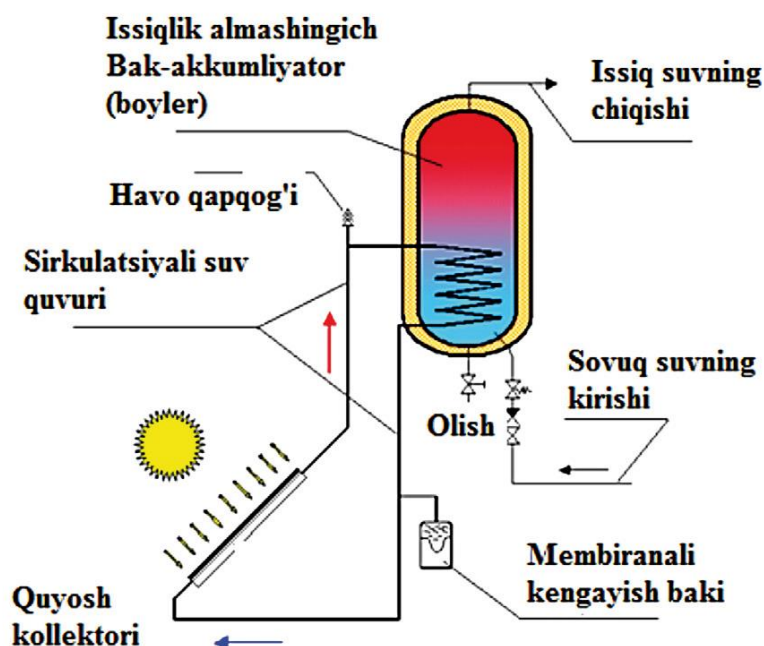
bunda $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $N = H_1 - H_2 \text{ (m)}$ – bak akkumulyatorida qizigan suvning kirishida yuqori chegarasi va quyosh kollektorining quyi sovuq suv kirish qismi farqi; ρ_1 va ρ_2 – mos ravishda bak akkumulyatorining quyi qismi sovuq suvining (T_1) va bak akkumulyatorida qizigan suvning (T_2) zichligi.

Qanchalik (T_1) va (T_2) farqi yuqori va N qiymati katta bo'lsa qurilmada suvning tabiiy sirkulyatsiyasi jadalligi yuqori bo'ladi. Bunday tizimning o'ziga xosligi shundaki, termosifon tizim holatida bak akkumulyatorning quyi nuqtasi kollektor yuqori nuqtasidan 3–4 m dan baland bo'lmasligi zarur, nasos sirkulyatsiyasida bak-akkumulyator ixtiyoriy joylashishi mumkin. Bunday shart nafaqat kunduz vaqt davomida quyosh nurlanishi mavjudligida normal suv sirkulyatsiyasini ta'minlash uchun, balki qurilmada suvning teskari sirkulyatsiyasining oldini olish uchun ham muhimdir. Bu qurilmalar butun dunyoda, ayniqsa issiq iqlim mamlakatlarida keng qo'llanilishi, ekspluatatsiyasi, tayyorlanishi jihatidan juda oddiy sanaladi.



3.9.1-rasm. Suvni to'g'ridan to'g'ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizim.

Sovuq iqlim sharoitlarida quyosh suv isitish kollektorlarining bir konturli emas, ikki konturli sxemasidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Unda kollektorda qizdiriladigan asosiy issiqlik tashuvchi sifatida istalgan muzlamaydigan, kimyaviy faol bo'lmagan, (masalan, suvning etilen yoki propilen bilan aralashmasi, antifriz, glizantin (suvning glitserin bilan aralashmasi) va boshqalar) suyuqliklar xizmat qiladi.



3.9.2-rasm. Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizimning prinsipial sxemasi.

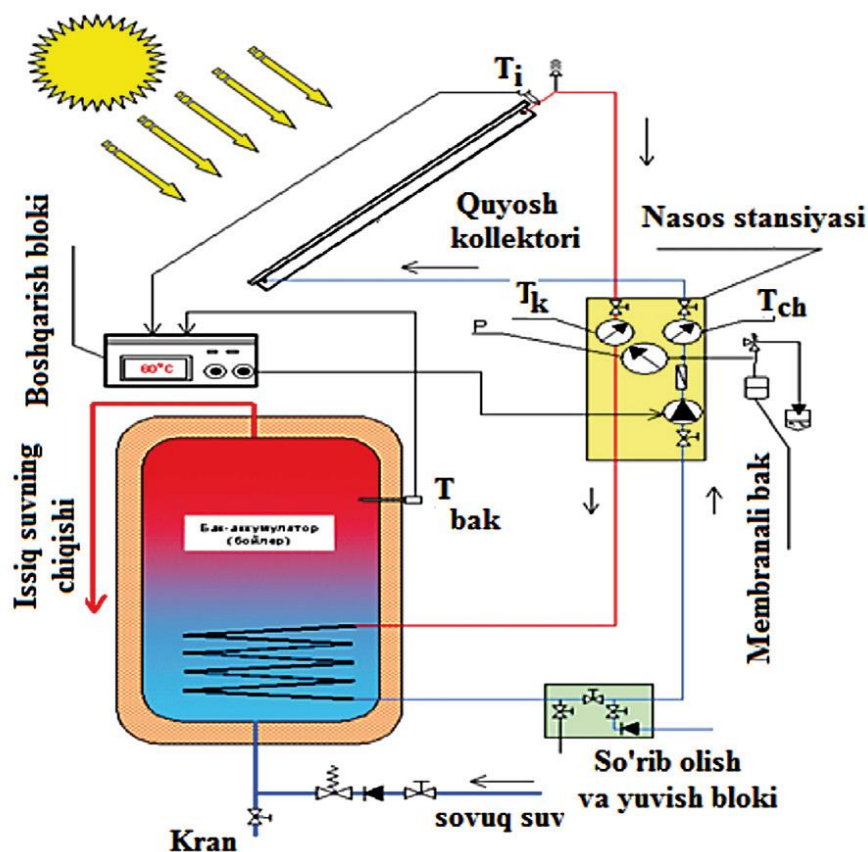
Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizim: bunday tizimning ishi bir konturli tizimning ishiga o'xshashdir, lekin tizimda bak-akkumulyatorida issiqlik almashingich, quvur o'tkazgichlar, kollektorlardan iborat alohida berk kollektor konturi mavjud. Bu kontur maxsus qoidaga muvofiq muzlamaydigan issiqlik tashuvchi bilan ta'minlanadi.

Kollektorda issiqlik tashuvchi qizigandan so'ng issiqlik almashtirgichning yuqori qismiga kelib tushadi va o'z issiqligini bakda joylashgan suvga uzatadi, so'ngra sovib pastga harakat qiladi, ya'ni kollektorning kirish qismiga harakatlanadi. Bunda u quyosh radiatsiyasi ta'sirida doimiy sirkulyatsiyani amalga oshiradi.

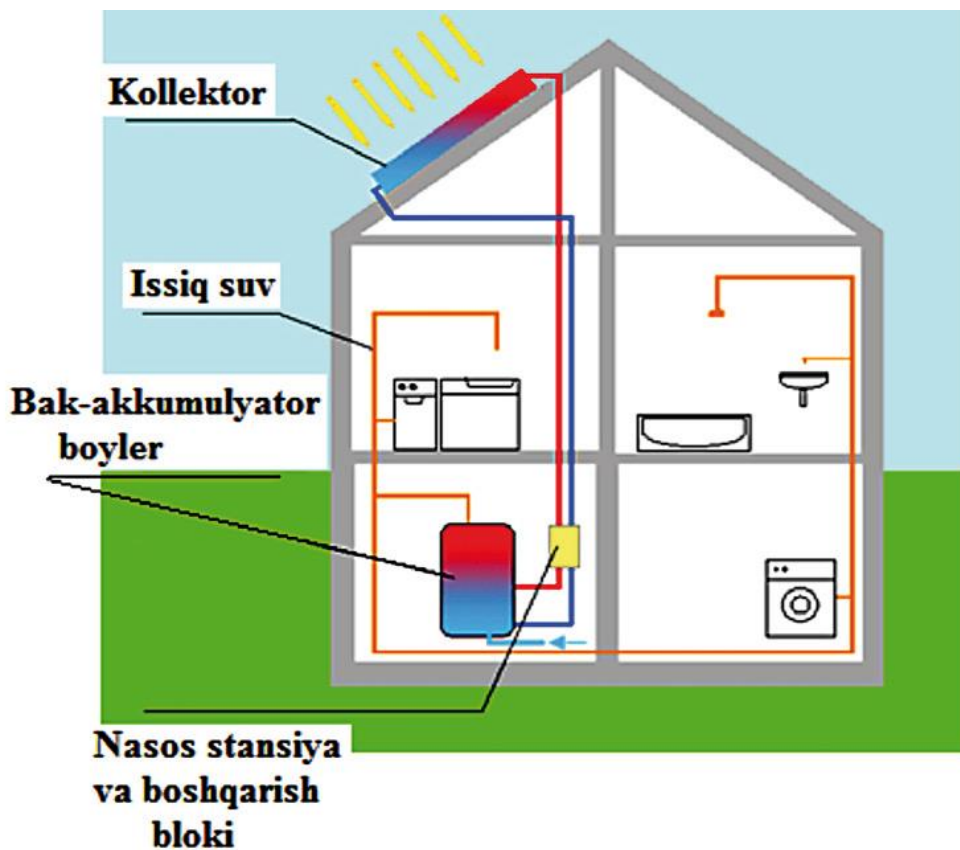
Bunda ham termosifon holatida bak akkumulyatorning quyi chegarasi va kollektorning yuqori nuqtasi farqi 3–4 metrdan oshmasligi zarur, nasos rejimida bak-akkumulyator ixtiyoriy joyda o'rnatilishi mumkin.

Majburiy sirkulyatsiyali tizimlarda kollektor konturiga sirkulyatsiyali nasos qo'shiladi, shu sabab binoning istalgan qismida bak-akkumulyatorni joylashtirish imkonini beradi. Kollektorda issiqlik tashuvchining harakat yunalishi majburiy sirkulyatsiya yunalishi bilan mos tushishi kerak.

Nasos rejimini o'chirish yoqish differensial boshqarish relesidan tashkil topgan, ya'ni bakda va kollektorlarning chiqish qismiga o'rnatilgan harorat datchiklari ko'rsatkichlarini taqqoslovchi elektron boshqarish bloki yordamida amalga oshiriladi. Agar kollektorlardagi harorat bakdagi suv haroratidan yuqori bo'lsa nasos qo'shiladi. Bak va kollektor o'rtasidagi doimiy harorat farqini hisobga olib nasos ish jarayoni va issiqlik tashuvchining aylanish tezligini o'zgartirishga imkon beruvchi bloklar ham mavjud. Aktiv sirkulyatsiyaga ega tizimlar odatda ikki konturli bo'ladi.



3.9.3-rasm. Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimining prinsipial sxemasi.



3.9.4-rasm. Issiq suv ta'minoti uchun binoda quyoshiy tizimlar elementlarining joylashishi.

3.10. Quyosh energetik qurilmalarini tayyorlash, montaj va ekspluatatsiyasi

Quyosh energetik qurilmalari uchun materiallarni tanlash

Quyosh energetik qurilmalarining issiqlik ta'minoti oddiy tizimlar bilan taqqoslaganda o'ta sinchkovlik bilan loyihalash, elementlarni konstruksiyalash, montaj va ekspluatatsiyasini talab qiladi. Jami hisob davri davomida quyosh qurilmalarining samarali ishini ta'minlash uchun geliotexnik qurilmalar va ularni tayyorlash uchun materiallarni to'g'ri tanlashni amalga oshirish talab qilinadi.

Quyosh kollektorlarining korpusini tayyorlash uchun materiallar. Aktiv geliotizimlarning asosiy elementi bo'lib quyosh energiyasining kollektori va issiqlik akkumulyatori hisoblanadi. Tizimning bu elementlarini tayyorlash uchun har xil materiallardan – materiallar, plastmassalar, shisha, beton, yog'och, polimer plenka, issiqlik izolyatsion materiallar, rezina foydalaniladi. Materiallarni tanlashga asosiy talab ekspluatatsiya sharoitida ishchi suyuqlik bilan konstruktiv materiallarning muvofiqligi hisoblanadi. Quyosh kollektorlarining ish jarayonining o'ziga xosligi unga tashqi muhitning ta'siri hisoblanadi. Shuning uchun bunday konstruktiv materiallarni o'zida biriktirgan kollektor korpusi, ya'ni quvurchali yoki issiqlik tashuvchi uchun kanalli nur yutuvchi yuza, shisha qatlamli, issiqlik izolyasiya uni tashqi muhit ta'siridan, umuman olganda zararli moddalar chang, nam tushish ta'siridan ishonchli himoyalashi zarur.

Kollektor korpusi ruxlangan, temirdan, alyuminiydan, shisha to'qimalardan, yog'och kauchchik, kompozit materiallar va boshqa materiallardan tayyorlanishi mumkin.

Materiallarni tanlash materiallarning mavjudligini hisobga olgan holda va konstruksiyaga mos ravishda amalga oshiriladi. Shunday qilib vakuum trubkali quyosh kollektori uchun yuqori sifatli borsilikatli shishadan tayyorlangan trubkalar kerak bo'ladi. Kollektor elementlarini tayyorlash uchun foydalaniladigan barcha materiallar eng katta va eng kichik ish haroratiga bardosh berishi zarur. Kollektor korpusining ichki qismida absorber kengayishi uchun erkin fazoviy bo'shliq kuzda tutilgan bo'lishi va undagi harorat 200 °C va undan yuqori bo'lishi mumkin (issiqlik tashuvchi mavjudligida).

Kollektorning nur yutuvchi yuzasi uchun materiallar. Geliotizimlarning elementlarini tayyorlash uchun konstruktiv materiallarni tanlashda ishchi suyuqliklar bilan ularni muvofiqligini hisobga olish zarur. Bunda karroziyaning oldini olish uchun quyidagi tavsiyalarni nazarda tutish zarur.

Alyuminiy – bu materialni suv quvuridan kelayotgan suv bilan ($pH = 5 \div 9$) kimyoviy qayta ishlanmagan va karroziya ingibitorlarini qo'shmagan holatda to'g'ridan-to'g'ri kontakt holatda qo'llash mumkin emas; u to'g'ridan-to'g'ri kontakt holatida distillangan yoki korroziya ingibitori mavjud suv bilan qo'llanilishi mumkin,

faqat alyuminiy galvanik juftliklar hosil qiladigan kichik musbat elektrodli potensialga ega mis yoki temir bilan kontaktda bo'lmalik zarur. Bundan tashqari, alyuminiy tarkibida suv bo'lmagan organik suyuqliklar bilan ishlashi mumkin. Quvurlarda suv eritmalarining va suvning tezligi 1,25 m/s dan oshmasligi zarur.

Mis va uning qotishmalarini tarkibida xloridlar, sulfatlar va sulfidlar kam bo'lgan quvur suvi yoki ionlashgan, distillangan suv bilan to'g'ridan-to'g'ri kontaktda bo'lishi mumkin. Misni quyidagi holatlarda qo'llash mumkin emas:

1) Tarkibida yuqori konsentratsiyali vodorod sulfidi, xloridlar va sulfatlar bo'lgan suv eritmaları bilan kontaktda;

2) Suv yoki eritmalarining harakat tezligi 1,25 m/s dan yuqori va pH 5 gacha bo'lgan holatda to'g'ridan-to'g'ri kontaktda bo'lganida.

Po'latni distillangan, deponlashgan suv yoki kichik tuz tarkibida korroziya ingibitori ($pH = 8 \div 12$) dan iborat suv bilan to'g'ridan to'g'ri kontaktda bo'lishi tavsiya qilinadi. Uni qayta ishlanmagan quvur suvi, pH 12 dan baland yoki pH 8 gacha bo'lgan konsentratsiyadagi distillangan, deionlashgan suv bilan to'g'ridan-to'g'ri kontaktda qo'llash mumkin emas.

Ruxlangan po'lat (temir) tarkibida suv bo'lmagan organik suyuqliklar va katod himoyali issiqlik akkumulyatorlarining ichki obshivkasi uchun qo'llash kerak. Uni tarkibida pH 8 gacha yoki pH 12 dan baland bo'lgan mis ionlaridan iborat suv eritmaları, shuningdek suv harorati 55 °C dan baland bo'lgan holatda to'g'ridan to'g'ri kontaktda qo'llash mumkin emas. Zanglamaydigan po'lat ishchi muhitlarda korroziyon emirilish va kristall aro korroziya, pijjing korroziyasiga yuqori qarshilikka ega bo'lishi zarur. Uni tarkibida suv bo'lmagan organik suyuqliklar bilan kontaktda qo'llash mumkin. hamma qolgan holatlarda zanglamaydigan po'lat markasini tanlash aniq suyuqlik muhiti bilan uning muvofiqligiga asoslangan bo'lishi zarur. Plastmassa, rezina, kauchchuk, kompozitsion materiallar suyuqlikli issiqlik tashuvchilar suv va boshqa suyuqliklar bilan yaxshi mos keladi. Ammo ularni geliotexnika sohasida qo'llashning masshtablari hozircha keng emas.

Materiallar quyidagi xarakteristikalarga ega bo'lishi zarur:

- Atmosfera omillari – yog'inlar, ifloslanish va h.k va ultrabinafsha nurlanishning ta'siriga yaxshi barqarorlik;
- - 25 °C dan 150 °C gacha harorat tebranishga dosh berish qobiliyatligi;
- Yetarli mexanik mustahkamlik va yong'in xavfsizligi;

Plastmassalarning kamchiliklari: ultrabinafsha nurlanish ta'siri ostida degradatsiyalanadi va kollektorda issiqlik tashuvchi yo'qligida rivojlanishi mumkin bo'lgan yuqori haroratga dosh berolmaydi. Agar plastmassalar, kauchchik, rezina va kompozitsion materiallar qo'llanilsa, kollektorning massasi 5–10 kg/m² gacha kamayadi. Germaniya, Fransiya mamlakatlarida quyosh kollektorlari sintetik kauchchikdan va ultrabinafsha nurlanish ta'siri ostida o'zgarmaydigan, kichik tannarx,

yuqori samaradorlikka ega kichik (-30°C gacha) yuqori ($110\text{--}140^{\circ}\text{C}$ gacha) dosh beradigan, chidamli plastmassa quvurlaridan tayyorlanadi va ishlab chiqiladi. $1\text{ kVt}\cdot\text{soat}$ issiqlik energiyasi ishlab chiqaradigan plastmassali quyosh kollektorining tannarxi, metall konstruksiyaga nisbatan 10–12 marta arzon, suyuq yoqilg‘i yongandagi energiyaga nisbatan 4–5 marta kichikdir.

Yaqqol ko‘rinib turibdiki, zamonaviy polimer va kompozitsion materiallardan foydalangan holda quyosh kollektorlarining yangi turlarini yaratish, ishlab chiqarishga asosiy kuchni yo‘naltirish kerak. Yakka holdagi aholi turar joylarida, poselkalarda, qishloq qishloq xo‘jaligiga obyektlarida issiq suv olish uchun mo‘ljallangan past haroratli quyosh qurilmalarida shuningdek suzish basseynlarida isitish uchun plastmassali kollektorlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Quyosh kollektorlarining shaffof izolyasiyasi uchun materiallar. Quyosh kollektorlarida issiqlik yo‘qotishlarni kamaytirish uchun va uning ichiga yong‘inlarni kirmasligini oldini olish uchun shaffof izolyasiyadan foydalaniladi. Odatda quyosh kollektorlarida shaffof izolyasiyaning bir yoki ikki qatlamidan foydalaniladi, lekin quyosh kollektorining shaffof izolyasiyasiz konstruksiyasi, ba‘zan uch qatlamli izolyasiyadan iborat konstruksiyasi ham foydalaniladi.

Shaffof izolyasiya materiali quyosh nurlanishi oqimi zichligi (to‘lqin uzunligi 0,3 dan 2,5 mkm) uchun yuqori o‘tkazuvchanlik qobilyatiga (koeffisient) ega bo‘lishi zarur va bir vaqtda uzun to‘lqinli nurlanish (3 mkm dan ortiq) – issiqlik nurlanishi, ya‘ni absorber yuzasidan chiqayotgan nurlanish uchun amaliy jihatdan shaffof bo‘lmasligi zarur.

Odatda rom shishasidan ham foydalaniladi, eng yaxshisi tarkibida temir oksidi kam bo‘lgan shishadan foydalanish zarur. Shisha metall yuzadan II – shakldagi prokladka yordamida izolyasiyalangan bo‘lishi kerak va bu issiqlik kuchlanishlari ta‘siri natijasida tirqishlarning hosil bo‘lishi, shishani zararlanishini oldini oladi. Shaffof izolyasiyaning muqobil materiali sifatida polimer plyonka ham xizmat qiladi, afsuski sezilarli kamchiligi ultrabinafsha nurlanish ta‘siri ostida degradatsiyalanishi hisoblanadi. Ammo uning past narxini hisobga olib uni qo‘llash maqsadga muvofiqdir. Polimer plyonka (shisha bilan taqqoslanganda) quyosh nurlanishini yaxshi o‘tkazadi, shuning uchun shisha qatlamini o‘rniga polimer plyonkani qo‘llash mumkin. Plyonkaning yaroqlilik muddatini oshirish uchun uni ultrabinafsha nurlanishi ta‘siriga barqarorligini oshirish maqsadida maxsus qayta ishlash zarur.

Kollektorlar uchun issiqlik izolyatsion materiallar. Issiqlik izolyatsion material quyidagi talablarga javob berishi zarur. U kichik issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffisientiga λ , kichik zichlikga ρ , yuqori erish haroratiga, ob-havo sharoitlari ta‘siriga va har xil tashqi ta‘sirlarga yuqori qarshilikka ega bo‘lishi zarur. Eng yaxshi issiqlik izolyatsion materiallar bo‘lib penopoliureton vapolistirol xizmat qiladi, shuningdek mineral vata va shisha vata qo‘llanilishi mumkin.

Issiqlik izolyatsion materiallar

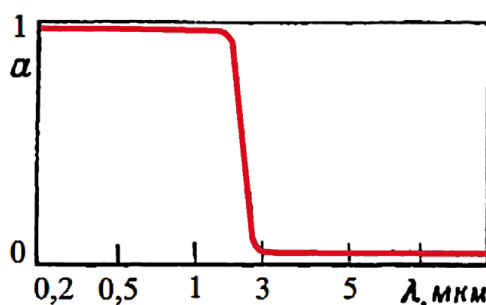
Material	$\lambda, \text{Wt/(m}\cdot\text{K)}$	$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$
Polistirol	0,035	80	0,02
Penopoliuretan	0,028	100	0,035
Penoplast	0,03-0,08	150	0,0-0,7
Polivinilxlorid	0,035	130	0,04-0,08
Polimetakrilamid	0,029-0,035	160	0,03-0,2
Mineral paxta	0,038	200	0,145
Shisha tola	0,036	300	0,12

Quyosh kollektorlarining konstruksiyalarida eng ko‘p qo‘llaniladigan ba’zi xarakteristikalari 3.10.1-jadvalda keltirilgan.

Zichlagich materiallar va prokladkalar. Quyosh kollektorlari korpusida shishani zichlashtirish uchun ko‘pgina hollarda silicon rezina mos keladi. Zichlashtirgich prokladkalarni shishaning ikki tomonidan joylashtirish zarur. Bunda prokladka shisha uchun oraliqli Π -shaklga ega bo‘lishi lozim.

Selektiv qoplamalar uchun materiallar

Quyosh nurlanishi spektrida quyosh kollektorining absorber yuqori yutish qobiliyatiga ega bo‘lishi zarur. Shu bilan bir qatorda yutish yuzasining issiqlik nurlanishi hisobiga energiya yo‘qotiladi, shuning uchun yo‘qotishni kamaytirish maqsadida bu yuzaning nurlanish qobiliyati uzun to‘lqinli sohada imkon qadar kichik bo‘lishi kerak. Ko‘pchilik yassi kollektorlarda yutuvchi yuzaning harorati 200°C (473 K) dan ortmaydi, bu vaqtda Quyosh yuzasining samarali harorati taxminan 6000 K atrofida bo‘ladi. Bu shuni anglatadiki, tushayotgan quyosh nurlanishi spektrial diapozoni va yuzadan taralayotgan uzun to‘lqinli nurlanish (3 mkm dan kam bo‘lmagan to‘lqin uzunligi sohasiga atmosferadan tashqari quyosh nurlanishi spektrining 98% qismi 200°C haroratdagi qora jismning 1% dan kam bo‘lmagan nurlanishi demakdir). Aynan bu holat uzun to‘lqinli nurlanish sohasida va quyosh nurlanishiga nisbatan yuqori yutish qobiliyatiga ega – selektiv yuzalarni yaratishni taqozo etadi.



3.10.1-rasm. Bo‘lag‘a to‘lqin uzunligi 3 mkmga ega bo‘lgan ideal selektiv yuza.

Selektiv yuza tushunchasining mohiyatini 3.10.1-rasmda ifodalangan grafikdan anglash mumkin. Unda ifodalangan ideal yuza yarim kulrang deb nomlanadi, chunki uni Quyosh spektri sohasida kulrang sifatida qarash mumkin (ya'ni, 3,0 mkm dan kichik to'liq uzunligi diapozonida). Bunday ideal yuza uzun to'liqlik sohasida juda kichik spektral akslantirish qobiliyatiga ega.

Quyosh nurlanishi spektrida yutish qobiliyati va uzun to'liqlik nurlanish sohasida nurlanish qobiliyati mos keluvchi to'liq uzunligi diapozonida integrallash yo'li bilan olingan spektral akslantirish qobiliyati haqidagi ma'lumotlar bo'yicha aniqlanadi.

Quyosh nurlanishiga nisbatan yutish qobiliyati adabiyotlarda belgilanishiga ko'ra α tarzida, nurlanish qobiliyati esa ε ko'rinishida bo'ladi.

Ma'lumki Quyosh kollektorlari odatda etarli darajada kichik haroratlarda ishlaydi, amaliy jihatdan taralayotgan hamma nurlanish 3 mkm dan katta bo'lgan to'liq uzunligi sohasiga to'g'ri keladi.

α – yutish qobiliyati yuzada yutilayotgan Quyosh nurlanishi energiyasining ulushi bilan aniqlandi. Bu kattalikni ish rejimidan mustaqil holda bir birlikga teng bo'ladigan maksimal qiymatgacha oshirish mumkin.

ε – nurlanish qobiliyati xuddi shu haroratda qora jism tomonidan nurlanayotgan energiyaga nisbatan yuzadan taralayotgan nurlanish energiyasi qancha qismni tashkil etishini ko'rsatadi.

Selektiv yuzaning samaradorlik mezonini sifatida ko'pincha α/ε munosabatidan foydalaniladi. Ushbu koeffitsientda nurlanish konsentratsiyasi bu munosabatda eng katta erishiladigan harorat va shu bilan bir qatorda eng maksimal FIK ni aniqlaydi. Ammo tizimining umumiy FIK ni aniqlash uchun α va ε ning qiymatlarini alohida berish kerak.

Uzun to'liqlik nurlanish sohasida yuqori o'tkazuvchanlik koeffitsienti va Quyosh nurlanishiga nisbatan yuqori yutish koeffitsientiga ega qoplama kichik nurlanish qobiliyatiga ega bo'lgan holda yuzaga qoplanish mumkin. Natijada qoplama quyosh nurlanishini yutadi, taglik esa spektrning uzun to'liqlik qismida (xususiyatlari yomon) nurlantirgich hisoblanadi.

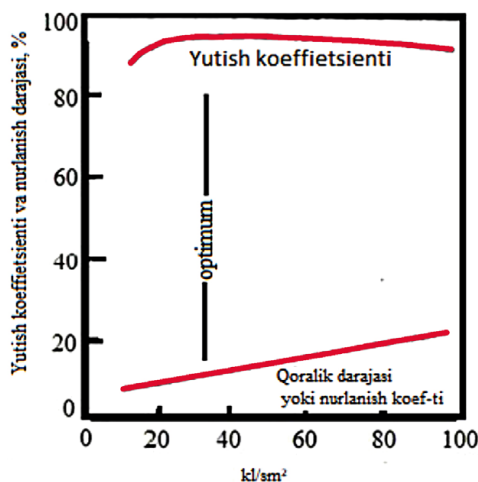
Qoplama bir jinsli yoki kichik donali strukturaga ega bo'lishi mumkin, buning natijasida uning xossalari qoplama materialining xususiyatlariga qarab optik xossalari ko'ra aniqlanadi. Metall tagliklarga metall oksidlardan iborat qoplama qo'llaniladi, masalan, alyuminiyga mis oksidi, misga mis oksidi, ruxlangan temirga qo'yilgan nikel rux sulfidi kabilar. Quyosh kollektorlarida qora xromdan iborat qoplama keng qo'llaniladi. Taglik bo'lib mis yoki po'latga qo'yilgan nikel xizmat qiladi. Qoplama xrom kislota va boshqa reaktivlardan iborat galvanak vannada elektr tindirish usuli bilan hosil qilinadi. Laboratoriya sharoitlarida yutish koeffitsienti 0,95 gacha va nurlanish koeffitsienti 0,14 gacha bo'lgan qiymatlar olingan. Kichik akslantirish qobiliyatidan yuqoriga o'tish amalga oshiriladigan to'liq uzunligi intervali

1,5 dan 5 mkm gacha tashkil etilishi aniqlangan. Bunda qoplama qalinligi ortganda o'tish uzun to'lqinlar tomonga siljiydi. Qoplama zarralar va bo'shliqlar to'plamidan iborat.

Mis plastina yuzasida qora misdan iborat selektiv qoplama olish uchun 140°C gacha qizitilgan natriy gidrooksidi yoki natriy xlor oksidi eritmalarida har xil vaqtlar oralig'ida sinchkovlik bilan qayta ishlanadi va mis oksidi qatlami yaratiladi. AQSH da ham «Ebanol» nomi ostida shunga o'xshash patentlangan qoraytirish jarayonidan foydalaniladi. Qoplamaning yutish qobiliyatini interferensiyadan foydalanish hisobiga oshirish mumkin. vakuum trubkali kollektorlarda selektiv yuzalarni yaratish vakuumda uchirish usullari orqali horijiy tadqiqotchilar tomonidan o'rganildi. Metall qoplamani olish uchun uchirish usuli inert atmosferada (Argonda) olib borish yoki metal – karbit metall qoplamasini yaratish uchun (Argon, 1–2% metan aralashmasi bilan) atmosferasida hosil qilish mumkin.

Ma'lum bo'lishicha bu qoplamalar mo'tadil yutish qobiliyati ($\alpha = 0,8$) da juda kichik nurlanish qobiliyati ($\varepsilon = 0,03$) ga ega bo'ladi. Ko'pchilik qo'llanilish holatlari uchun ular juda yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lishi lozim.

Parabolotsilindrik konsentratorlar bilan ta'minlangan kollektorlar bilan ta'minlangan kollektorlarning qabul qilgich yuzalarida 300 dan 400 °C gacha ishchi harorat olishda selektiva metall keramik qoplamalarni yaratish uchun uchirish usuli qo'llaniladi. Po'lat quvurning qabul qilgich yuzasiga to'rtta qatlam yotqiziladi: qoplama po'lat tagligining molekulyar diffuziyasini oldini oladigan antideffuzion oksid qatlami; infraqizil nurlanishni akslantiruvchi va kichik nurlanish ko'effisientini ta'minlaydigan; metall keramik qatlamini yutadigan va oksid qatlamini shaffoflantiradigan: Bunday qoplamala vakuum izolyasiyasida ham ishlaydi, quyosh nurlanishiga nisbatan yutish qobiliyati 0,96 ga, 350°C da uzun to'lqinli nurlanish sohasida nurlanish qobiliyatining hisob qiymati 0,16 va 400°C atrofida bo'lgan qabul qilgichdagi haroratda g'oyat barqarorlikka ega.



3.10.2-rasm. Qora xromni tindirish vaqti va tok zichligiga bog'liq holda α va ε ning o'zgarishi.

Yassi quyosh kollektorlarida nurlanishi qobiliyatiga qaraganda qabul qilgich yuzaning yuqori yutish qobiliyati muhimdir. Ko'pgina yuzalar uchun 3.10.2-rasmda keltirilgan α va ε o'rtasidagi bog'liqlik xarakterlidir. Yuqorida ko'rib chiqilgan qora xrom uchun tindirish vaqtining optimumi (qoplama qalinligi) yaqqol ko'rinib turibdi. Boshqa selektiv qoplamalar uchun ularning fizik xossalarini tavsiflaydigan massaning birlik yuzaga optimal qiymati yoki boshqa miqdoriy ko'rsatgichlar oshkor emas.

Umuman olganda quyosh qurilmasining yil davomidagi ishiga α va ε ning ta'sirini baholash asosida xulosa berish mumkin. Ammo, umumiy qoida shundan iboratki, eng katta samaradorlik α qiymatining maksimumga yaqin bo'lgan oraliqlarida amalga oshiriladi. 3.10.2-jadvalda selektiv qoplama ega yuzalarning infraqizil nurlanish sohasida nurlanish qobiliyati va quyosh nurlanishiga nisbatan yutish qobiliyatining qiymatlari keltirilgan.

3.10.2-jadval

Selektiv yuzalarning xossalari

Qoplama	Quyosh nurlanishi diapazonida yutish qobiliyati, α_s	Infraqizil nurlanish diapazonida nurlanish qobiliyati, ε_T	Qoplamaning selektivlik darajasi, α_s/ε_T
Qora kraska:			
Matoviy	0,95-0,98	0,9-0,97	1
Silikonli	0,94	0,4	2,35
Akrilli	0,92-0,97	0,84-0,9	1,1
Qora xrom	0,87-0,93	0,1	9
Nikelda qora xrom	0,92-0,94	0,07-0,12	8213
Nikelda qora nikel	0,93	0,06	15
Qora rux	0,9	0,1	9
Alyuminiyda mis oksidi	0,93	0,11	8,5

3.10.3-jadval

Geliotizimlar uchun materiallarning xossalari

Material	S, kJ/kg · K)	ρ , kg / m ³	λ , Vt / (m · K)	α	ε
Qurilish materiallari					
Beton	0,834	1920-2240	0,8-1,73	0,6-0,98	0,88-0,97
G'isht	0,921	1920-2080	0,6-1,3	0,26-0,89	0,93
Yog'och	2,51-2,93	350-740	0,1-0,16	0,6	0,9
Keramik plita	0,8		1,7-2,9	0,02-0,08	0,6-0,9
Po'lat	0,5	7830	45	0,8-0,9	0,85
Oksidlangan temir	0,5	7-----10	55	0,8-0,94	0,94
Alyuminiy:					
polirovkalangan	0,88	2740	202	0,1-0,4	0,03
oksidlangan	0,88	2740	202	0,4-0,65	0,09

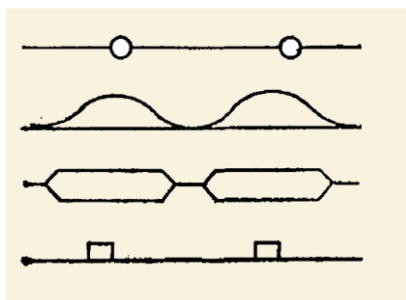
Yuqoridagi 3.10.3-jadvalda geliotizimlar uchun foydalaniladigan materiallarning xossalari keltirilgan.

Quyosh kollektorlari uchun issiqlik tashuvchilar. Quyosh kollektorlarida issiqlik tashuvchi sifatida istish va issiq suv ta'minoti suyuqlikli tizimlarida asosan suv yoki muzlamaydigan suyuqlikantifrizdan foydalaniladi. Havo kollektorlarida esa issiqlik tashuvchi havoning o'zi hisoblanadi. Suv issiqlik tashuvchi sifatida havo bilan taqqoslaganda aniq afzallik va kamchiliklarga ega. Suv yaxshi issiqlik fizikaviy xossalarga (issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, yopishqoqlik, zichlik va boshq.) ega, ammo tashqi sovuq haroratlarida geliotizimning boshqa elementlarida va suv quvurlarida suv muzlab qoladi. Uning muzlamasligini oldini olish uchun zarur choralarni ko'rish kerak. Masalan, Quyosh kollektoriga kelgan sovuq suv quvurining muzlamasligini oldini olish uchun elektr manbaidan ta'minlanadigan qizdirish kabellari bilan o'rab chiqish, qalin issiqlik izolyatsion materiallar bilan qoplash lozim. Jiddiy muammo bu suvning ko'pchilik konstruksion materiallar bilan karroziya faolligi hisoblanadi. Havo muzlamaydi va karroziyani chaqirmaydi, lekin issiqlik fizikaviy xossalarga ko'ra suvga o'z o'rnini bo'shatib beradi. Havo oqimi uchun havo yo'li va kanallarning o'lchamlari suyuqlikni tizimlarining konstruktiv elementlari o'lchamlariga nisbatan ancha kattaroqdir. Bundan tashqari havo tizimlarida ventilyatorlar katta miqdordagi energiyani iste'mol qiladi va shovqin hosil qiladi. Havo oqimi nur yutuvchi yuza bilan samarali issiqlik almashinuvini ta'minlash uchun absorberning to'liq yuzasini kesib o'tish zarur. Suv bilan bir qatorda, suyuqlik tizimlarda muzlamaydigan issiqlik tashuvchilar – etilen va propilenglikol va boshqalardan foydalaniladi. Ularning kamchiligi yaroqlilik muddatining kamligi hisoblanadi (3–5 yilgacha). Propilenglikol etilenglikoldan farqli ravishda zaharli hisoblanmaydi. Suvning zaharliligi karroziya ingibitorining qo'llanilish turiga bog'liq. Freonlarni qo'llash tavsiya qilinmaydi, chunki ular Yer atmosferasining ozon qatlamiga zarar yetkazadi.

Quyosh kollektorlarini tayyorlash va montaj qilish

Quyosh energiyasi kollektorlari qoidaga muvofiq zavod sharoitlarida tayyorlanadi va bir vaqtda tayanch konstruksiyalari ham tayyorlanadi. Ammo oddiy kollektorlarni mahalliy usulda qo'lbola holda tayyorlash mumkin, nazarda tutish kerakki, bu holda ularning issiqlik samaradorligi yuqori bo'lmaydi.

Quyosh kollektorlarida asosiy konstruktiv element absorber, ya'ni nur yutuvchi yuza hisoblanadi. Eng ko'p qo'llaniladigan yassi quyosh kollektorlari uchun har xil turdagi absorberlarning konstruktiv shakllari 3.10.3-rasmda keltirilgan. Suyuqlikli kollektorlarda eng ko'p foydalaniladigan nur yutuvchi, yuza katta bo'lmagan diametrda (10–15 mm) quvurlar qatoridan iborat yassi list bilan biriktirilgan konstruktiv elementlardan iborat.



3.10.3-rasm. Yassi suyuqlikli kollektorlarda absorberlarning sxemalari: a – yassi listda quvur; b – gofra va yassi listlar birikmasi; c – shtampli absorber; d – to‘g‘ri to‘rtburchak shaklida payvandlangan list.



1. Vakuum trubkaning bir uchiga xalqali prokladka kiydiriladi.



2. Trubkaning yuqori qismiga suyuq sovundan iborat aralashma surtiladi.



3. Bak teshigiga qarab buragan holda vakuumli trubkalarni joylashtiring.



4. Vakuum trubkaning boshqa uchini pastki kronshteynga joylashtiring.



5. Ohistalik bilan halqali prokladka yordamida teshikni yoping.

3.10.4-rasm. Yig‘ish bo‘yicha yo‘riqnoma.

Vakuum trubkali quyosh kollektorini yig‘ish va o‘rnatish: Quyosh kollektorini yig‘ish uchun kamida 2 kishi zarur bo‘ladi, ulardan biri albatta mutaxassis bo‘lishi zarur. Mutaxassisda albatta hamma instrumentlar bo‘lishi kerak. Undan tashqari suyuq

sovun va gubkadan ham foydalaniladi. Bitta qurilmani yig'ish va o'rnatish ishlari 2–3 soat vaqt egallaydi. Yig'ish va o'rnatish jarayoni yuriqnomaga muvofiq amalga oshiriladi. Tayanch karkas rama yuriqnomaga muvofiq fotosuratlardan foydalangan holda amalga oshiriladi. Yig'ishda asosan jamlanmaga biriktirilgan bolt va gaykalar yordamida tayanch karkas mahkamalanadi.

3.11. Minora turidagi Quyosh elektr stansiyalari va ularning energetik xususiyatlari

Minora tipidagi Quyosh elektr stansiyalari (MtQES) texnologik sikllari asosidagi g'oya bundan 370 yil oldin taklif qilingan edi. MtQES amaliy rivojlanishi XX asrning 1965-yillarida boshlanib 1980-yillarida bu tip boshqa turdagi QES qaraganda ancha rivojlana boshladi (3.11.1-jadval).

MtQES asosida mashhur termodinamik sikl yotadi, bunda IES dagi organik yoqilg'ilarni (gaz, neft, ko'mir, torf va boshq.) yoqish hisobiga bo'g' qozoni o'rniga shunga o'xshash qozon bo'lib quyosh energiyasi issiqligi hisobiga har xil bug'simon va suyuq issiqlik tashuvchilar ishlatiladi (3.11.1-rasm).

3.11.1-jadval

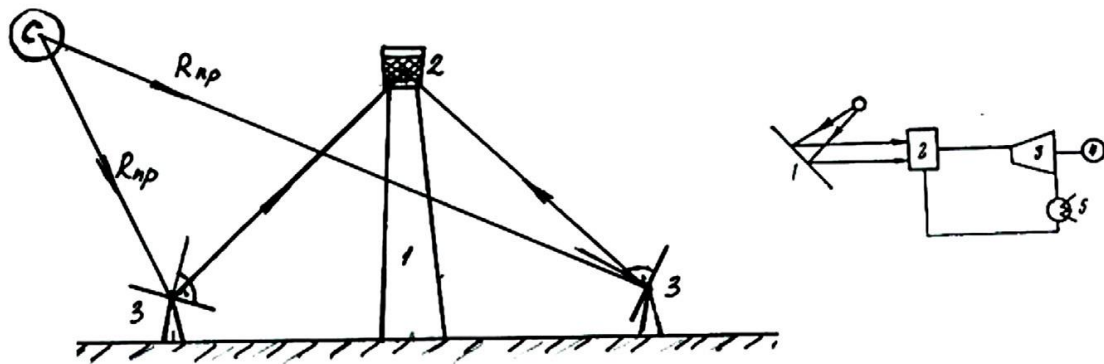
Dunyoda XX asr oxirida qurilgan MtQES

MtQES	Joylashish hududi	Davlat	Ishga tushirilgan yili	Elektrik N (MVt)	Issiqlik tashuvchi
SPSP	Alkeriya	Ispaniya	1981-yil	0,5	Suyuq natriy
EURELIOS	Sitsiliya	Italiya	1981-yil	1,0	Suv bug'i
SUNSHINE	Nio Town	Yaponiya	1981-yil	1,0	-
CESA-1	Alkeriya	Ispaniya	1983-yil	1,0	-
THEMIS	Targasonne	Fransiya	1982-yil	2-2,5	Tuzlar eritmasi
Solar One	Barstou	AQSH	1982-yil	10	Suv bug'i
Solar Two	Barstou	AQSH	1999-yil	10	Suyuq natriy
C3C-5	Qrim	Rossiya	1986-yil	5,0	Suv bug'i

Quyosh energiyasini qabul qilgich (qozon) Yerdan yuqori balandlikda minorada joylashadi, unga ko'plab avtomatik boshqariladigan oyna akslantirgichlar (geliostatlar) yordamida quyosh nurlanishi akslantiriladi. Boshqacha aytganda, Sirakuza shahri aholisiga Arximed qadimiy g'oyasi yordami yodga tushadi. Unga ko'ra Sirako'za portida dushman kemalari ko'zgularni akslantirish orqali yonib ketganligi aytib o'tiladi.

Quyosh nurlanishi zichlashtirilib bir nuqtaga yig'ilib bug'-issiqlik tashuvchi hosil bo'ladigan qozonning issiqlik yutuvchi yuzasiga beriladi, so'ngra bo'g' to'g'ridan to'g'ri issiqlik almashingich yoki bo'g' turbinasiga kelib tushadi. Bug' turbinasining valiga mahkamlangan generator rotorini joylashib u ma'lum chastota va kuchlanishdagi elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Ko'pincha MtQES quvvati

ko'psonli geliostatlardan yig'ilgan quyosh energiyasi qozon-qabul qilgich joylashgan minoraning balandligi orqali aniqlanadi. Bu holatda minoraning yuqori balandligi geliostatlarning bir biriga soya berish xavfini oldini oladi. Masalan, quvvati $50 \div 100$ MVt bo'lgan MtQES da minoraning balandligi $200 \div 300$ m, foydalaniladigan geliostatlarning maydoni $2 \div 3$ km² ($15 \div 25$ mingta) bo'lishi zarur. $150 \div 200$ MVt quvvatdagi MtQES uchun $350 \div 400$ m balandlikdagi minora kerak bo'ladi, lekin amaliyotda bunday stansiyalarni qurish juda qiyin hisoblanadi. Shunga asoslanib aytish mumkinki, qurilgan MtQES quvvati $5,0 \div 10,0$ MVt va minorasining balandligi $70 \div 100$ m bilan cheklangandir. MtQES uchun asosan ko'psonli geliostatlarni o'rnatish uchun qimmat Yer maydonlarining chiqimi hisoblanadi.

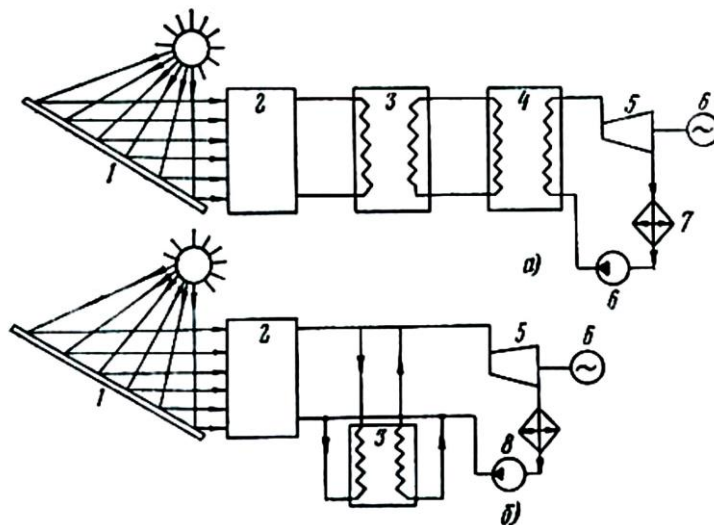


3.11.1 -rasm. MtQES ning asosiy inshootlari: 1 – minora, 2 – quyosh nurlanishini issiqlik qabul qilgich-qozon; 3 – geliostatlar (chapda); Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning prinsipial sxemasi: 1 – geliostatlar, 2 – qozon, 3 – turbin, 4 – generator, 5 – kondensator (o'ngda).

1981-yildan Sitsiliya orolida (Italiya) quvvati 1 MVt, minorasining balandligi 50 m bo'lgan BSES EURELIOS minorali quyosh elektr stansiyasi ishlay boshlagan. Uning issiqlik qabul qilgichida harorati 600°C bo'lgan suv bug'i hosil qilinib, to'g'ri a'naviy bo'g' turbinasida foydalaniladi. Shuningdek Ispaniyaning janubi Alkeriyada 1981-yildan quvvati 0,5 MVt QES ishlab keladi, unda dastlabki issiqlik tashuvchi sifatida suyuq natriy bo'lib u issiqlik almashingich orqali o'z issiqligini suv bo'g'iga beradi. Natriyli issiqlik tashuvchi bir vaqtning o'zida vaqt bo'yicha issiqlik akkumulyatori hisoblanadi. Shunga o'xshash QES da quyosh nurlanishining tasodifiy va sikl xarakterini hisobga olib energotizimda qo'shimcha quvvat manbai bo'lib tanqis bo'lgan organik yoqilg'ilarni iqtisod qilish imkonini beradi. Bu kabi QES ish samaradorligini oshirish uchun ularning texnologik sxemalariga energiya yig'uvchilarni qo'shish mumkin, bu sutkaning yorug' quyosh shu'lalanishi vaqtida tushadigan quyosh energiyasining vaqt bo'yicha qayta taqsimlanishiga yordam beradi.

Yuqoridagilarni 3.11.2-rasm ifodalaydi, a va b holatlarda ikkita eng ko'p ishlab chiqilgan issiqlik akkumulyatoriga ega MtQES tasvirlangan. 3.11.2-rasmda a) MtQES da quyosh nurlanishini aylantirishning umumiy texnologik zanjiriga issiqlik

akkumulyatori ketma-ket ulangan. b). Issiqlik akkumulyatoriga QES minorasida qizigan ishchi jismning faqat bir qismi ajratiladi. Minora tipidagi QES foydali issiqlik quvvati NQES quyidagi formula orqali aniqlanadi.



3.11.2-rasm. Akkumulyatorli minora tipidagi quyosh elektr stansiyasining texnologik sxemasi: 1 – geliostatlar, 2 – qabul qilgich (qozon), 3 – issiqlik akkumulyatori, 4 – issiqlik almashingich, 5 – bug' turbinasi, 6 – generator, 7 – kondensator, 8 – nasos.

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g r_{aks.} \sin \theta K_{soya} K_{bl} K_{i.yu.} K_{chang.} r_k \quad (3.11.1)$$

bu yerda, $N_{QES}(t)$, kVt; $R_{\Sigma}(t)$ – 1 m² yuzaga ega to'g'ri kelgan quyosh radiatsiyasi (kVt/m² da); F_g – geliostatlarning maydoni (m²); $r_{aks.}$ – geliostatlarning akslantirish qobiliyati (0,75); $\sin \theta$ – 0,75–0,8 – geliostatlarga quyosh nurlanishining real tushish burchagi; $K_{chiq.}$ – geliostatlarda soya hosil bo'lish koeffisienti; $K_{blok.}$ – geliostatlarni blokirovkalash koeffisienti (odatda $K_{chiq.} K_{blok.} = 1$); $K_{i.yu.}$ – issiqlik yo'qotish koeffisienti 0,85; $K_{chang.}$ – changlanish koeffisienti 0,95; r_k – qozon issiqlik qabul qilgichi tomonidan quyosh nurlanishini yutish koeffisienti 0,93 ÷ 0,95.

$\eta_{QES}^{term.}$ da hamma energiya yo'qotish turlarini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g \eta_{QES}^{term.} \quad (3.11.2)$$

bu yerda, $\eta_{QES}^{term.}$ - Minora tipidagi QES umumiy FIK.

1985-yilda sobiq SSSR ning Qrim oblasti Shelkino poselkasi Kerchenskiy yarimorolida birinchi tajribaviy elektrik quvvati 5 MVt bo'lgan MtQES «QES-5» ishga tushirildi. Bug' generatori sifatida xizmat qiluvchi 89 m balandlikdagi ochiq silindr ko'rinishidagi minoraga quyosh energiyasi konsentratsiyalanadi. Qozonning qizdirish yuzasi 154 m² bo'lib u soatiga 28 t to'yingan bug'ni 4 MPa bosim va 250°C haroratda ishlab chiqaradi. Quyosh nurlanishining issiqlik oqim zichligi 130 kVt/m² bo'lib 1600 ta yassi shisha kvadrat ko'rinishidagi maydoni 25,5 m², akslantirish koeffisienti 0,71

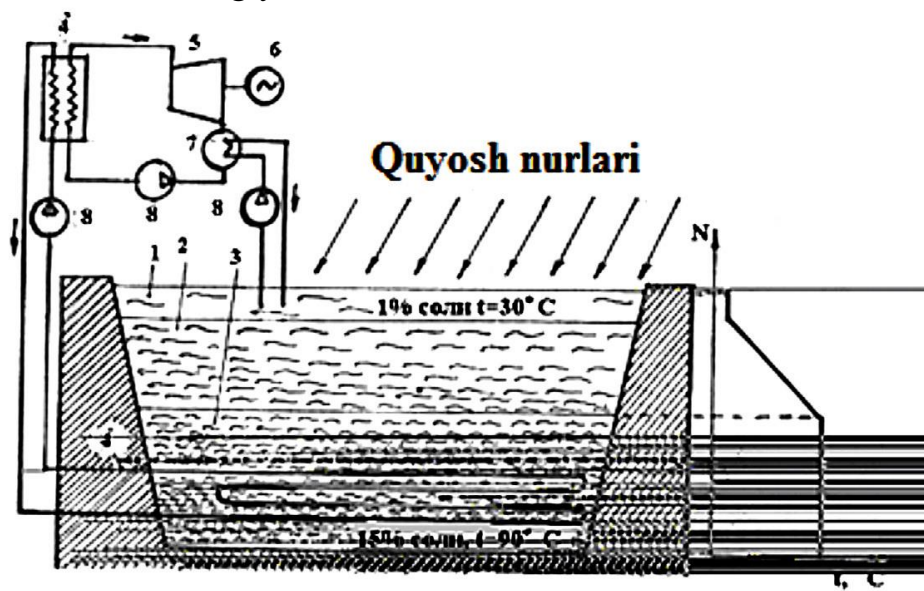
ga teng gelistatlar tomonidan amalga oshiriladi. Bu minora tipidagi QES ning rejali soati – yiliga 1920 soatdir. Geliostatlar umumiy maydonining qozon yuzasiga nisbati 211 ni tashkil etadi. QES-5 da 500 m³ sig‘imga ega suv – bug‘ issiqlik akkumulyatorini o‘rnatish loyihalandi.

3.12. Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari

Ichimlik suvi odatdagi suv omborlarida yutilayotgan quyosh energiyasi asosan yuqori qatlamni ilitadi va bu ichimlik ayniqsa tungi soatlarda, havo buzilganda, suvning bug‘lanishi oqibatida, atrof havo haroratini o‘zgarishida tez yo‘qoladi. Tuz eritmali NaCl osh tuzi yoki magniy xlor MgCl₂ tarkibli suv omborlarida quyosh energiyasi yutish mexanizmi mutlaqo boshqacha sodir bo‘ladi. Bunday holda suvning tuzlik darajasiga qarab u qatlamlarga bo‘linadi va tuz tarkibini yuqoridan pastga yo‘nalgan harorat gradienti butun suyuqlik hajmini uch zonaga bo‘ladi, ulardagi tuz tarkibi yuzadan tubga qarab ortib boradi. Dastlabki yupqa yuqori qatlam (10–20 mm) deyarli ichimlik suv bo‘lib, katta qalinlikdagi suqlikning nokonvektli ikkinchi qatlami bilan chegaralanadi, undagi tuz tarkibi chuqurlik bo‘ylab asta-sekin ortib ortadi va kuchli darajada NaCl uchun 15–25% va MgCl₂ uchun 30% gacha eng yuqori darajaga etadi. Bu qatlam qalinligi suv ombor umumiy chuqurligining 2/3 qismini tashkil qiladi. Uchinchi, quyi konvektli qatlamda tuz tarkibi eng yuqori darajada borib, suyuqlik qismida teng taqsimlangan. Qo‘l chuqurligi bo‘ylab tuz eritmasi tarkibi gradienti suyuqlikning iligan qatlamning tubdan yuzaga qarab bimalol – konvektiv o‘tishiga bosim beradi, shu tariqa issiqlikning tubga yaqin joyda to‘planganini ta‘minlaydi. Suvning tuzli quyi qatlamlari o‘ta zichligi quyosh energiyasining yaxshi yutilishiga imkon beradi, buni oqibatida quyi qatlamlar yuzadagiga qaraganda kuproq isiydi. Shu sabab ayrim tabiiy tuzli ko‘llarda tubdan suv harorati 70°C gacha ko‘tariladi. Bu tuz tarkibining yuqori darajadaliqidan darak beradi.

Quyosh energiyasi butun suv orqali o‘tgan va qora bo‘yoqli tubga yutilgan hollarda esa suvni tubga yaqin joylari 90–100°C gacha isiydi, bu vaqtda qatlam yuza harorati 20°C da qolaveradi. Quyosh sun‘iy ko‘li (suv ombori) kesimi energiyadan foydalanish ta‘minoti va suyuqlikning ko‘l balandligi bo‘yicha harorati o‘zgarishi 3.12.1-rasmda ko‘rsatilgan. Olinadigan termal gradient energiyasidan foydalanish ta‘minoti oddiy ko‘l pastki qatlamlaridagi 60–90°C haroratli suv 4 issiqlik almashuvxonasiga nasosda va past haroratda qaynaydigan freon, ammiak kabi suyuqliklarni bug‘lantirishda foydalaniladi. Bu suyuqlik bug‘lari bilanodatdagi bug‘ turbinlash kesim bo‘yicha turbogenerator harakatga keltiradi. Suyuqlikning ishlatilish bug‘lari suvning ancha sovuq yuzasi bilan sovutiladi, kondensatsiya qilinadi va yana oldingidan foydalaniladi. Katta miqdorda ishlatilgan suvli quyosh sun‘iy ko‘llari yaxshiligicha issiqlik manbai hisoblanadi, bu issiqlik to‘plash moslamasini nisbatan oson hal qilishga imkon beradi. Masalan, 2 m chuqurlikka ega ko‘l izolyasiya

to'xtab qolganda elektr generatorning bir haftagacha uzluksiz ishlashini ta'minlaydi. Tegishli chuqurlikdagi ko'llar yasalayotganda hatto issiqlik to'plamlarini mavsumiy qilinishi ta'minlana bo'ladi. Quyosh ko'llari asosida olinadigan elektr energiyasi nisbatan arzon va 1 kVt·s uchun 0,1 dollarni tashkil etadi. Quyosh ko'llari bo'lgan QTEM samaradorligi bir necha foizdan iborat. Ko'l maydonining bir gektaridan 200–300 kVt gacha elektr energiyasi olish mumkin.



3.12.1-rasm. Quyosh sun'iy ko'li (suv ombori) kesimi energiyadan foydalanish ta'minoti va suyuqlikning ko'l balandligi bo'yicha harorati o'zgarishi: 1 – chuchuk suv; 2 – himoyalovchi qatlam; 3 – issiq aralashma qatlami; 4 – issiq almashtirgich; 5 – turbina; 6 – generator; 7 – kondensator; 8 – nasos.

Quyosh ko'llari bo'lgan QTEM qator mamlakatlarda bor: Isroilda 300 kVt va 5 MVt quvvatlisi, AQSHda 5 MVt quvvatlisi. Avstraliya, Hindiston, Italiya, Yaponiya, Misrda ularni barpo etish va foydalanish bo'yicha samarali izlanishlar olib borilmoqda. O'zbekistonda ham bu borada yaxshi ishlar qilinmoqda, bu yerda Qoraqalpog'istonning Orolbo'yi zonasida katta miqdorda yuzaga kelgan tabiiy tuzli ko'llardan foydalanilmoqda.

3.13. Kondensatsiya jarayonida issiqlik almashinuvi

Laminar oqim rejimi ($Re = \frac{\omega \cdot \delta_x}{\gamma} < 400$) uchun plyonka kondensatsiyasida mahalliy issiqlik uzatish koeffisienti Nusselt formulasi yordamida taxminan aniqlanishi mumkin.

$$\alpha_x = \sqrt[4]{\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{4 \mu (t_h - t_c) x}}; \quad (3.13.1)$$

$$\alpha_x = \frac{\lambda}{\delta_x}. \quad (3.13.2)$$

Plyonkaning laminar harakati ($Re_j=5...7$) bo'lgan vertikal sirt uchun issiqlik uzatish koeffisienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha_{sep} = 0,9434 \sqrt[4]{\frac{r\rho^2 g \lambda^3}{4\mu(t_h - t_c)H}}; \quad (3.13.3)$$

$7 < Re_{\text{жс}} < 400$ da

O'rtacha qiymat

$$\alpha_{ver} = 1,15 \sqrt[4]{\frac{r\rho^2 g \lambda^3}{\mu(t_h - t_c)H}}; \quad (3.13.4)$$

Gorizonta truba uchun,

$$\alpha_{gor} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r\rho^2 g \lambda^3}{\mu(t_h - t_c)d}}; \quad (3.13.5)$$

bu yerda, r – bug‘lanish issiqligi, J/kg (t_n kondensatsiya haroratida qabul qilinadi);

ρ - kondensat zichligi, kg/m³;

g – erkin tushish tezlanishi, m²/s;

λ - kondensatning issiqlik o'tkazuvchanligi, W/(m·K);

μ - dinamik yopishqoqlik koeffisienti, Pa·s;

d – truba diametri, m;

H – devor balandligi, m;

w – plyonka oqimining mahalliy balandligi va o'rtacha kesishish tezligi, m/s.

δ_x – plyonka yuzasidan x masofada plyonka qalinligi, m;

t_h va t_c – mos ravishda to'yinganlik va devor harorati, °C;

γ - kinematik yopishqoqlik koeffisienti, m²/s.

Mis quvurlarida freonlarning kondensatsiyasi paytida α ni formulalar yordamida aniqlash mumkin: (3.13.3), (3.13.4), (3.13.5) $H=d_{\text{вн}}$ va $d=d_{\text{вн}}$ da.

Yassi rulonning gorizonta quvurlari ichidagi bug‘ kondensatsiyasi shartlari uchun freonning issiqlik uzatish koeffisienti

$$\alpha_{3M}=0,195\alpha \cdot q^{0,15}, \quad (3.13.6)$$

bu yerda, α (3.13.5) formula orqali aniqlanadi.

I-misol. Diametri $d_n = 20$ mm va balandligi 2 m bo'lgan vertikal trubaning tashqi yuzasida quruq to'yingan suv bug'i $p = 100$ kPa bosim ostida kondensatsiyalanadi. Quvur sirtining harorati $t_c=94,5^\circ\text{C}$.

Bug‘dan quvurga o'rtacha issiqlik uzatish koeffisientini va quvur yuzasida kondensatsiyalanadigan bug‘ning massasini aniqlang.

Yechim. $P=100$ kPa bosimda qo'llanilishiga ko'ra to'yinganlik harorati $t_h=99,6^\circ\text{C}$ va $Z=2258$ kJ/kg ni topamiz; $\lambda_{\text{жс}}=68,3$ W/(m·K); $\mu_{\text{жс}}=282,5 \cdot 10^{-6}$ Pa·s; $\nu=0,295 \cdot 10^{-6}$ m²/s; $\rho_{\text{жс}}=959$ kg/m³.

Vertikal yuzaning kichraytirilgan balandligini aniqlaymiz

$$Z = \frac{H(t_h - t_c) \left(\frac{q}{\gamma} \right)^{1/3}}{z \rho \gamma} = \frac{2(99,64 - 94,5) \cdot 68,3 \cdot 10^{-2}}{2258 \cdot 10^3 \cdot 959 \cdot 0,295 \cdot 10^{-6}} = \left(\frac{9,81}{(0,295 \cdot 10^{-6})^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 525$$

525 < 2300 Laminar oqim rejimi.

Gorizontall quvurlarda quruq to'yingan bug'ning plyonkali kondensatsiyasi paytida perimetr bo'ylab o'rtacha hisoblangan issiqlik uzatish koeffisienti formula bo'yicha aniqlanishi mumkin.

$$Re = 0,81 \cdot z^{0,75}, \quad (3.13.7)$$

bu yerda, $Re = \frac{\alpha(t_h - t_c) \pi R}{z \rho v}$ - Reynolds soni;

$$z = \frac{\lambda(t_h - t_c) \pi R \left(\frac{q}{v^2} \right)^{\frac{1}{3}}}{z \rho \gamma};$$

R – truba radiusi, m.

(3.13.6) va (3.13.7) formulalardagi kondensatning issiqlik va fizik parametrlari to'yinganlik haroratiga qarab tanlanadi.

Silliqlik quvurlar to'plamida kondensatsiya paytida o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti formula bilan aniqlanadi

$$\alpha_n = \alpha \cdot \varepsilon_n = \alpha \cdot n^{-0,167} \quad (3.13.8)$$

bu yerda, n - koridor yoki staggerli to'plamning yarim qatori uchun apparatdagi vertikal quvurlarning o'rtacha soni;

ε_n - quvurlar qatorlari sonining ta'sirini hisobga olgan holdagi koeffisient.

n	1	3	5	10	15	20
ε_n	1	0,83	0,765	0,68	0,635	0,605

v - kondensatning kinematik yopishqoqligi, m^2/s .

(3.13.3), (3.13.4) va (3.13.5) tenglamalarda kondensat plyonkasining fizik parametrlari ρ , λ , μ , v o'rtacha $t_{cp} = 0,5(t_H + t_C)$ haroratda, r esa t_H to'yinganlik haroratida aniqlanadi.

Vertikal yuzada va vertikal quvurlarda kondensat plyonkasining laminar oqimi uchun quruq to'yingan bug'ning plyonkali kondensatsiyasi paytida o'rtacha balandlikdagi issiqlik uzatish koeffisienti formula bo'yicha aniqlanishi mumkin.

$$Re = 0,95 Z^{0,78} \cdot \varepsilon_t, \quad (3.13.9)$$

bu yerda, $Re = \frac{\alpha(t_H - t_C) H}{Z \rho v}$ - Reynolds soni;

$$Z = \frac{H(t_H - t_C) \lambda \left(\frac{d}{\gamma^2} \right)^{\frac{1}{3}}}{z \rho v} - \text{kamaytirilgan vertikal sirt balandligi};$$

Formula $Re < Re_{kp} \leq 1600$ uchun amal qiladi

$Z_{kp} = 2300$. Agar $Re > Re_{kp}$, bo'lsa, unda hisoblash tenglamasi

$$Re = (253 + 0,069 \left(\frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_c} \right)^{0,25} Pr^{0,5} (Z - 2300))^{\frac{4}{3}}, \quad (3.13.10)$$

bu yerda, $Pr_{\text{жс}}$ va Pr_c - mos ravishda t_H va t_C haroratlarda kondensat uchun Prandtl sonining qiymatlari,

$$\varepsilon_t = \left(\left(\frac{\lambda_c}{\lambda} \right)^3 \left(\frac{\mu}{\mu_c} \right) \right)^{\frac{1}{8}}$$

$$h_p = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_p^2 - d_H^2}{D_p} \right),$$

bu yerda D_p – qovurg‘a diametri, m;

d_H - quvur tashqi diametri, m;

A_c – qovurg‘alar orasidagi qismlar va qovurg‘alar uchlarining gorizontal yuzasi maydoni.

$$A_c = 0,5\pi(D_p^2 - d_H^2)/S_p; \quad A_c = \pi d_H(1 - \delta_0/S_p) + \pi D_p \delta_m / S_p,$$

bu yerda, S_p – qovurg‘a qadamlari;

δ_0, δ_m – asosdagi va uchidagi qovurg‘a qalinligi.

E_p ning qiymati qovurg‘aning geometriyasi va materialiga ham, issiqlik uzatish shartlariga ham bog‘liq.

Yassi qovurg'a uchun E_p qiymati formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$E_p = (th(mh)/mh), \quad (3.13.11)$$

bu yerda, $th(mh) = (e^{mh} - e^{-mh}) / (e^{mh} + e^{-mh})$ – argumentdagi giperbolik tangens mh ;

$m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda_p \delta}}$ - yordamchi miqdor;

h va δ - qovurg‘aning balandligi va qalinligi, m;

λ_p - qovurg‘a materialining issiqlik o‘tkazuvchanligi, Wt/(m·K).

mh ga bog‘liq ravishda kattalik E qiymatlarni qabul qiladi:

mh	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
E_p	1	0,097	0,987	0,971	0,950	0,924	0,895	0,830	0,762
mh	1,2	1,4	4,6	1,8	2,0	2,5	3	3,5	4,0
E_p	0,695	0,32	0,576	0,525	0,482	0,394	0,332	0,285	0,250

Doimiy qalinlikdagi dumaloq, kvadrat va plastinka quvurlari uchun E_p koefitsienti quyidagi formuladan foydalanib topiladi:

$$E_p = (th(mh')) / mh' ; mh' = h' / (\delta 2 Bi) \quad (3.13.12)$$

bu yerda, h' - berilgan qovurg‘aning balandligi, m;

$Bi = \alpha \delta / \lambda_p$ - Bio mezoni.

Qovurg'alarining berilgan balandligi hisoblab chiqiladi:

$$\text{dumaloq qovurg‘alar uchun:} \quad h' = h(1 + 0,805 \lg \frac{D_p}{d_H}), \quad (3.13.13)$$

bu yerda, $h = 0,5(D_p - d_H)$ – qovurg‘a balandligi.

Gorizontol po'lat quvurlarda ammiak kondensatsiyasi paytida issiqlik uzatish koeffisienti formula bo'yicha aniqlanishi mumkin

$$\alpha_m = 8980 q^{-0,2} d_{6H}^{-0,33} = 194007^{-0,167} d_{6H}^{-0,275} \quad (3.13.14)$$

Qavatli quvurlar to'plamidagi kondensatsiya uchun o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti

$$\alpha_{np} = \alpha \cdot \varepsilon_p \cdot n^{-0,167} \quad (3.13.15)$$

bu yerda, ε_p quyidagi formula bilan aniqlanadigan qovurg'a koeffisienti

$$\varepsilon_h = 1 + 1(F_D | F_{jh}) T_h^{0,75} (d_y | h_h)^{0,25} + (F_u | F_{jh}) \quad (3.13.16)$$

bu yerda, ε_p - qovurg'aning samaradorlik koeffisienti,

A_B - qovurg'aning vertikal sirt maydoni, m^2 ,

A_{op} - qovurg'ani hisobga olgan holda trubaning tashqi yuzasining umumiy maydoni, m^2

Tomonlari a va b , $a > b$ bo'lgan to'rtburchak.

$$h' = 0,5 d_H \left(1,28 \frac{b}{d_H} \sqrt{\frac{a}{b} - 0,2} - 1 \right) \left(1 + 0,805 \lg \left(1,28 \frac{b}{d_H} \sqrt{\frac{a}{b} - 0,2} \right) \right) \quad (3.13.17)$$

$a = b$ bo'lganda,

$$h' = 0,5 d_H \left(1,15 \frac{b}{d_H} - 1 \right) \left(1 + 0,805 \lg 1,15 \frac{b}{d_H} \right) \quad (3.13.18)$$

Lamellar:

Yo'lak nuri (3.13.17) va (3.13.18) formulalar yordamida hisoblanadi.

$a > b$ da shaxmat dastasi

$$h' = 0,5 d_H \left(1,27 \frac{b}{d_H} \sqrt{\frac{a}{b} - 0,3} - 1 \right) \left(1 + 0,805 \lg \left(1,27 \frac{b}{d_H} \sqrt{\frac{a}{b} - 0,3} \right) \right) \quad (2.71)$$

$a = b$ bo'lganda,

$$h' = 0,5 d_H \left(1,065 \frac{b}{d_H} - 1 \right) \left(1 + 0,805 \lg 1,065 \frac{b}{d_H} \right) \quad (2.72)$$

TOPSHIRIQLAR

1. Gorizontol qobiqli va quvurli issiqlik almashtirgichda quruq to'yingan bug'ning plyonkali kondensatsiyasi quvurlarning tashqi yuzasida 0,3 mPa to'yinganlik bosimida sodir bo'ladi. Quvurlarning tashqi diametri 18 mm. Devor sirtining harorati $t_{cm} = 20^\circ C$.

Kondensatsiyalangan bug'dan staggerli to'plamning birinchi, uchinchi va to'qqizinchi qatorlarida joylashgan quvurlar yuzasiga issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

2. Gorizontol ikki quvurli kondensatorda quruq to'yingan bug' R12 diametrli $d_{6H}/d_H = 14/16$ mm bo'lgan ichki quvurda kondensatsiyalanadi. Kondenserning ishchi qismining uzunligi 1 m To'yinganlik bosimi $p_H = 5,76 \cdot 10^5$ Pa.

Quvurning ichki yuzasi devorining harorati $m_t=0,558 \text{ kg/(s}\cdot\text{m)}$ kondensatsiyalangan bug'da aniqlang.

3. Quvurlari tashqi qanotlari bo'lgan gorizontal qobiqli quvurli kondensatorda R12 sovutgichning quruq to'yingan bug'ining kondensatsiyasi sodir bo'ladi. To'yinganlik harorati 30°C , qovurg'alar yuzasi va qovurg'alararo joylarning o'rtacha harorati 28°C . Qavatlar qalinligi $\delta = 2 \text{ mm}$, qanot oralig'i $S=4 \text{ mm}$ bo'lgan dumaloq misdan yasaladi. Qovurg'a diametri $D_p = 30 \text{ mm}$, quvur diametri $d_H = 20 \text{ mm}$. Quvurlarning vertikal qatorlari soni $n=10$. Issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

4. Sovutgich mashinasining qanotli qobiqli bug'lanish moslamasida sovutgichning qaynash harorati R12 $t_H=-20^\circ\text{C}$ va issiqlik oqimining zichligi $q = 6500 \text{ Vt/m}^2$ dan yuqori bo'lishi kerak.

Bug'latgich devorining haroratini aniqlang.

5. Sovutgich mashinasining gorizontal evaporatorida R12 sovutgichi oqimli plyonkada qaynaydi. To'yinganlik harorati $t_H = -30^\circ\text{C}$, devor yuzasi $t_{cm} = -28^\circ\text{C}$. Quvurning tashqi diametri $d_H = 18 \text{ mm}$.

Chiziqli issiqlik oqimining zichligini aniqlang.

6. Quruq to'yingan suv bug'ining plyonkali kondensatsiyasi 3 m balandlikdagi vertikal quvur yuzasida sodir bo'ladi. Bug' bosimi $p=0,04\cdot 10^5 \text{ Pa}$. Quvur sirtining harorati $t_c = 20^\circ\text{C}$.

Quvurning yuqori uchidan $x = 2 \text{ m}$ masofada chiziqli issiqlik uzatish koeffisientining qiymatini aniqlang, agar kondensat plyonkasi oqimi quvurning butun balandligi bo'ylab laminar bo'lsa.

7. Diametri $d = 32 \text{ mm}$, uzunligi 2 m bo'lgan gorizontal quvurning tashqi yuzasida quruq to'yingan suv bug'i $p = 100 \text{ kPa}$ bosimda kondensatsiyalanadi. Quvur sirtining harorati $94,5^\circ\text{C}$ ni tashkil qiladi.

Bug' va quvurdan o'rtacha issiqlik uzatish koeffisientini va sirtida kondensatsiyalanadigan bug'ning $m_t \text{ kg/soat}$ miqdorini aniqlang.

8. Umumiy isitish yuzasi $A = 15 \text{ m}^2$ bo'lgan bug' qozonida $0,3 \text{ mPa}$ bosim va $x = 0,95$ quruqlik darajasi bo'lgan nam to'yingan bug' hosil bo'ladi. Devor harorati 145°C .

Qozonda 1 soat ichida hosil bo'lgan suv bug'ining miqdorini aniqlang.

9. Ammiak ichki diametri $d=35 \text{ mm}$ bo'lgan vertikal quvurda qaynaydi. To'yinganlik harorati $t_H=0^\circ\text{C}$ va devor harorati $t_{cm}=3^\circ\text{C}$.

Ammiakdan devorga issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

10. R12 sovutgich mashinasining evaporatator quvurlarida qaynaydi. To'yinganlik harorati $t_H=-12^\circ\text{C}$, quvur yuzasi $t_{cm}=-7^\circ\text{C}$. Sovutgichning massa oqimi $m_t=85 \text{ kg/soat}$; sirt issiqlik oqimi zichligi $q=5220 \text{ Vt/m}^2$.

Quvurning ichki diametrini aniqlang.

11. Ichki diametri $d_{\text{in}} = 32$ mm bo'lgan quvurda qaynoq suv $w = 1$ m/s tezlikda harakat qiladi. Suv $p=500$ kPa bosim ostida.

Agar ichki sirt harorati 154 °C bo'lsa, qaynoq suv bilan trubaning devoridan issiqlik uzatish koefitsientini aniqlang.

12. Quvurli suv isitgichida suv quvurlar orqali $w=1$ m/s tezlikda harakatlanadi. Shu bilan birga, suvning harorati 20 dan 80 °C gacha ko'tariladi. Quvurning ichki diametri 18 mm, uzunligi 25 m. Devorning o'rtacha harorati $t_c=82$ °C.

Quvur yuzasidan harakatlanuvchi suvgacha bo'lgan issiqlik uzatish koefitsientini α aniqlang.

13. Sovutish suvi uchun issiqlik almashtirgich ichida lasan bo'lgan bak-akkumulyatoridir. Natriy xlorid eritmasi spiral orqali aylanadi. Bobinning radiusi $0,7$ m, rulonli quvurlarning diametri 18 mm. Quvurning ichki yuzasining o'rtacha harorati $t_c=0$ °C va eritma $t_m=-3$ °C.

Eritmaning harakat tezligi $w=1,1$ m/s, eritma konsentratsiyasi $\varepsilon=11$ %.

Eritmaga o'tkaziladigan issiqlik oqimi $\Phi = 10$ kVt bo'lsa, lasanning umumiy uzunligini aniqlang.

14. Erkin havo oqimi bilan sovutilganda gorizonta silindrsimon issiqlik almashtirgich yuzasidan sirt issiqlik oqimining zichligini hisoblang. Issiqlik almashtirgich korpusining tashqi diametri $d_{\text{H}}=500$ mm. Sirt harorati 150 °C, xonadagi havo harorati esa $t_{\text{goz}} = 20$ °C.

15. 100×3 mm bo'lgan to'rtburchaklar kesimli elektr o'tkazgichli shina bir chekkada joylashgan bo'lib, harorat $t_{\text{goz}}=25$ °C bo'lgan havoning erkin oqimi bilan sovutiladi. Uzoq muddatli yuk sharoitida shinaning harorati oshmasligi kerak. 70 °C.

Shina sirtidan issiqlik uzatish koefitsientini α va belgilangan sharoitlarda avtobusdagi ruxsat etilgan tokni aniqlang, agar shina materialining qarshiligi $\rho = 0,13$ Om·mm²/m bo'lsa.

16. Silindr boshining harorati 90 °C, qopqoq devori harorati 20 °C bo'lsa, silindr boshi va dvigatel qopqog'i o'rtasidagi ekvivalent issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsientini va sirt issiqlik oqimining zichligini aniqlang.

17. Yog 'miqdori $3,5\%$ bo'lgan sut balandligi $h = 1,5$ bo'lgan silindrsimon idishda sovutiladi. Bak-akkumulyator devorlarining harorati $t_{\text{cm}}=5$ °C, sutning harorati esa 35 °C. Hech qanday aralashtirish yo'q.

Issiqlik uzatish koefitsientini va sirt issiqlik oqimining zichligini aniqlang.

18. Sovutgich kamerasidagi harorat $t_{\text{cm}}=-20$ °C. Sovuqni yo'qotish faqat shift orqali sodir bo'ladi, uning harorati $t_c=-17$ °C. Xonadagi havo tinch holatda.

Shiftning o'lchami 4×5 m bo'lsa, shift orqali sovuq yo'qotishni aniqlang Termal nurlanish hisobga olinmasin.

Aylana qirrasining kichraytirilgan balandligi h' (2.66) formula yordamida topiladi.

$$h' = \frac{D_p - d_H}{2} \left(1 + 0,35 \ln \frac{D_p}{d_H} \right) = \frac{26 - 20}{2} \left(1 + 0,35 \ln \frac{28}{20} \right) = 3,787 \text{ мм}$$

quyidagi formula orqali yordamchi miqdor m ni topamiz

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda_m \delta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2533}{386 \cdot 0,002}} = 81$$

Unda $mh' = 81 \cdot 0,003787 = 0,307$

Biz ilova orqali $thmh' = 0,292$ ni topamiz.

$$E_p = \frac{0,292}{0,307} = 0,95$$

(3.13.11) yordamida qovurg'aning samaradorlik koeffisientini aniqlaymiz

$$h_p = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_p^2 - d^2}{D_p} \right) = \frac{3,14}{4} \left(\frac{0,026^2 - 0,02^2}{0,026} \right) = 8,33 \cdot 10^{-3}$$

$$A_B = 0,5 \cdot 3,14 \frac{0,026^2 - (0,020)^2}{0,004} = 0,1083 \text{ м}^2$$

$$A_z = 3,14 \cdot 0,002 \left(1 - \frac{0,002}{0,004} \right) + \frac{3,14 \cdot 0,0026 \cdot 0,002}{0,004} = 0,072 \text{ м}^2$$

$$E_p = 1,1 \left(\frac{0,108}{0,189} \right) \cdot 0,95^{0,75} \left(\frac{0,020}{8,33 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,25} + \left(\frac{72 \cdot 10^{-3}}{0,18} \right) = 1,19$$

Issiqlik uzatish koeffisienti α (3.13.10) formula yordamida topiladi

$$\alpha_{np} = \alpha \varepsilon_p n^{-0,167} = 2533 \cdot 1,19 \cdot 10^{-0,167} = 2052 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$\delta = 2$ mm, qovurg'a qadami $S_p = 4$ mm. Qovurg'a diametric $D_p = 26$ mm, truba diametri $d = 20$ mm. Quvurlarning vertikal qatorlari soni $n = 10$ ga teng.

Issiqlik uzatish koeffisientini aniqlang.

Yechish. Qavatli quvurlar to'plamidagi kondensatsiya paytida o'rtacha issiqlik uzatish koeffisienti (3.13.10) formula bilan aniqlanadi.

$$\alpha_{np} = \alpha \varepsilon_p n^{-0,167}$$

$$\text{bu yerda, } \alpha = 0,728^4 \sqrt{\frac{\lambda_{\text{жс}}^3 \rho_{\text{жс}}^2 g z}{\mu_{\text{жс}} (t_H - t_c) d}}$$

R22 ning $t_H = 81^\circ \text{C}$ da termofizik xossalari $z = 1,7602 \cdot 10^5$ J/kg ilova bilan aniqlanadi; boshqa parametrlar $\mu_{\text{жс}} = 2,295 \cdot 10^{-4}$ Pa·s; $\lambda_{\text{жс}} = 0,0826$ Вт/(м·К);

$\rho^1 = 1176$ kg/m³ ni, $t_{cp} = 0,5(t_H + t_c) = 0,5(81 + 29) = 30^\circ \text{C}$ da aniqlaymiz.

Misning issiqlik o'tkazuvchanligi

$$\alpha = 0,728^4 \sqrt{\frac{0,0826^3 \cdot 1176^2 \cdot 9,81 \cdot 1,7602 \cdot 10^5}{2,295 \cdot 10^{-4} (31 - 29) \cdot 0,02}} = 2533 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Qovurg'aning samaradorlik koeffisienti $E_p = thmh'/mh'$ formulasi yordamida topiladi.

R22 ning termofizik xossalarini $t_H=20^\circ\text{C}$ da qo'llash orqali aniqlaymiz.
 $Z=188,41 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ $\delta=90,12 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}$ $\rho^l=1213 \text{ kg/m}^3$; $\rho^4=38,760 \text{ kg/m}^3$; $\lambda_{\text{жс}}=0,082 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$; $\mu_{\text{жс}}=2,383 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; $\gamma_m=0,197 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{0,082^3 \cdot 1213 \cdot 9,81 \cdot 18841 \cdot 10^3}{2,383 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta t \cdot 0,020}} = 3066 \cdot \Delta t^{\frac{1}{4}}$$

$$q = \alpha_t \Delta t; \quad q = \frac{Q}{\alpha}$$

$$We = \frac{90,12 \cdot 10^{-4}}{9,81(1213 - 38,760) \cdot 0,020^2} = \frac{90,12 \cdot 10^{-4}}{4,608} = 1,955 \cdot 10^{-3};$$

$$\alpha_t = 0,2 \cdot 1,955^{-0,25} \cdot 10^{-3} \cdot 3066 \cdot \Delta t^{-0,25} = 2866 \Delta t^{-0,25}$$

$$q = 128,95 \cdot \Delta t^{-0,25} \cdot \Delta t = 128,95 \Delta t^{0,75}$$

$$\Delta t^{0,75} = q = 950 = 0,325; \Delta t = 0,325^{1/0,75} = 0,223$$

$$t_H - t_C = 0,223; t_C = t_H - 0,223 = 20 - 0,223 = 19,76$$

2-misol. Quvurlari tashqi qanotlari bo'lgan qobiqli gorizontall kondensatorda R22 quruq to'yingan bug'ning kondensatsiyasi sodir bo'ladi. To'yinganlik harorati $t_H=31^\circ\text{C}$, qovurg'alar va qovurg'alararo sohalarning o'rtacha sirt harorati $t_{cm}=31^\circ\text{C}$, qovurg'alar va qovurg'alararo sohalarning o'rtacha sirt harorati $t_{cm}=29^\circ\text{C}$. Mis qanotli, dumaloq, qalinligi $\mu_m=9,483 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; $\rho_{\text{жс}}=997,5 \text{ kg/m}^3$.

Quvurlar to'plamining birinchi qatori uchun α (3.13.5) formula bo'yicha aniqlanadi.

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{0,6017^3 \cdot 997,5^2 \cdot 9,81 \cdot 2,43 \cdot 10^6}{9,433 \cdot 10^{-4} \cdot (30 - 16) \cdot 0,019}} = 8786 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{k)}$$

(3.13.9) formuladan foydalanib α_3 va α_{10} larni aniqlaymiz

$$\alpha_3 = \alpha \cdot \varepsilon_3 = 8786 \cdot 0,83 = 7292,68 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$\alpha_{10} = \alpha \cdot \varepsilon_{10} = 8786 \cdot 0,68 = 5974,48 \text{ Wt/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

3-misol. Gorizontall qobiqli va quvur apparatining ichki trubkasida quruq to'yingan R22 bug'ining kondensatsiyasi $p_H = 916,93 \text{ kPa}$ to'yinganlik bosimida sodir bo'ladi. Quvurning ichki diametri $d_{\text{вн}} = 20 \text{ mm}$.

Agar sirt issiqlik oqimi zichligi $q=950 \text{ Wt/m}^2$ bo'lsa, quvur devorining sirt haroratini aniqlang.

Yechim. Umumiy ichki sirtga bog'liqlik bo'lgan o'rtacha issiqlik uzatish koeffisientini $\alpha_m=0,2\alpha We^{-0,25}$ formulasi yordamida hisoblash mumkin. Bu yerda α (3.13.5) formula yordamida aniqlanadi

$$We = \frac{\sigma_m}{g(\rho' - \rho''z)d_{\text{вн}}^2} \quad - \text{ Viber kriteriyasi.}$$

$$Re=0,95z^{0,78} \varepsilon_t=0,95 \cdot (525)^{0,78} \text{ ni aniqlaymiz;}$$

$$\varepsilon_t = \left(\left(\frac{\lambda_c}{\lambda_m} \right)^3 \left(\frac{M_m}{M_c} \right) \right)^{\frac{1}{8}} = \left(\frac{303,236 \cdot 10^{-6}}{297,08 \cdot 10^{-6}} \right)^{\frac{1}{8}} = 125,73$$

Issiqlik uzatish koeffisienti α

$$\alpha = \frac{Re \cdot z \cdot \rho \cdot \nu}{(t_H - t_c) H} = \frac{132,35 \cdot 2258 \cdot 0,295 \cdot 10^{-6} \cdot 959}{(99,64 - 94,5) \cdot 2} = 7813 \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Quvur yuzasida kondensatsiyalanadigan bug' miqdori

$$m_t = \frac{\pi d H \alpha \Delta t}{z} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 7813 \cdot 5,14}{2258 \cdot 10^3} = 2,23 \cdot 10^3 \text{ kg/s.}$$

4-misol. Gorizontal qobiq-trubka apparatida quruq to'yingan suv bug'ining plyonkali kondensatsiyasi quvurlarning tashqi yuzasida 4,242 kPa to'yinganlik bosimida amalga oshiriladi. Quvurlarning tashqi diametri $d_H = 19 \text{ mm}$. Sirt harorati $t_c = 16^\circ \text{C}$.

Kondensatsiyalangan bug'dan issiqlik uzatish koeffisientini hisoblang.

Qattiqlashtirilgan to'plamning birinchi, uchinchi va to'qqizinchi qatorli quvurlarida (yuqoridan hisoblash) joylashgan quvurlar yuzasiga.

Yechim. Berilgan to'yinganlik bosimidagi ilovalarga asoslanib, biz $p_H = 4,2442 \text{ kPa}$, $t_H = 30^\circ \text{C}$ da to'yinganlik haroratini aniqlaymiz,

$z = 2,43 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ $t_{cp} = (30 + 16)0,5 = 23^\circ \text{C}$ bilan $\lambda_{\text{жс}} = 0,6017 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ni topamiz.

IV BOB. PASSIV QUYOSH ISITISH TIZIMLARI

4.1. Passiv quyosh isitish tizimlari va ularning tahlili

Dunyo aholisi sonining o'sib borishi bilan bog'liq ravishda energiya sarfi miqdorining ortishi, shuningdek, iqtisodiyotning rivojlanishi, energiya resurslarini sotib olish narxining oshishi, qazib olinadigan energiya resurslari zahiralarining kamayib borishi bizni qurilishda energiya tejamkor usullarni yaratish haqida o'ylashga majbur qiladi. Buning uchun, energiya sarfini oqilona sarflashga, shuningdek, qayta tiklanadigan energiya manbalariga o'tishga qaratilgan yondashuvlarni ishlab chiqish lozim, chunki, qurilish sohasi energiya tejash dasturlarini amalga oshirish nuqtai nazaridan katta salohiyatga ega iqtisodiyot tarmoqlaridan biridir. Bundan tashqari, yoqilg'ini yoqish paytida atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlari sayyoramizning ekologik holatining o'zgarishiga va natijada inson yashash sharoitining sezilarli darajada yomonlashishiga olib keladi. Natijada, ifloslantiruvchi moddalar ishlab chiqarilishini kamaytirish orqali atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha samarali va sifatli choralarni ko'rishga to'g'ri keladi. Yuqoridagilarga asoslanib, binolar qurilishini ekologik toza, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalangan holda tashkil etishning foydaliligi va dolzarbligiga shubha bo'lishi mumkin emas. Ushbu turdagi binolarga o'tish yoqilg'i va energiya manbalari iste'molini sezilarli darajada kamaytirish, energiya xarajatlarini va issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish imkonini beradi.

Issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish bo'yicha dunyodagi ko'plab mamlakatlar qatori O'zbekiston ham faol qadamlar tashlamoqda – 2018-yilda Parij iqlim shartnomasining ratifikasiya qilinishi bunga yaqqol misol bo'la oladi. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktyabrdagi "O'zbekiston Respublikasining 2019-2030-yillar davrida "yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PQ-4477-sonli qarori qabul qilindi. 2021-yil noyabr oyida Glazgoda (Buyuk Britaniya) bo'lib o'tgan konferensiyada O'zbekiston issiqxona gazlari (IG) chiqindilarini kamaytirish bo'yicha majburiyatni avval belgilangan 10% ko'rsatkichidan 2030-yilga kelib YaIM birligiga bazaviy 2010 darajasidan 35% gacha kamaytirish bo'yicha yangiladi. Yuqorida qayd etilgan ulkan maqsadlarga erishish uchun O'zbekistonda binolarning energiya samaradorligini oshirishda investitsiyalarning institutsional, tartibga soluvchi va moliyaviy mexanizmlarini yaratish zarur. Aynan binolar energiya sarfini kamaytirish uchun muhim manba bo'lib, energiya samaradorligi dasturlarini keng miqyosda amalga oshirish orqali butun energetika sohasiga ijobiy va uzoq muddatli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Binolarda qulay issiqlik sharoitlarni ta'minlash, energiya intensivligini kamaytirish, issiqlik izolyatsiyasi darajasini oshirishda binolar fondi o'zining foydalanilmagan zahirasi bilan ahamiyatlidir. Binolar tomonidan ko'p

miqdorda energiya iste'mol qilinishining yana bir sababi shundaki, binolarning aksariyati 2011-yilga qadar qurilgan, energiya samaradorlik talablari esa birinchi marta KMK-2.01.18-2018 orqali majburiy etib belgilanganligidadir.

O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, 2010-2019-yillarda O'zbekistonda issiqxona gazlari chiqindilarining mutloq hajmi 30,6% ga, shu jumladan, elektr stansiyalaridan chiqadigan chiqindilar 65,2% ga oshgan va 2019-yil yakunlariga ko'ra energetika sohasining mamlakatdagi issiqxona gazlari chiqindisi chiqishidagi ulushi 19,5% ni tashkil etgan. Issiqxona gazlari chiqindisi bilan bog'liq noqulay vaziyat doirasida hukumat mamlakatda "yashil" kun tartibini ilgari surish borasidagi sa'y-harakatlarini amalga oshirib, unga muvofiq energiya samaradorligini ikki barobar oshirish va karbonat angidrid chiqindilarini yalpi ichki mahsulotga nisbatan kamaytirish maqsadini qo'ydi.

Hozirgi vaqtda O'zbekistonda 8,4 mln.ga yaqin bino va inshootlar mavjud bo'lib, ularning 868 mln.m² qismi isitiladigan maydonlarga to'g'ri keladi. Turar-joy binolarining umumiy qurilish fondi 91% ni, noturar joy binolari esa qolgan 9%ni tashkil etadi. Turar-joy binolari orasida yakka tartibdagi xususiy uy-joylar eng katta ulushni tashkil etadi. Hisob-kitoblar va tahlillar iqtisodiyot tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirishning asosiy potentsiali umumiy va xususiy uy-joy xo'jaliklari va kommunal xo'jaliklari sohasida ekanligini ko'rsatmoqda. Xususan, Respublika bo'yicha umumiy energiya resurslarining 50% dan ortiq qismi bino va inshootlarni isitish va havoni maromlash tizimlarida va 10% qismi issiq suv ta'minoti tizimida iste'mol qilinmoqda. Bundan kelib chiqadiki, aynan iqtisodiyotning uy-joy tarmog'ida energiyani tejash va energiya samarador texnologiyalarni joriy qilish bo'yicha ulkan imkoniyatlar mavjud.

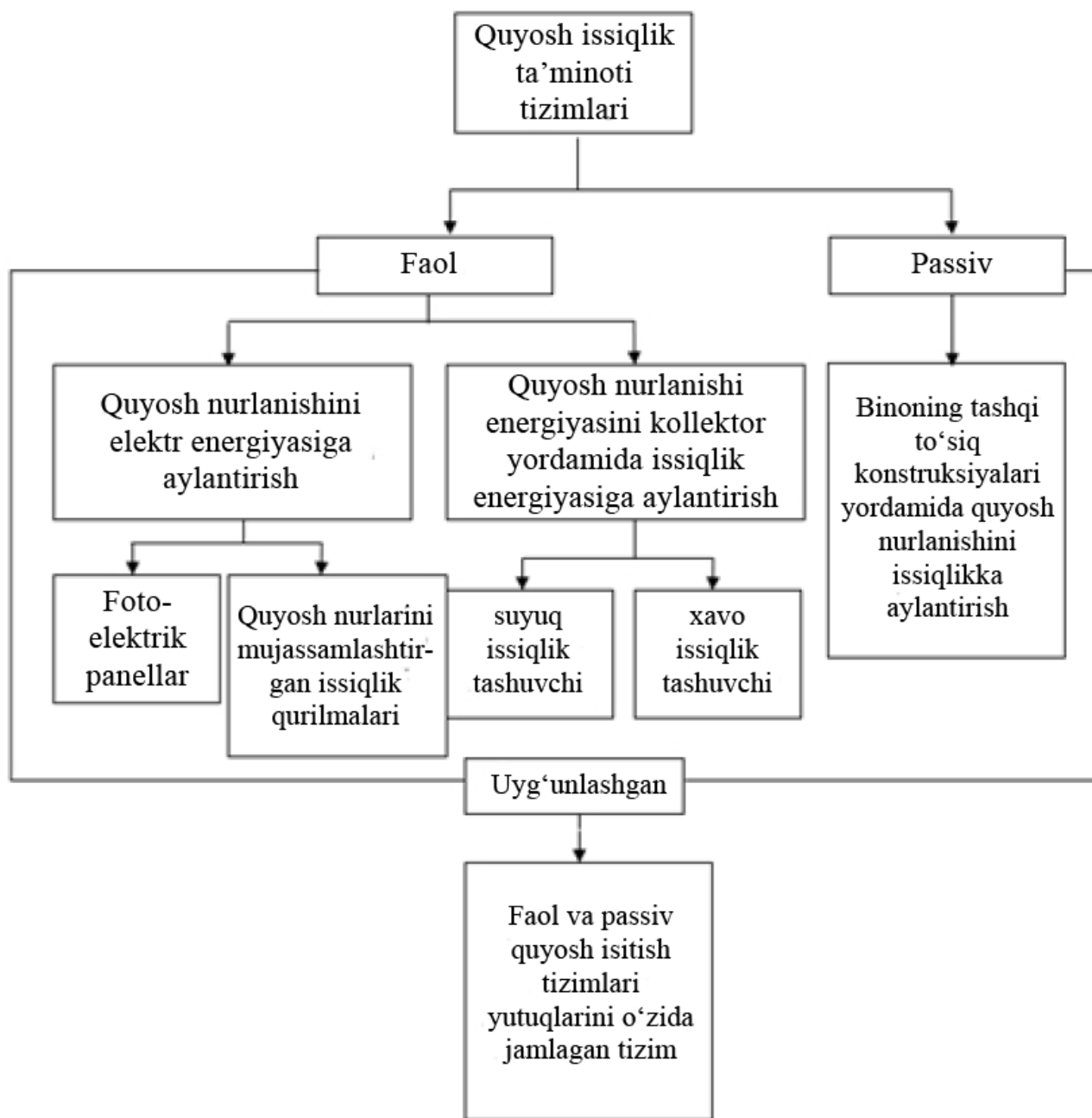
Ma'lumki, quyosh isitish tizimlari issiqlik manbai sifatida quyosh nurlanishi energiyasidan foydalanadigan tizimlardir. Mazkur tizimlarning boshqa past haroratli isitish tizimlaridan farqli jihat, quyosh nurlanishini qabul qilish va issiqlik energiyasiga aylantirish uchun mo'ljallangan maxsus element – quyosh nurini qabul qilgich (geliopriyomnik)dan foydalanishidadir.

Odatda quyosh nurlanishi energiyasini qabul qilib isitish yukini (30-40%) qisman almashtirish uchun mo'ljallangan quyosh issiqlik energetik qurilmalaridan foydalaniladi.

Quyoshli isitish tizimlari quyidagi asosiy turlarga tasniflanadi - quyosh energiyasini issiqlikka aylantirish texnologiyasiga ko'ra; almashtirilayotgan yuklama turiga ko'ra; faol tizimlarda birlamchi issiqlik tashuvchining turiga ko'ra; issiqlikni saqlovchi bak akkumulyatorlari hajmiga ko'ra; issiqlik tashuvchining salohiyatiga ko'ra.

Quyoshli isitish tizimlarini quyidagi guruhlariga ajratish mumkin: faol va passiv isitish tizimlariga ajratish mumkin.

Passiv quyosh isitish tizimlari va ularning tahlili



Passiv quyosh isitish tizimlari deb – binoning o‘zi yoki uning alohida to‘siqlari(yig‘uvchi bino, yig‘uvchi devor, tom yig‘uvchi va h.k.) quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi va uni issiqlikka aylantiruvchi element bo‘lib xizmat qilishiga aytiladi.

Quyosh isitish tizimlariga ega inshootlar loyihalarini ishlab chiqish, qurish va ishlatish tajribasi, bu sohadagi jahon yutuqlarini tahlil qilish va umumlashtirish shuni ko‘rsatadiki, eng samarali tizimlardan biri passiv quyosh isitish tizimlari bo‘lib, ular asosan konstruktiv yechimlari jihatidan soddaligi bilan ajralib turadi.

Passiv quyosh isitish tizimlari issiqlikni bino devorlari orqali bevosita qabul qilishga hamda o‘tkazib berish funksiyalarini o‘zida mujassam etadi. Bunday turdagi binolar qo‘shimcha sarf-xarajat talab qilmaydi, quyosh nurlanishi energiyasini

avtomatik ravishda qabul qiladi va jamlaydi. Ma'lumki, oddiy isitish tizimlarini loyihalashda tizimning quvvati yilning eng sovuq davrida issiqlik bilan ta'minlab berish shartidan aniqlanadi. Shu bilan birga, tizim asosan real issiqlik yo'qotishlarini kompensatsiyalagan holda, ma'lum yuklama bilan ishlaydi. O'z navbatida, isitish tizimiga tushadigan bunday yuklamani tizimni loyihalashda sutka davomida tushadigan quyosh nurlanishi energiyasi hisobiga kamaytirish mumkin. Quyosh nurlanishi issiqligini maksimal darajada qabul qiladigan tarzda binoni loyihalashtirish nafaqat an'anaviy isitish uchun energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirishga, balki ba'zi hollarda bunday turdagi sarf-xarajatning bo'lmasligiga olib kelishi mumkin.

Bino va inshootlarni tasniflash bo'yicha Yevropa tasniflash tizimiga ko'ra, energiya samarador binolar quyidagi turlarga bo'linadi:

- Energiyatejamkor uy – isitish uchun o'rtacha energiya iste'moli $60-70 \text{ kVt}\cdot\text{s}/(\text{m}^2\cdot\text{yil})$ dan kam bo'lmagan uylar;

- Passiv uy – isitish uchun o'rtacha energiya sarfi yiliga $15 \text{ kVt}\cdot\text{s}/(\text{m}^2\cdot\text{yil})$ dan oshmaydigan uylar;

- Energiya iste'moli nolga teng bo'lgan bino bu – passiv uy bilan bir xil me'moriy standartga ega bo'lgan, lekin o'z kuchi bilan ishlab chiqarilgan energiya iste'moli uchun mo'ljallangan bino bo'lib, isitish uchun o'rtacha energiya iste'moli $0 \text{ kVt}\cdot\text{s}/(\text{m}^2\cdot\text{yil})$ ni tashkil qiladi.

Faol («Energiya plyus» turidagi) uy bu – maxsus muhandislik tizimlari qo'llanilishi sababli, iste'mol qilinganidan ko'ra ko'proq energiya ishlab chiqaradigan bino.

Passiv uy – atrof-muhitga salbiy ta'siri nisbatan kam, yuqori darajada energiyatejamkor va yashash uchun barcha qulayliklarga ega bo'lgan uy.

Passiv uyning asosiy mezonlari issiqlik himoya qatlamining yuqori darajasi va issiqlik o'tkazuvchanligi $<0,15 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ega bo'lgan yaxlit mustahkam qobiqli bino yaratishdan iborat.

Passiv uylarni loyihalash va qurishda quyidagi mezonlar hisobga olinadi:

- «termal ko'priklar (issiqlik aylanishi)» - issiqlik yo'qotiladigan joylar qolishining oldini olish;
- konstruksiyaning ixchamligi;
- binoning janubga qaraganligi va soya tushmasligi hisobiga quyosh energiyasidan passiv foydalanish;
- issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $<0,8 \text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ va energiya o'tkazuvchanligi – taxminan 50 foiz bo'lgan maxsus yuqori sifatli oyna va oyna romlari;
- havo almashinuvining davomiyligi: $n_{50} = 0,33\text{x}^{-1}$;
- qayta ishlangan havodan issiqlikni rekuperatsiya qilish, bunda issiqlikni saqlash foizi $> 75\%$;

- maishiy maqsadlarda foydalanish uchun yuqori samarador energotejamkor qurilmalar;
- suvni quyosh kollektorlari yoki issiqlik nasosi yordamida isitish;
- passiv havoli, masalan, yer-havo issiqlik nasosi orqali isitish.

Passiv uylar bo'yicha jahon tajribasini ko'rib chiqadigan bo'lsak, birinchi eko-uy dastlabki passiv uy qurilishidan hamda AQSHda energiya inqirozi yuz berishidan ancha oldinroq, ya'ni, 1972 yilda Nyu-Gempshir shtatida joylashgan Manchester shahrida qurilgan (4.1.1-rasm).



4.1.1-rasm. AQSHda qurilgan birinchi eko-uy.

Uy kub shaklida loyihalashtirilgan bo'lib, uning shakli me'moriy ixchamligi tufayli issiqlik yo'qotilishini minimallashtirish imkonini bergan. Shisha qatlam devor yuzasining faqat 10 foizini tashkil etgan hamda uyning tomida quyosh kollektorlari o'rnatilgan. Tashqi devorlari ikki qavatli konstruksiyadan tashkil topgan hamda derazalarga quyoshdan saqllovchi to'siqlar o'rnatilgan. Binoning me'moriy yechimi shuningdek, ichki xonalarning maqbul joylashuvi, tabiiy yoritishdan maksimal darajada foydalanish imkonini yaratgan. Rekuperatsiyali shamollatish hamda sovutilgan va isitilgan suvni saqlash uchun maxsus rezervuarlar(idish)ni qo'llash imkoni ham ko'rib chiqilgan.

Ikkinchi energiya samarador uy – Finlyandiyaning Otaniemi shahrida (1973-1979 yy.) qurilgan «EKONO-house» binosidir. «EKONO-house» binosini loyihalashtirishda quyidagi asosiy innovatsion energotejamkor yechimlarga erishilgan:

- yopiq inshootlarning maydonini kamaytirish va ular orqali issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun binoning ichki hajmidan samarali foydalanish;
- issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun to'siq konstruksiyalarning samarador issiqlik himoya qatlamini hosil qilish;
- binoning issiqlik (termik) qarshiligini oshirish va issiqlikni jamlash maqsadida yuqori issiqlik sig'imiga ega bo'lgan to'siq konstruksiyalaridan foydalanish; isitish

tizimi hisobiga to'g'ri keladigan yuklamani kamaytirish maqsadida konstruksiyaning asosida quyosh nurlanishi issiqligini to'plash;

- yilning yozgi mavsumida ichkariga issiqlik oqimi kirishini va yilning qishki mavsumida tashqariga issiqlik yo'qotilishini kamaytirish uchun havoni shamollatish xususiyatiga ega bo'lgan oynalardan foydalanish;

- binoni isitishda energiya sarfini kamaytirish maqsadida ventilyatsiya tizimida havo chiqishini (binoning germetikligi) va tashqi havo oqimi sarfini minimallashtirish;

- elektr energiya sarfini kamaytirish maqsadida samarali yoritish; energiya iste'molini muqobillashtirish va energiya iste'moli hisobini yuritish maqsadida iqlimiy va yoritish uskunalarini avtomatik boshqarish tizimidan foydalanilgan.

«EKONO-house»ning birinchi bo'lmasida yillik solishtirma issiqlik sarfi 124 kWh/m^2 ni tashkil etgan bo'lib, bu ko'rsatkich Finlyandiyadagi ofis binolaridagi ko'rsatkichga nisbatan 50% ga past edi. AQShda shunga o'xshash binolarning solishtirma issiqlik sarfi ko'rsatkichlari bundan ham yuqori qiymatiga ega edi. Birinchi bo'lmani isitish uchun yillik solishtirma elektr energiyasi sarfi ko'rsatkichi yiliga 79 kWh/m^2 ni tashkil etgan bo'lib, bu Finlyandiya hamda AQShdagi ko'rsatkichlarga nisbatan past edi. «EKONO-house» binosining ikkinchi bo'lmasini isitish uchun solishtirma issiqlik sarfi yiliga 70 kWh/m^2 , isitish uchun solishtirma elektr energiyasining sarfi yiliga 57 kWh/m^2 bo'lib, bu ko'rsatkich ushbu turdagi an'anaviy uylar energiya iste'molining $1/3$ qismiga tengdir.

Birinchi passiv uy 1991 yilda Germaniyaning Darmshtadt shahrida qurilgan. (4.1.2-rasm). Ushbu loyiha bunday turdagi uylarni ekspluatatsiya qilishda undagi barcha muhim tizimlarining mukammal ishlashini tasdiqladi.



4.1.2-rasm. 1991 yilda Germaniyada qurilgan passiv uyning umumiy ko'rinishi.

Hozircha isitish uchun o'rtacha energiya sarfi o'zgarishsiz ($10 \text{ kWh}^{\circ}\text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{yil})$ dan kam) qolgan holda, an'anaviy uyga nisbatan solishtirganda tejalish foizi 90 foizdan ko'proqni tashkil qilib, uydagi havo sifatining nisbatan yuqoriligi va qulay harorat sharoiti qayd etildi.

Passiv turdagi uylarning ko'rsatkichlarini ishlab chiqish va takomillashtirish bo'yicha tadqiqotlarni keng ko'lamda o'tkazish va davom ettirish maqsadida Passiv uy instituti tashkil etilgan. 2011 yil may holatiga 32000 dan ortiq sertifikatlangan passiv uylar qurilgan va 2020 yildan boshlab Yevropa Ittifoqida passiv qurilish standarti (isitish uchun yillik o'rtacha energiya sarfi ko'rsatkichi $15 \text{ kVt}\cdot\text{s/m}^2$) majburiy etib belgilangan.

4.2. Passiv uylarni qurishning ekologik jihatlari

Bugungi kunda butun dunyoda ishlab chiqarilayotgan issiqlik va elektr energiyasi umumiy energiya resurslari hajmida qayta tiklanadigan energiya manbalarining ulushi hali ancha past bo'lgani sababli yuqori darajadagi "uglerodlilik" bilan ajralib turadi. 2018 yilda O'zbekiston hukumati tomonidan BMTning iqlim o'zgarishi bo'yicha doiraviy konvensiyasida taklif etilgan Parij bitimi ratifikatsiya qilindi, unga muvofiq O'zbekiston "iqlim o'zgarishining oqibatlarini bartaraf etishga o'z hissasini qo'shishga tayyor"ligini ifodalagan. Hozirda mamlakatda qayta tiklanadigan energiyani qo'llab-quvvatlash va chiqindilarga qo'llaniladigan kvotalar bo'yicha xalqaro savdo bozoriga kirish mexanizmlarining me'yoriy-huquqiy bazasini yaratish va joriy etish bo'yicha muhim vazifalar turibdi [21, 96-b, 14].

O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, 2010-2019-yillarda O'zbekistonda issiqxona gazlari chiqindilarining mutlaq hajmi 30,6% ga, shu jumladan, elektr stansiyalaridan chiqadigan chiqindilar 65,2% ga oshgan va 2019-yil yakunlariga ko'ra energetika sohasining mamlakatdagi issiqxona gazlari chiqindisi chiqishidagi ulushi 19,5% ni tashkil etgan. Issiqxona gazlari chiqindisi bilan bog'liq noqulay vaziyat doirasida hukumat mamlakatda "yashil" kun tartibini ilgari surish borasidagi sa'y-harakatlarini oshirib, unga muvofiq energiya samaradorligini ikki barobar oshirish va karbonat angidrid chiqindilarini YaIMga nisbatan kamaytirish maqsadini qo'ydi (4.2.1-jadval).

4.2.1-jadval

Yoqilg'i yonishi natijasida atmosferaga chiqadigan CO₂ chiqindisi miqdori
(1 t yoqilg'i hisobiga)

Yoqilg'i turlari	(SO ₂) chiqindilari hajmi, t
Toshko'mir	2,29
Qo'ng'ir ko'mir	1,45
Briket	2,12
Koks	2,8
Tabiiy gaz	1,88
Mazut	3,16
Dizel yoqilg'isi	3,12

AQSh atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (Environmental Protection Agency, EPA) mamlakatda yillik issiqxona gazlari inventarizatsiyasi hisobotini e'lon qilgan holda, Qo'shma Shtatlardagi umumiy gaz chiqindilarini kuzatib boradi. Ushbu yillik hisobot Qo'shma Shtatlar bo'ylab antropogen faoliyat bilan bog'liq umumiy mahalliy chiqindilarni va issiqxona gazlarini yo'qotilishini baholaydi. Eng so'nggi mavjud hisobot 2017 yilga to'g'ri kelib, unga ko'ra issiqxona gazlari chiqindilari manbalari quyidagi tarmoqlar hisobiga to'g'ri keladi:

- transport (issiqxona gazlari chiqindilarining 28,9%i).
- elektr ishlab chiqarish (27,5 %).
- sanoat (22,2 %).
- tijorat va turar-joy binolari (11,6 %).
- qishloq xo'jaligi (9,0 %).

Qishloq xo'jaligida issiqxona gazlari chiqindilari chorvachilik (chiqindining asosiy manbai chorva mollari), qishloq xo'jaligida tuproqni parvarish qilish (sintetik va organik o'g'itlardan foydalanish, azotli ekinlarni yetishtirish, tuproqni quritish) va guruch yetishtirish bilan bog'liq.

“Passiv” tizimning asosiy xususiyati shundaki, uning samaradorligi deyarli butunlay maqbul konstruktiv yechimni tanlashga bog'liq. Mazkur yechim faqatgina issiqlik jarayonlarining nostatsionarliligi va doimiy emasligini hisobga olgan holda analitik modellar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Bunday muammolarni analitik hal etishning muhim xususiyati “passiv” tizimlar rivojlanishining ushbu bosqichida o'ta zarur bo'lgan muhandislik usulini olish imkoniyatidir.

Passiv quyosh isitish tizimida bino tuzilishi quyosh nurlanishini yig'ishga mo'ljallangan. Bunday isitish tizimida bino-inshootlarning devorlari, shiftlar yoki pol to'shamalari quyosh nurini to'g'ridan-to'g'ri qabul qilib oladi. Bino tarkibida qurilgan issiqlik saqlash uchun maxsus elementlar taqdim etiladigan tizimlar ham mavjud (masalan, toshli qutilar yoki suv bilan to'ldirilgan shisha idishlar). Bunday tizimlar ham passiv quyosh tizimlari sifatida tasniflanadi. Passiv quyosh binolar yashash uchun qulay bo'lib, tabiat bilan uyg'unlashgan holda, tabiiy yorug'lik ko'pligi tufayli, nafaqat issiqlik, balki elektr energiyasi ham tejraladi. Passiv quyosh isitish tizimi kun davomida issiqlikni yutish va muayyan muddatga uydagi haroratni saqlab turish vazifasini bajaruvchi bir qancha elementlarni o'z ichiga oladi, bunday elementlar sirasiga g'ishtin devorlar, tosh pollar, katta o'lchamli eshik-derazalar va boshqalar bo'lishi mumkin. Passiv quyosh energiyasidan to'g'ri foydalanish uchun uy bo'ylab issiq havoning faol harakatlanishi talab qilinadi. Uyning eshiklari ochiq holda bo'lganda, tabiiy aylanish yetarli bo'ladi. Passiv tizim uskunalari loyihalash mexanik qurilmalarni o'z ichiga olmasada, ba'zan loyihaga ventilyatorlar ham kiritiladi. Qisqa to'liqinli nurlanishni osonlikcha o'tkazadigan shisha uzoq to'liqinli nurlanishning yomon o'tkazuvchisi hisoblanadi. Quyosh energiyasi shisha orqali kirib, uning orqasidagi ba'zi bir jism

tomonidan so‘rilganidan so‘ng, issiqlik energiyasi radiatsiya orqali tashqariga uzatiladi. Ushbu hodisa “issiqlxona effekti” deb nomlanadi. Quyosh nurlanishini to‘playdigan va uni issiqlikka aylantiradigan aksariyat qurilmalarning ishlash prinsipi issiqlxona ta’siriga asoslangan.

Passiv quyosh tizimlari elektr energiyasi iste’moli uchun sarflanadigan xarajatni deyarli 50% gacha kamaytirish imkonini beradi. Ta’kidlash joizki, passiv quyosh tizimlarining isitish tamoyillaridan to‘la foydalanilgan holda, bunday uyni qurish uchun ketadigan moliyaviy sarf-xarajat oddiy uyga ketadigan sarf-xarajat bilan bir xil miqdorda bo‘ladi.

Passiv quyosh isitish tizimlari tabiiy usulda-janubga qaragan derazalar orqali binolarning katta o‘lchamli elementlarida quyosh issiqligini to‘plash uchun mo‘ljallangan. Shu bilan birga, passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanish hisobiga energiyaning tejallishi 25-30% ni tashkil etadi va joyning iqlimiy ko‘rsatkichlariga bevosita bog‘liqdir.

Bunday quyosh issiqlik ta’minoti tizimlarining asosiy xususiyatlari 4.2.2-jadvalda keltirilgan.

4.2.2–jadval.

Passiv energiya tizimlarining tavsifi

Gelio inshootning turi	Quyosh energiya ta’minoti tizimining turi	Rejalashtirilayotgan texnik tadbirlarning tavsifi	Quyosh energiya ta’minoti tashkillashtirish usullari
Passiv tizimlar			
An’anaviy konstruksiyali binolar (maxsus qurilmalar-siz)	Yuqori chiroqchinlar, oranjereyalar, quyosh derazalar	Asosiy xonalar old qismining janubga yo‘naltirilganligi; kenglik bo‘yicha uzaytirilgan reja	Issiqlik himoya qatlami. Katta yuzali oynalar bilan qoplash. Yordamchi energetik tizim. Havoning tabiiy konveksiyasi
Konstruktiv elementlar yordamida o‘zgartirish kiritilgan binolar	Issiqlikni o‘zida jamlovchi devor-kollektor; issiqlik hovuzlari	Shimoliy fasadlarni minimumda ushlab, binoning shimoliy tarafida yordamchi xonalarni joylashtirish	Issiqlik himoya qatlami. Massiv to‘siqlar. Katta o‘lchamli oynalar. Yordamchi energetik tizim. Havoning tabiiy konveksiyasi.

Arxitektura sohasida quyosh energiyasidan passiv foydalanishning bir qancha asosiy usullari mavjud. Ular yordamida ko‘pgina sxemalarni ishlab chiqish va turlicha qurilish loyihalarini bajarish mumkin. Binolar qurilishida ustuvor passiv quyosh

energiyasidan foydalanishda: uyning joylashuvi (shimoliy yarimsharda) qishda janubga qaragan oynalar soni ko‘proq bo‘lishi va quyosh nurini ko‘proq o‘tkazishi (va aksincha, yozda istalmagan quyosh nurlarini kirib kelishini cheklash uchun sharq yoki g‘arbga qaragan oynalar sonini kam bo‘lishi); ichki issiqlik yuklamasini to‘g‘ri hisoblash uchun istalmagan harorat o‘zgarishlarini oldini olish va kunning qorong‘u vaqtida issiqlikni ushlab qolish uchun binoning konstruksiyasi yaxshi himoya qatlamiga ega bo‘lishi lozim. Binolarning joylashuvi, himoya qatlami, derazalarning orientatsiyasi va issiqlik yuklamasi yagona tizimga keltirilgan bo‘lishi kerak. Ichki haroratning o‘zgarishini kamaytirish uchun bino tashqarisiga, ichki isitish joylarida, qacda izolyatsiya talab etilsa, himoya qoplamalari qo‘yilishi kerak. Shunda binoning konstruksiyasi har qanday mikroiklim uchun muqobil bo‘ladi. Bunday binolarda himoya qatlami va issiqlik yuklamasi o‘rtasida to‘g‘ri muvozanatga erishilsa, energiya tejaladi va qurilish materiallari ham tejalib, iqtisodiy samaradorlik yuqori bo‘ladi.

Passiv isitish tizimlarining tarkibiy qismlariga quyidagilar kiradi:

- to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nuri bilan yoritiladigan xonalar;
- binoning yuqori qismida joylashgan, energiyani saqlashga mo‘ljallangan suvli idishlar;
- quyosh nuri bilan yoritilgan devorlarning tashqi sirtlariga yotqizilgan quvurlardan foydalanish;
- issiqlik energiyasini jamlovchi oyna teshiklarini, to‘siqlarini, bino qoplamasining tashqi devorlarini to‘ldirish uchun ishlatiladigan tizimlardan foydalanish;
- shuningdek, isitgichlarda havoni sovutish uchun termosifon shamollatish tizimlarini kiritish mumkin.

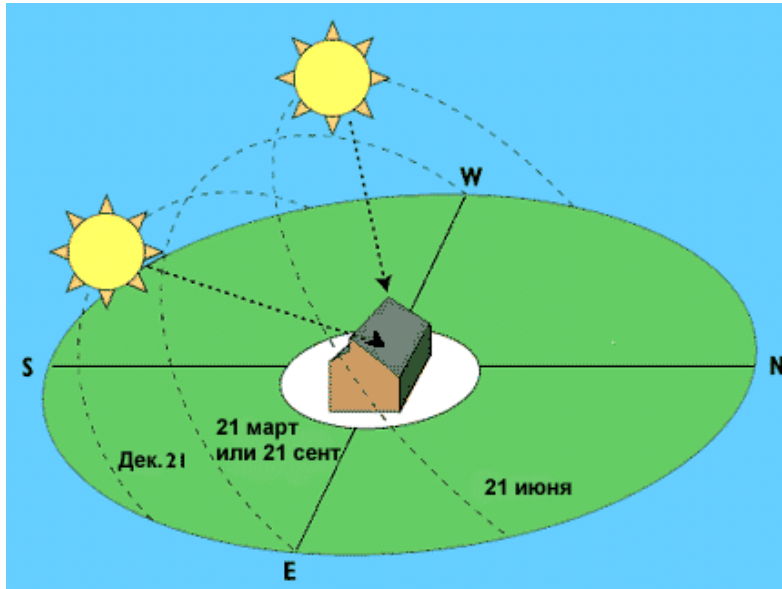
Har qanday passiv tizimning samaradorligi bevosita ishlatilgan oynaning turiga bog‘liq. Oyna yoki boshqa shaffof materiallar qisqa to‘lqinlarni o‘zida ushlab qoladi.

Oynalar energiya oqimini ikki asosiy usulda tartibga soladi:

- qishda bino ichiga quyosh energiyasini o‘tkazib, uyni issiqlik bilan ta‘minlaydi, bunda bino ichidagi havo harorati tashqi haroratdan oshib ketadi;
- yozda derazani to‘g‘ri joylashtirish va uni soyalash orqali quyosh nurining kirib borish darajasini kamaytirish yordamida binoni sovutishga yordam beradi, shuningdek uyni sovutish uchun ventilyatsiyadan foydalanadi. Agar quyosh nurlanishining issiqligidan foydalanilsa, uning eng foydali bo‘lgan vaqtida xonaga kirib borishini ta‘minlash kerak.

Odatda, qishki mavsumda, quyosh nurlari 9:00 dan 15:00 gacha bo‘lgan davrda xonaga kirishi kerak, bunda ularning yo‘lida deyarli hech qanday to‘siq bo‘lmasligi kerak. Hovlidagi daraxtlarning soyasi uyning xonalarini quyosh nuridan to‘siq qo‘yishi mumkin bo‘lib, bunday jihatlar qurilish paytida hisobga olinishi kerak. Loyihalashda binoning devorlari, pol va shifti ichki qismlarning joylashuvidan ko‘ra muhimroqdir.

Oynalar yasaladigan shisha materiallar odatda quyosh nurlanishini 0,4-2,5 mkm oralig'ida o'tkazadi. Xona ichida joylashgan xira obyektlar tomonidan nur yutilishi va yana qayta nurlanishi natijasida, uning to'lqin uzunligi 11 mkm gacha ortadi. Shisha mazkur uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlarni o'tkazmaydigan to'siq bo'lib hisoblanadi, va xonaga kirayotgan nur chiqib ketmaydi.



4.2.1-rasm. Shimoliy yarim shardagi binolarni joylashtirishning tavsiya etilgan yo'nalishi.

Passiv tizimlarda quyosh nurlanishini jamlash va saqlashga mo'ljallangan kollektorlar va akkumulyatorlar mavjud bo'lib, yuqori issiqlik sig'imiga ega bo'lgan tashqi to'siqlar hisoblanadi.

Quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish quyosh nurlari bilan bevosita isitish va bu issiqlikni to'playdigan va asta-sekin xonaga qaytaradigan katta tashqi korpusda issiqlikni to'plash orqali amalga oshirilishi mumkin.

4.3. Passiv Quyosh isitish tizimlarining kamchiliklari

Quyosh nuri ta'sirida mebel va gilamlarning rangi o'chadi.

Agarda xonada bir necha soat davomida doimiy ravshda to'g'ridan-to'g'ri Quyosh nurlanishi qabul qilinsa, kun davomida qizib ketishi mumkin. Kunning qorong'u vaqtida xonalarda iliqlikni ko'proq vaqt saqlashga harakat qilib, kun davomida ba'zi xonalarning haroratini yuqoriroq darajaga oshirish mumkin.

Ayrim binolar passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanishga umuman moslashtirilmagan. Bu turli obyektlar tomonidan quyoshdan soyalangan, shimolga qaragan, derazalari kam bo'lgan yoki hech qanday derazalari bo'lmagan janubga qaragan binolar bo'lishi mumkin. Bunday hollarda passiv quyosh isitish tizimlari umuman qo'llanilmaydi.

Kun davomida quyosh nurini o'tkazuvchi derazalar ham xonani isitadi, biroq ular yaxshi loyihalangan bo'lmasa, kunning qorong'u vaqtida issiqlikning yo'qolishiga olib keladi. Bunday holda, issiqlik yo'qotilishini himoyalash, ya'ni oynalarni germetizatsiyalash, oyna-paket derazalarini o'rnatish yordam beradi.

Passiv quyosh isitish tizimlari tabiiy usulda-janubga qaragan shaffof to'siqlar orqali binolarning katta o'lchamli elementlarida quyosh issiqligini to'plash uchun mo'ljallangan. Shu bilan birga, passiv quyosh isitish tizimlaridan foydalanish hisobiga energiya ning tejali shi 35-45% ni tashkil etadi va joyning iqlimiy ko'rsatkichlariga bevosita bog'liqdir.

Insolyatsion passiv quyosh isitish tizimi orqali isitish bo'yicha dastlabki tajribalar O'zbekistonda bundan 85 yil avval mashhur quyosh sohasidagi yetuk olim va muhandis V.B. Vaynberg rahbarligida o'tkazilgan. Uning loyihasiga ko'ra, 1931 yilda Kaplanbekda (hozirgi Qozog'iston Respublikasining Chimkent viloyatida) quyosh laboratoriyasining kichik binosi qurildi. Kuzatuvlar natijalari shuni ko'rsatdiki, sovuq quyoshli (ochiq) havoda laboratoriya xonasini isitish talab qilinmadi, ammo bulutli, shamolli ob-havo sharoitida bino qo'shimcha ravishda isitildi. Yozda laboratoriya binosida qizish kuzatilmadi, chunki yilning yozgi mavsumida ufqda quyoshning yuqori turish holati tufayli laboratoriya xonasiga kirgan quyosh nurlanishining miqdori yilning qishki mavsumiga nisbatan 2-3 marta kam bo'ladi.

Amerika Qo'shma Shtatlarining Indiana shtati iqlimi sharoitida, insolyatsion passiv quyosh isitish tizimiga ega bo'lgan, oynadan iborat ikki qatlamli qalinligi 6 mm va havo qatlami qalinligi 12 mm bo'lgan shaffof to'siqli uyni isitishda, har qanday qo'shimcha isitish tizimlarini qo'llanmagan holda, tashqi havo harorati $0 \div 1^{\circ}\text{C}$ bo'lgan sharoitda, kun davomida xonaning o'rtacha havo harorati $14 \div 15^{\circ}\text{C}$ oralig'ida saqlangan. Kunning qorong'u vaqtida ichkaridagi havo haroratining $+2^{\circ}\text{C}$ ga pasayishi, kunning yorug' vaqtida esa $+27^{\circ}\text{C}$ ga oshishi kuzatildi. Biroq, mazkur uyning umumiy issiqlik yo'qotilishi an'anaviy isitish tizimiga ega bo'lgan uyd an 16% yuqori bo'lganligini aytib o'tish lozim.

O'zbekiston iqlimi sharoitida yilning isitish mavsumida passiv Quyosh isitish tizimlaridan foydalanish quyda keltirilgan sabablar tufayli, eng maqbul zamonaviy isitish tizimlaridan biri ekanligi to'g'risida fikrga kelindi:

1) O'zbekiston qulay Quyoshli mo'tadil iqlimga ega geografik kengligida joylashgan, 15 oktyabrdan 15-aprelgacha, ya'ni, isitish mavsumida 100 kunga yaqin quyoshli kun bo'ladi;

2) Passiv Quyosh isitish tizimlariga moslab quriladigan binolar bilan ana'anaviy qurilgan binolarning tannarxi deyarli bir xil;

3) O'zbekiston iqlimi sharoitida past haroratli passiv Quyosh isitish tizimlaridan foydalanib binolarni loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish eng zamonaviy va

samarali isitish usullaridan biri bo'lib, kelajakda ilmiy tadqiqotchilar uchun ko'plab ixtirolar va ilmiy ishlanmalarni amalga oshirishda amaliyotga joriy qilish imkoniyatlari keng.

4) O'zbekiston iqlimi sharoiti uchun passiv Quyosh isitish tizimlaridan foydalanib, binolarni isitishning iqtisodiy, ekologik, va energetik samaradorligi yuqori ekanligi masalan, Yevropada yoqilg'ini almashtirish koeffisienti 25-30% gacha bo'lib, O'zbekistonda esa ushbu koeffisient 35-80% ni tashkil qiladi.

Binolarni isitish, shamollatish va konditsiyalashtirishga ketadigan energiyadan ratsional foydalanish quyidagi yo'llar bilan ta'minlanadi:

- bino to'siq konstruksiyalarining issiqlik qarshiligi hamda havo sizib o'tishiga qarshiligini oshirish, shuningdek, ortiqcha yorug'lik oraliqlari maydonlarini istisno qilish hisobiga to'suvchi konstruksiyalar orqali issiqlik yo'qotilishini qisqartirish;

- yilning issiq davrida quyoshdan saqlaydigan qurilmalar yordamida issiqlik kelib tushishini kamaytirish;

- istiladigan xonalardan tashqarida joylashgan uskunalar, quvurlar hamda havo quvurlaridan issiqlik va sovuqlik yo'qotishlarini kamaytirish;

Energiyadan foydalanish koeffisientlari yuqori bo'lgan isitish-shamollatish va sovutish uskunalarini qo'llash;

Iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ikkilamchi hamda qayta tiklanuvchan energiya resurlaridan foydalanish.

4.4. Faol quyosh isitish tizimlari va ularning tahlili. Faol quyosh isitish tizimlari.

Faol quyosh isitish tizimlari deb – binolarning quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirib beruvchi maxsus texnologik qurilmalar bilan jihozlanganligini nazarda tutuvchi isitish tizimlariga aytiladi. Faol past haroratli quyosh nuri bilan isituvchi asboblari o'zi alohida o'rnatilib, binoning biror-bir qurilmasiga kirmaydi. Hozirgi davrda quyosh nuri bilan isituvchi gelioqurilmalar ikki turga bo'linadi:

- nur yig'uvchi gelioqurilmalar;
- yassi gelioqurilmalar.

Nur yig'uvchi gelioqurilmalar sferik yoki paraboloid shaklida oynali, paraboloid silindr shaklida yasaladi.

Yassi gelioqurilmalar ikki turga bo'linadi:

- yassi kollektorlar;
- yassi absorberlar.

Faol quyosh isitish tizimi passiv isitish tizimiga nisbatan ko'proq issiqlik berish imkonini yaratadi va o'z-o'zidan, murakkabroq texnologiyalarga ega. Odatda bunday quyosh isitish tizimi uch tarkibiy qismni o'z ichiga oladi: Quyosh nurlanishini yutish uchun quyosh kollektori, olingan energiyani jamlab-saqlash tizimi va turar-joy

binolarini issiqlik bilan ta'minlash uchun issiqlik almashish tizimi. Faol tizimlar havo yoki suyuqlik asosidagi turlarga bo'linadi.

Faol quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarining asosiy xususiyatlari 4.4.1-jadvalda keltirilgan.

4.4.1-jadval.

Faol energiya tizimlarining tavsifi

Gelio inshootning turi	Quyosh energiya ta'minoti tizimining turi	Rejalashtirilayotgan texnik tadbirlarning tavsifi	Quyosh energiya ta'minoti tashkillashtirish usullari
Faol tizimlar			
Tuzilishida maxsus qurilmalari bo'lgan binolar	Yassi kollektorlar (suvli va havoli) akkumulyatorlar	Hajman ixcham; janubiy devorda yoki janubiy qiyalikdagi tomlarda kollektorlarni joylashtirish	Maxsus issiqlik akkumulyatorlarining mavjudligi: suv yordamida isitishda idishlarda suv saqlash; havoli isitishda shag'aldan foydalanish
Alohida qurilmalarga ega bo'lgan bino	Yassi kollektorlar, quyosh nurini jamlovchi qurilmalar, akkumulyatorlar	Hajman ixcham; quyosh isitishni qo'llash bilan bog'liq, chegaralanmagan oddiy turdagi uylar	Boyerlarning mavjudligi, issiqlik tarqatishning maxsus tizimi. Issiqlik tarqatishda mexanik yondashuv

Faol isitish tizimlarida ham farqlar mavjud bo'lib, quyosh energiyasini quyosh kollektorida qay usulda jamlashida aks etadi. Suyuqlik asosidagi tizimlarda, mos ravishda, mazkur vazifani suyuqlik bajaradi, havo asosidagi tizimlarda esa energiya havo orqali yutiladi. Odatda, quyosh kollektorlari binolarning tomlariga o'rnatiladi, shuning uchun issiq havoning chiqish joyini shiftga joylashtirish maqsadga muvofiqdir. O'rnatilgan tizim shiftga o'rnatiladigan ventilyator sifatida ishlab, uydagi havoni aralashtirib beradi.

Faol quyosh isitish tizimlarini o'z navbatida quyidagicha tasniflash mumkin:

- 1) mo'ljallangan foydalanish sohasiga ko'ra: issiq suv, isitish va mujassamlashgan issiq suv va isitish tizimlari;
- 2) yil davomida ishlatilish vaqti bo'yicha: mavsumiy va yil bo'yi;
- 3) iste'molchilarning qamrovi bo'yicha: individual, guruhlashgan va markazlashgan;
- 4) konturlari soni bo'yicha: bir-, ikki- va ko'p konturli;
- 5) zahira manbaining mavjudligi bo'yicha;

Faol tizimlar binolarning quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirib beruvchi maxsus texnologik qurilmalar bilan jihozlanganligini ko'zda tutadi. Quyosh energiyasini suyuqlik asosida ishlovchi kollektorlar yordamida issiqlikka aylantirishga mo'ljallangan faol qurilmalarni quyidagi asosiy guruhlariga ajratish mumkin:

- vakuum-quvurli kollektorlar;
- bir qatlamli selektiv qoplamali oynalar bilan jihozlangan yassi kollektorlar;
- bir qatlamli selektiv qoplamasiz oynalar bilan jihozlangan yassi kollektorlar;
- shaffof qoplamaga ega bo'lmagan absorberlar.

Quyosh nurini issiqlik energiyasiga aylatiruvchi qurilmalarning eng muhim ko'rsatkichlaridan biri bu ularning energiya samaradorligi hisoblanadi. Bu kollektordan olinadigan energiya (issiqlik) oqimining uning yuzasiga tushadigan quyosh nurlanishining energiya oqimiga nisbati bilan ifodalanadi.

Energiya samaradorlikning qiymatiga optik va issiqlik yo'qotishlari eng katta ta'sir ko'rsatadi. Optik yo'qotishlar shaffof qoplamaning o'tkazuvchanligi va absorberning yutilish quvvati bilan aniqlanadi. Ular deyarli haroratga bog'liq emas. Issiqlik yo'qotishlari kollektor va absorber yuzalari bilan atrof-muhit o'rtasidagi issiqlik almashinuvidan kelib chiqib, atrofdagi havoning haroratlari farqiga bog'liq bo'ladi.

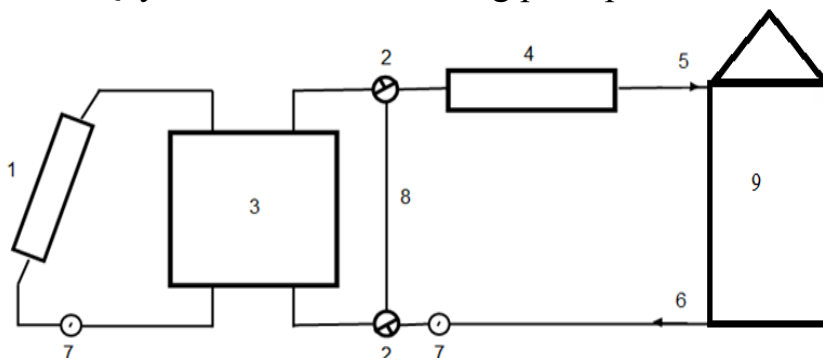
Agar kollektorlar issiq mavsumda past haroratli ($Q=800 \text{ Wt/m}^2$) issiqlik tashuvchini, masalan, ochiq tizimlardagi suvni (kollektordagi issiqlik tashuvchining harorati tashqi havo haroratidan katta farq qilmaydi) isitish uchun ishlatilsa, selektiv qoplamali va boshqa turdagi kollektorlar taxminan bir xil – 80% atrofidagi samaradorlikka ega bo'lgan bir qatlamli shisha qoplama bilan qoplangan. Bunday sharoitda eng samarali shaffof qoplamasiz absorberlarning samaradorligi va FIK taxminan 90% ga teng bo'lib, shaffof qoplama optik yo'qotilishlarning (nur qaytarish) mavjud emasligi bilan bog'liq [43, 22-b, 44]. Quyosh nurlanishining shisha quvurlar egri sirtidan o'tishida sezilarli qaytarilishi tufayli vakuum-quvurli kollektorlar eng kam samarali (60%) hisoblanadi.

Quyosh nurlanishi energiyasi bilan isitilgan suv akkumulyatorga undan binoning issiqlik yuklamasini ta'minlash uchun suv olayotgan vaqtda kirishi mumkinligi tufayli, mazkur tizim akkumulyatorni, qo'shimcha energiya manbaini va yuklanishni o'z ichiga olgan tizimni mustaqil boshqarish imkonini beradi. Bunday tizimda qo'shimcha energiya manbai uchun bak-akkumulyatoridan baypas liniyasi belgilangan.

Yilning issiq mavsumida suvni isitish uchun kollektorlardan foydalanishda, issiqlik tashuvchining harorati atrof-muhit haroratidan yuqori bo'lishi ($40-45^{\circ}\text{C}$ ga) mumkin. Bunday sharoitda quvurli, yassi selektiv kollektorlarning samaradorligi yuqoridagi tur kollektorga o'xshash -55% atrofida. Xuddi shunday, mazkur sharoitda issiqlik o'tkazuvchanlik bo'yicha yo'qotishlar oshib ketadigan selektiv qoplamasiz kollektorlarning samaradorligi ham nisbatan kichik (40%). Himoya qatlami bilan

himoyalangan issiqlik tashuvchi va uning atrofidagi havo o'rtasida konvektiv issiqlik almashinuvining ortishi tufayli qoplamasiz ochiq absorberlar eng past samaradorlikka ega bo'li, 20% gacha kamayishi mumkin.

4.4.1-rasmda faol Quyosh isitish tizimlarining prinsipial sxemasi keltirilgan.



4.4.1-rasm. Faol quyosh isitish tizimlarining prinsipial sxemasi.

- 1 – quyosh suv isitgichi; 2 – uch tomonlama jo'mrak; 3 – bak-akkumulyator;
4 – qo'shimcha issiqlik manbai; 5 – xonaga kirish; 6 – xonadan chiqish;
7 – nasos; 8 – akkumulyatorning baypas liniyasi; 9 – issiqlik yuklamasini qabul qiluvchi (Abonent).

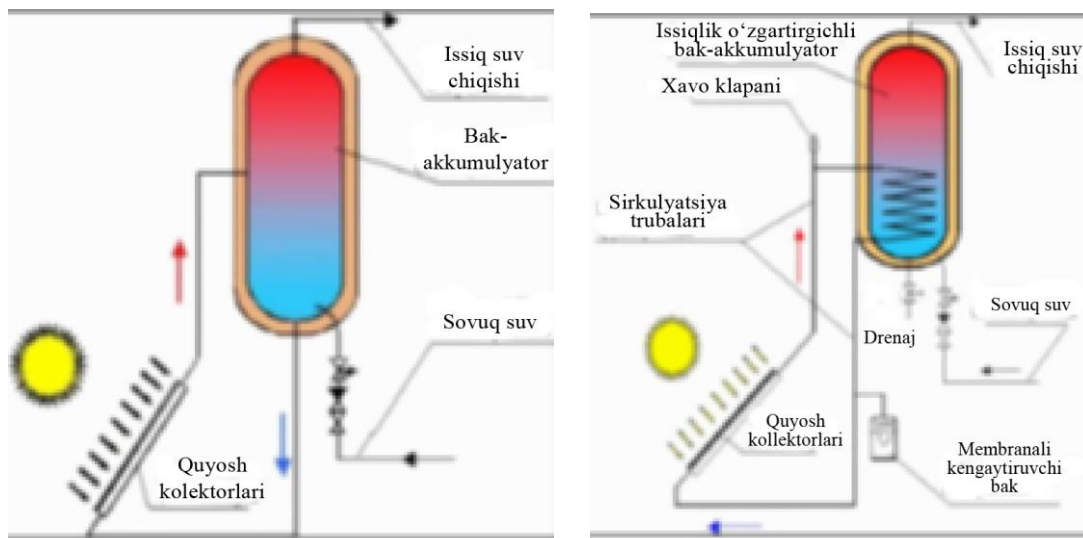
Agar, yilning kuz-bahor davrida, quyosh nurlanishining oqimining intensivligi $Q = 400 \div 500 \text{ Vt/m}^2$ gacha kamayadigan sharoitda past haroratli isitish tizimlari hamda issiq suv ta'minoti tizimlari uchun quyosh kollektorlari qo'llanilgan hol uchun ham, tashqi havo va issiqlik tashuvchi o'rtasidagi haroratlar farqi $40 \div 45^\circ\text{C}$ ni tashkil etishi yetarlidir. Bunday sharoitda eng yuqori samaradorlikni (45%) vakuum-quvurli kollektor (quvurlarda yuqori vakuum hosil qilish evaziga konveksiya tomonidan issiqlik yo'qotilishini qariyb to'liq bartaraf etish hisobiga) namoyish etadi. Bunday sharoitda, atigi 28% selektiv qoplamali bir qatlamli shishadan yasalgan, selektiv qoplamasiz kollektorlar va ochiq absorberlar qo'llanilmaydi.

Yuqoridagilardan xulosa qilish mumkinki, ochiq absorberlar quyosh nurlanishining yuqori intensivligi va issiqlik tashuvchi harorati past bo'lgan sharoitlarda (kollektorda mavsumiy suv qizishi) da samarali bo'lishi mumkin. Selektiv qoplamaga ega bo'lmagan absorberli kollektorlardan O'zbekiston sharoitida issiq suv tizimlarida suvni mavsumiy isitish uchun foydalanish mumkin. Yuqori sifatli selektiv qoplamali kollektorlardan IST (issiqlik suv ta'minoti) tizimlari uchun doimiy (yil davomida) suv isitish va yilning kuzgi-bahorgi davrida past haroratli isitish tizimlari uchun foydalanish mumkin. Vakuum-quvurli kollektorlardan isitish tizimlari uchun yil davomida foydalanish mumkin.

Suyuqlik asosidagi kollektorlarda suyuq issiqlik tashuvchi – suv yoki maxsus muzlamaydigan suyuqlik qizdiriladi (4.4.2-rasm).

Mazkur turdagi tizimning ishlatilishiga misol qilib, passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchili bir konturli tizimni keltirish mumkin: kollektorlar, bak-akkumulyatorlar va

tizimning ulash quvurlari suyuqlik bilan to'ldiriladi. Kollektorning shaffof qoplamasidan o'tuvchi Quyosh nurlanishi uning yutuvchi panelini va kanallaridagi suyuqlikni isitadi.



4.4.2-rasm. Suyuqlik asosidagi quyosh kollektori. Bir konturli va ikki konturli tizim.

Qizdirilganda suyuqlikning zichligi kamayadi va qizdirilgan suyuqlik kollektorning yuqori nuqtasiga, so'ngra quvuri orqali bak-akkumulyatoriga tomon harakatlana boshlaydi. Idishda isitilgan suyuqlik yuqori nuqtaga yetib boradi va harorati pastroq suyuqlik idishning pastki qismiga tushadi, ya'ni suyuqlikning haroratga qarab qatlamlarni egallash jarayoni kuzatiladi. Bakning pastki qismidagi sovuq suyuqlik kollektorning pastki qismiga quvur bo'ylab kelib tushadi.

Shunday qilib, quyosh nurlanishi yetarli bo'lgan holda, kollektor konturida tezligi va intensivligi quyosh nurlanishi oqimining zichligiga bog'liq bo'lgan doimiy sirkulyatsiya jarayoni yuzaga keladi. Asta-sekin, kunning yorug' vaqtida, bak butunlay qiziydi va foydalanish uchun suv bakning yuqori qismida joylashgan qatlamlaridan olinishi kerak bo'ladi. Bu, odatda, pastdan bosim ostida sovuq suv yuborish orqali bakdan qizdirilgan issiq suvni siqib chiqarish bilan amalga oshiriladi.

Ikki konturli tizimning ishlash prinsipi bir konturli tizimnikiga o'xshaydi, tizimda kollektor, quvur o'tkazgichlar va bak-akkumulyatori, issiqlik almashtirgichdan iborat alohida yopiq konturi mavjud. Mazkur kontur maxsus muzlamaydigan issiqlik tashuvchi bilan to'ldiriladi. Issiqlik tashuvchi kollektorda isitilganidan so'ng issiqlik almashtirgichning yuqori qismiga o'tadi, bak-akkumulyatordagi suvga o'z issiqligini beradi va soviydi, so'ngra kollektorning past qismiga harakatlanib, quyosh nurlanishi ishtirokida doimiy ravishda aylanma harakat (sirkulyatsiyani) ta'minlaydi.

Foydalanish shartlariga ko'ra, uch tomonlama to'siqni tegishli holatlarda o'rnatish orqali tizimni quyidagi to'rt rejimda ishlashini ta'minlash mumkin:

1-rejim: agar binoga quyosh energiyasi tushayotgan bo‘lib, binoni isitish talab etilmasa, u holda quyosh isitgichidan olingan barcha issiqlik issiqlik jamlagichda to‘planadi;

2-rejim: agar binoga Quyosh energiyasi tushayotgan bo‘lib, binoni isitish talab etilsa, Quyosh isitgichidan olingan barcha issiqlik binoning issiqlik yuklamasiga sarflanadi;

3-rejim: agar binoga Quyosh energiyasi tushmayotgan bo‘lsa, va binoni isitishga ehtiyoj mavjud bo‘lib, hamda issiqlik jamlagich (akkumulyator)da issiqlik zahirasi bor bo‘lsa, binoning issiqlik yuklamasi jamlangan issiqlik bilan ta‘minlanadi;

4-rejim: agar binoga Quyosh energiyasi tushmayotgan bo‘lsa, va binoni isitishga ehtiyoj mavjud bo‘lib, hamda issiqlik jamlagich (akkumulyator)dagi issiqlik zahirasi ishlatib bo‘lingan bo‘lsa, issiqlik yukamasini ta‘minlash uchun qo‘shimcha energiya manbaidan foydalaniladi.

Real tizimlarda (masalan, yilning issiq mavsumida) beshinchi rejim ham yuzaga kelishi mumkin, ya‘ni akkumulyator energiya bilan to‘yingan, issiqlik yuklamasi mavjud bo‘lmagan va kollektor issiqlik ishlab chiqarayotgan bo‘lishi mumkin. Bunday sharoitda yutilgan energiyadan foydalanish yoki jamlashning imkoni yo‘q va uni to‘g‘ridan-to‘g‘ri boshqa iste‘molchiga yo‘naltirish kerak, ya‘ni issiq suv ta‘minoti uchun ishlatish rejimi kabi qo‘shimcha ish rejimlari berilishi kerak.

Suvli isitish tizimlarining afzalliklari issiqlik uzatish tizimlari uchun umumiy issiqlik tashuvchisini jamlash (akkumulyatsiyalash), kichik quvvatli akkumulyator uchun issiqlik tashuvchisini haydab berishda nisbatan kam energiya sarfini o‘z ichiga olishi bilan ifodalanadi. Biroq isitish tizimlarida suvdan foydalanish yilning sovuq davrida kunning qorong‘u vaqtida suvning muzlashi, tizimda korroziyadan yemirilish xavfi sodir bo‘lish imkonining mavjudligi kabi bir qator qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Shuni ta‘kidlash kerakki, yilning sovuq mavsumida quyosh isitgichdagi suv to‘kib tashlanmasa, suv muzlab qolishining oldini olish uchun odatda antifriz yoki ma‘lum haroratgacha muzlamaydigan maxsus suyuqliklar ishlatiladi. Akkumulyatordan binoga issiqlikni uzatish uchun suv-havoli issiqlik almashtirgichidan foydalaniladi. Akkumulyatordagi zahira energiya manbai tugaydigan holda, zarur issiqlikni an‘anaviy qozon yetkazib beradi.

Mazkur bo‘limda olib borilgan o‘rganishlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1) Faol quyosh isitish tizimlaridan foydalanish uchun O‘zbekiston Respublikasida hozirgi davr uchun yetarlicha huquqiy asoslar mavjud.

2) O‘zbekistonda va jahonda bajarilgan ilmiy-amaliy ishlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, faol quyosh isitish tizimlaridan foydalanishda yurtimizda ko‘plab ilmiy tadqiqot va amaliy ishlarni bajarish imkoniyatlari mavjud.

3) Faol quyosh isitish tizimlaridan O‘zbekiston iqlimi sharoitida foydalanishning samaradorligi bajarilgan ilmiy tadqiqot ishining keyingi boblarida o‘z aksini topgan. quyosh-yoqilg‘ili issiqlik tizimlaridan foydalanish O‘zbekiston iqlimi sharoiti uchun eng maqbul faol quyosh isitish tizimi bo‘lib hisoblanadi.

Quyosh kollektorlarining joylashishi qurilish maydonining imkoniyatlarini, landshaft va iqlimiy sharoitlar, hamda binoning joylashuvini hisobga olgan holda aniqlanishi lozim.

Quyosh kollektorlarini tutib turuvchi tayanch konstruksiyalar hisobi shamol va qor tufayli tayanchga tushuvchi yuklamalarni hisobga olgan holda olib borilishi lozim.

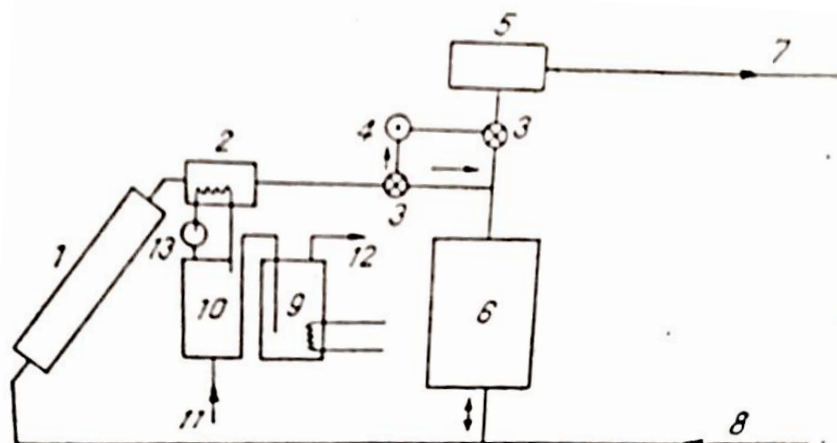
4.5. Uyg‘unlashgan (faol va passiv) quyosh isitish tizimlari: afzalliklari va kamchiliklari

Quyosh energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish uchun “issiqxona effekti” hodisasida ishlataladigan shisha yoki plastik yuzalar bilan qoplangan gelioqabulqilgich qo‘llaniladi. Biroq, faqatgina faol yoki passiv turdagi tizimlardan foydalanish har doim ham tavsiya etilmaydi. Issiqlik yo‘qotilishini va binoning energetik ehtiyojlarini kamaytirish maqsadida passiv va faol tizimlarning eng foydali samarador sifatlarini hisobga oluvchi uyg‘unlashgan tizimlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

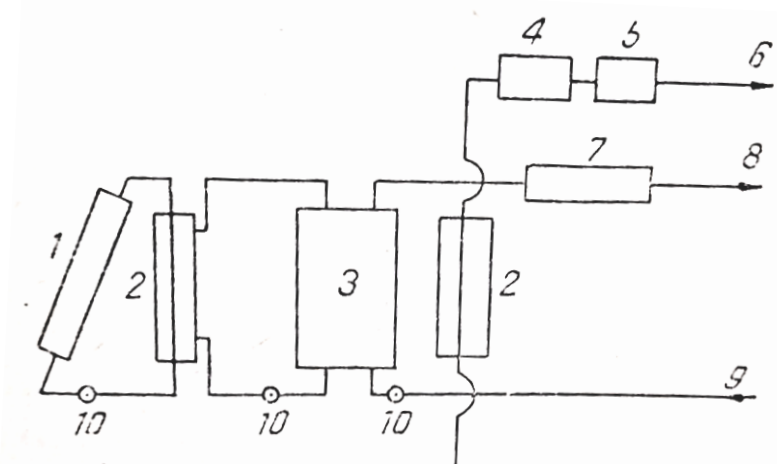
Dunyoda isitish maqsadlarida QE dan foydalanish sohasidagi ilmiy tadqiqotlar asosan faol tizimlardan farq qiluvchi passiv quyosh isitish tizimlarini ishlab chiqish va tadqiq qilish, birinchi navbatda, ularning soddaligi va arzonligi sababli olib boriladi. Mo‘tadil iqlimli mintaqalarda passiv quyosh isitish tizimlari orasida eng keng tarqalgani janubiy devordagi yorug‘lik tirqishlari orqali (odatda kattalashgan) isitiladigan xonalarga QN energiyasining bevosita oqimiga asoslangan insolyatsion tizimlardir. QN energiyasining insolyatsion tizimlarida issiqlik energiyasiga aylanishi qizigan binolarga kirgandan keyin sodir bo‘lgani uchun ularning issiqlik samaradorligi an‘anaviy faol va passiv quyosh isitish tizimlariga nisbatan sezilarli (1.5-2 marta) yuqori bo‘ladi. Mazkur tizimlar samaradorligini oshirish uchun ichki ketma-ket o‘rnatilgan uch qatlamli yassi shaffof qoplamadan foydalanish, xonani shamollatish havo muhiti, ichki va o‘rta qatlamlari namlangan to‘siqlari quriladi.

Panel-nurli isitish tizimlarida odatda, an‘anaviy radiatorli tizimlardan farqli ravishda 35-40°C haroratli issiqlik tashuvchidan foydalaniladi. Yilning qishki mavsumida suvni 35-40°C haroratgacha isitish uchun YaQQRing issiqlik samaradorligi suvni 70-80°C haroratgacha qizdirilgandagiga nisbatan deyarli ikki barobar yuqori bo‘ladi. Ko‘rinib turibdiki, quyosh isitish tizimlarida panel-nurli tizimlardan foydalanish YaQQ narxini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin. Panel-nurli quyosh isitish tizimlarida isitish mavsumida binolarni isitishda quyosh nurlanishini yetarli miqdorda to‘plashi mumkin, u sezilarli darajada issiqlik tizimining saqlash xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi.

Bino-inshootlarni isitish va issiq suv bilan ta'minlash masalalarini, foydalaniladigan asbob-uskunalarining o'ziga xos xususiyatlarini, iqlim sharoitini va boshqa bir qator omillarni har tomonlama hal qilishga intilish ularning tizimlarini kombinatsiyalashgan yechimda yechishga olib keladi.



4.5.1-rasm. Mujassamlashgan faol havo issiqlik tashuvchili quyosh issiqlik ta'minoti tizimining sxematik diagrammasi: 1-quyosh havo isitgichi; 2-suv-havo, issiqlik almashtirgich 3-to'siq; 4-ventilyator; 5-qo'shimcha issiqlik manbai; 6-shag'alli issiqlik akkumulyatori; 7-xonaga; 8-xonadan ; 9-suv qizdirgichi; 10 – suvni isitish baki; 11 – sovuq suv; 12-issiq suv.



4.5.2-rasm. Mujassamlashgan faol suyuqlikli issiqlik tashuvchili quyosh issiqlik ta'minotining tizimining prinsipial sxemasi: 1-quyosh suv isitgichi ; 2-suv-suvli issiqlik almashtirgich; 3- bak-akkumulyator; 4-issiq suv ta'minoti uchun issiq suv saqlagich; 5-issiq suv ta'minoti tizimining qo'shimcha issiqlik manbai; 6-issiq suv; 7-isitish tizimi uchun qo'shimcha issiqlik manbai; 8 – xonaga kirish yo'nalishi; 9 – xonadan chiqish yo'nalishi; 10 - nasoslar.

4.5.1 va 4.5.2-rasmlarda mos ravishda quyosh isitgich qurilmasida issiqlik tashuvchi sifatida havo va suyuqlikdan foydalangan holda mujassamlashgan faol

issiqlik ta'minoti tizimlarining sxematik diagrammalari ko'rsatilgan. Mujassamlashgan tizimlar alohida kichik tizimlarni umumiy modelga hisoblashning ma'lum usullarini birlashtirib, so'ngra umumiy maqsadli funksiyani muqobillashtirish yo'li bilan hisoblanadi.

Faol Quyosh isitish tizimlarida issiqlik elementi va issiqlik tashuvchini o'z ichiga olgan Quyosh kollektori Quyosh nurlarini bevosita yutib olish hamda issiqlik energiyasini akkumulyator yoki iste'molchiga uzatish uchun mo'ljallanadi.

4.5.1-jadvalda Past haroratli Quyosh isitish tizimlari klassifikatsiyalari va ularning muhim jihatlarini solishtirilgan.

4.5.1-jadval

Past haroratli Quyosh ITTlar tasniflari

Past haroratli Quyosh ITT	Tizimlarda yoqilg'ini tejash koeffitsienti	Tizimning yutuqlari	Tizimning kamchiliklari	Tizimning afzalliklari	Tizimning xavflilik tomonlari
<i>Past haroratli passiv Quyosh ITT</i>	35-45%	1. Taklif etilayotgan tizimdan foydalanish bo'yicha loyihaviy yechimlar mavjud. 2. Bino va inshoot qurilishiga katta sarf-xarajat sarflanmaydi	1. Ortiqcha issiqlikni jamlash va maqsadli yo'naltirish imkoniyati har doim ham mavjud emas. 2. Loyihalashtirish davrida rejalashtirilishi shart	Tizimning ishlash muddati bino inshoot yaroqlilik muddati bilan bir xil bo'lib ortiqcha sarf-xarajalar sarflanmaydi	Tizim qo'shimcha issiqlik manbai (dublyor) siz bulutli sovuq kunlarda issiqlikni ta'minlab berish imkoniyati past
<i>Past haroratli Faol Quyosh ITT</i>	20-35%	Quyoshiy-yoqilg'ili ITTlarini loyihalashtirish tizimda yoqilg'ini tejash koeffitsienti oshirishga olib keladi va u keng tarqalgan tizim bo'lib, loyihalash, qurish, ishlatish bo'yicha ko'p yillik tajriba mavjud.	1. Quyosh suv isitish kollektorlari, issiqlikni saqlash bak akkumulyatori va boshqa asbob-uskunalar katta mablag' va maydon talab qiladi. 2. Faqat quyosh energiyasi asosidagi ITT muhandislik yechimlari yetarli emas, chunki isitish mavsumida quyosh insolyatsiyasi yetarli emas va xar doim ham iqtisodiy jihatdan oqlamaydi.	Tizimni ekspluatatsiya qilishning yengillik jihatlari (ishga tushirish, o'chirish, sozlash), zahira tizimining mavjudligi, yilning sovuq mavsumida obyektlar uchun isitish ko'rsatgichlari nurli-panelli isitish tizimlariga (30-35°C) mos	Tizim ishlash davri mobaynida doimiy nazoratni talab qiladi va maqbul ishlash rejimlari iqlim ko'satgichlari bashoratlariga bog'liq.
<i>Past haroratli uyg'unlashgan Quyosh ITT</i>	60-80%	Isitish mavsumida kafolatlangan issiqlik energiyasi bilan ta'minlab beradi shu bilan birga Respublika iqlim sharoitida avtonom isitish tizimini yaratish imkoniyati mavjud. Energiya tejamlilik va iqtisodiy samaradorligi yuqori	Tizimga sarflanadigan boshlang'ich sarf-xarajat yuqoriligi	Zamonaviy texnika-texnologiyalardan foydalanilgan holda uni avtonom hamda zahira tizimiga ega ITT sifatida loyihalashtirish imkoniyati mavjud, va tizimni avtomatlashtirish va boshqarish imkoniyatlari mavjud	Iqlim ko'rsatgichlari bashoratlari asosida loyihalashtiriladi va malakali mutaxassissiz tizimga o'zgartirish kiritish mushkulligi

Tahlillar natijasi shuni ko'rsatdiki, maqbul ko'rsatkichlarga ega passiv va faol quyosh isitish tizimlari (uyg'unlashgan) ni qo'llash ITTlarida 60-85% gacha yoqilg'ini tejash imkonini berdi.

Quyosh energiyasidan foydalanish hisobiga quriladigan binolarning me'morchiligi binoning tarkibiy elementlari bo'yicha yechimlariga kiritilgan quyosh muhandislik g'oyalarining mohiyatini ifodalaydi va shunga muvofiq binoda amalga oshiriladigan funksional jarayon asosida turar-joy va jamoat binolarining fazoviy tuzilishini belgilaydi. O'ziga xosliklar quyosh muhandislik inshootlarining joylashuvi va dizayniga ko'ra belgilanadi. "quyoshiy me'morchilik" aholi turar-joy binolarining elektr energiyasi ta'minoti uchun quyosh energiyasidan foydalanish sohasida uni loyihalashtirish bo'yicha rejalashtirish hamda tashqi ko'rinishida muhim o'zgarishlarga sabab bo'ladi. Natijada yerning tabiiy resurslariga nisbatan psixologik va ijtimoiy munosabat o'zgarishi, ularni iste'mol qilish va tabiiy muhitni muhofaza qilishning oqilona yo'li vujudga keladi.

4.6. Energofaol shaffof to'siqli insolyatsion passiv quyoshiy isitish ta'minoti tizimi

Har qanday, shu jumladan, passiv quyosh isitish tizimlari uchun mo'ljallangan SHTning issiqlik himoya xususiyati, isitiladigan xonaga kiradigan yig'indi Quyosh nurlanishi va bu shaffof to'siq orqali issiqlik yo'qotishlari o'rtasidagi farq bilan belgilanadi.

SHTlarni o'rganishdan asosiy maqsad passiv quyosh isitish tizimlarining konstruksiyalarini tanlashdir, chunki SHTning optik va issiqlik ko'rsatkichlari asosan ko'rib chiqilayotgan turdagi quyosh isitish tizimlarining samaradorligini belgilaydi.

SHTning optik va issiqlik ko'rsatkichlarining uyg'unlashuvi ularning issiqlik samaradorligi (η) kabi ifodalanishi mumkin. SHTlarning optik va issiqlik balanslari tenglamalaridan olinadigan oniy vaqt ichidagi samaradorlikni aniqlash ifodasi quyidagicha:

$$\eta_c = \tau_c - \frac{K_{c_k-o}}{q_{nad}}(t_k - t_o), \quad (4.6.1)$$

bu yerda τ - ShT ning yig'indi quyosh nurlanishini o'tkazish koeffisienti; K_{c_k-o} - SHT orqali issiqlik uzatish koeffisienti; q_{pad} -SHT old yuzasiga tushuvchi yig'indi quyosh nurlanishi oqimining zichligi; t_k , t_o - mos ravishda, isitiladigan xona va atrof-muhit (ya'ni, tashqi havo) harorati.

(4.6.1) ifoda uchun taxminiy hisoblashlar natijalari shuni ko'rsatadiki, $t_k=18^\circ\text{C}$, $t_o=5^\circ\text{C}$ va $q_{pad}=700 \text{ Vt/m}^2$ (kunduzi), hamda $\tau=0.8$ da; 0.65, 0.51 va $K_{c_k-o}=6.35; 3.25$ va $2,0 \text{ W/(m}^2\text{C)}$ ga teng bo'lganda, oddiy shishadan tayyorlangan bir, ikki va uch-qatlamli SHT uchun η_s ning qiymatlari mos ravishda, 0,49 va 0,59; 0,65ni tashkil qiladi. Ta'kidlash joizki, yilning qishki mavsumida kunning yorug' vaqtining davomiyligi 7-

8 soat, SHT orqali issiqlik yo‘qolishi esa sutka davomida (ya’ni, 24 soat) kuzatiladi, muayyan insolyatsion passiv isitish tizimi uchun SHT konstruksiyasini tanlash muammosini hal qilish uchun ularning issiqlik himoya xususiyatlarini taqqoslashdan foydalanish qulayroq.

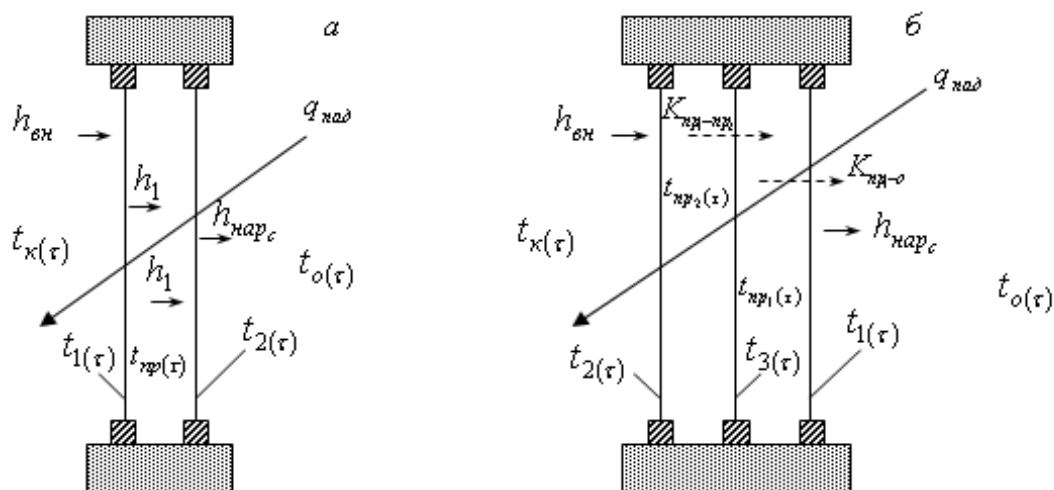
Har qanday, shu jumladan, passiv quyosh isitish tizimlari uchun mo‘ljallangan SHTning issiqlik himoya xususiyati, isitiladigan xonaga kiradigan yig‘indi QN va bu SHT orqali issiqlik yo‘qotishlari o‘rtasidagi farq bilan belgilanadi. Shuni ta’kidlash kerakki, SHTlarning issiqlik himoya xususiyatlari, boshqa barcha bir xil shartlarda teng bo‘lib, ularning joylashish yo‘nalishi, hududning iqlim sharoitlariga bog‘liq hamda vaqt birligi (oniy vaqt oralig‘idagi qiymat) ichida, sutka davomida yoki isitish mavsumi uchun aniqlanishi mumkin.

Dusyarov A. S. ishda ko‘rib chiqilgan passiv quyosh isitish tizimlari uchun SHT turini tanlash muammosini hal etish, ularning oniy vaqt oralig‘idagi issiqlik himoya xususiyatlarini aniqlash va taqqoslashga nisbatan bajarilgan.

Mazkur tadqiqot ikki va uch qatlamli shishadan yasalgan SHT uchun amalga oshirilgan (4.6.1-rasm).

Ushbu muammoni hal qilishda mualliflar tomonidan ko‘rib chiqilayotgan SHTlar elementlarida sodir bo‘luvchi issiqlik jarayonlarining fizik tasvirining o‘zgarishiga sabab bo‘lmaydigan quyidagi chegaraviy shartlar belgilab olindi:

- o‘tuvchi quyosh nurlanishining shisha tomonidan yutilishi e’tiborga olimagan;
- shishaning issiqlik qarshiligi e’tiborga olimagan;
- qoplama sirti shisha qatlamning issiqlik rejimiga ta’sir qilmaydi;
- o‘tishlar soni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi.

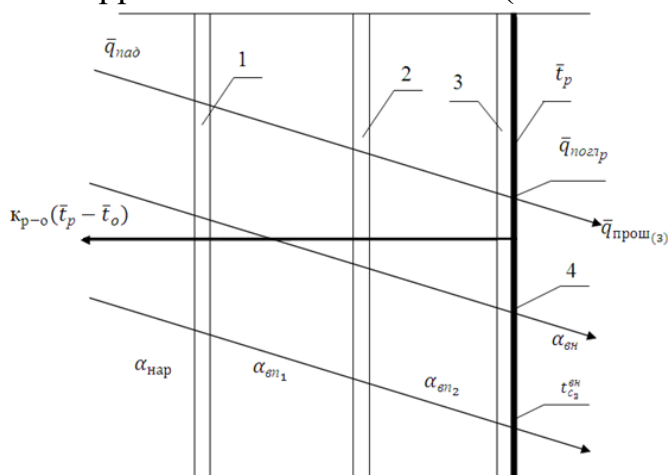


4.6.1-rasm. Insolyatsion passiv isitish tizimlarining ikki (a)-va uch qatlamli (b) SHTlari issiqlik hisobining sxematik diagrammasi.

Q_{tush} - SHTning old sirti yuzasiga tushuvchi yig‘indi QN oqimining zichligi;
 h_{ichki} - SHT ichki qatlamining ichki yuzasi hamda isitiladigan xonadagi muhit

oʻrtasidagi yigʻindi (konvektiv va nurli) issiqlik almashinish koeffitsienti; h_{tashqi} - SHT tashqi qatlamining tashqi yuzasi hamda isitiladigan xonadagi muhit oʻrtasidagi yigʻindi (konvektiv va nurli) issiqlik almashinish koeffitsienti; F_1 va F_2 – mos ravishda, SHTning ichki va tashqi qatlamlari yuzalari; h_1 - SHT ichki qatlamining tashqi yuzasi hamda SHTning ichki va tashqi qatlamlari oʻrtasida oʻrnatilgan yopiq prosloykadagi havo oʻrtasidagi konvektiv issiqlik almashinish koeffitsienti; t , t_2 , t_k va t_{pr} - mos ravishda, ShTning ichki va tashqi qatlamlari, isitiladigan xona muhiti hamda havo prosloykasining harorati.

Ikki va uch qatlamli SHTlarning ichki va tashqi qatlamlari uchun muvozanat tenglamalarini tuzish va birgalikda yechish natijasida, ularda yuzaga keladigan nostatsionar issiqlik jarayonlarini hisobga olgan holda, mualliflar tomonidan, SHTning alohida qatlamlari va ular orasidagi havo qatlami haroratining sutka davomida oʻzgarishini aniqlash boʻyicha tegishli yechimlar (diskret-doimiy qiymatlarning funksiyasi shaklida) olindi. Shu tarzda olingan maʼlumotlar ikki va uch qatlamli SHTlarning issiqlik himoya xususiyatlarini, shuningdek, rux oksidining selektiv plenkasi qoplangan ikki qatlamli SHTlarni passiv quyosh isitish tizimlarida toʻsiq ichki qatlamining ichki yuzasida taqqoslash uchun asos boʻldi (4.6.2-rasm).

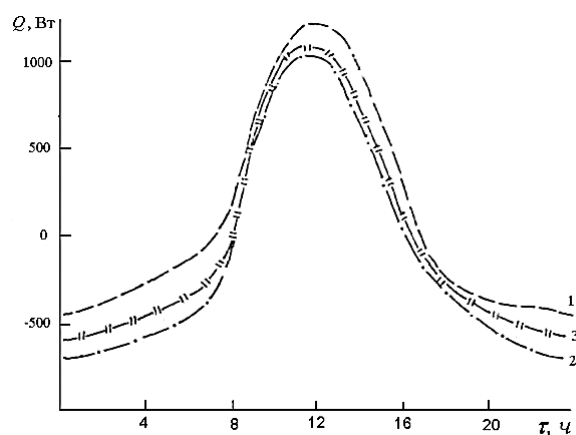


4.6.2 – rasm. Uch qatlamli SHT ichki qatlam ichki yuzasining qisman nur yutuvchi plenkali qoplama issiqlik balansining hisobiy-issiqlik prinsipial sxemasi. 1, 2 va 3 – mos ravishda, uch qavatli shaffof devorning tashqi, oʻrta va ichki qatlamlari; 4- qisman nurni yutuvchi oʻzgaruvchan plyonka qoplamasi; a_{vp1} va a_{vp2} -mos ravishda devorning tashqi va oʻrta va oʻrta va ichki qatlamlari orasidagi yopiq havo qatlamlari.

4.6.3-rasmdagi grafiklar tahlilidan koʻrinadiki, uch qavatli toʻsiq eng katta issiqlik himoya xususiyatlariga ega. Grafiklardan koʻrinib turibdiki, selektiv plyonka qoplamali ikki qatlamli SHTning issiqlik himoya xususiyati oddiy shishadan tayyorlangan ikki va uch qatlamli SHTlar issiqlik himoya xususiyatlarining yarim yigʻindisiga deyarli teng.

Isitish mavsumida Bracknell (Buyuk Britaniya) iqlim sharoitlari uchun janubga va sharqqa yo'naltirilgan bir va ikki qatlamli SHT (oddiy shishadan tayyorlangan) ning issiqlik himoya xususiyatlarini taqqoslash berilgan. Kutilganidek, janubga yo'naltirilgan SHTlarning issiqlik himoya xususiyati sharq yoki g'arbga yo'naltirilgan to'siqlarga qaraganda ancha yuqori.

Marakayev R.Yu., Permyakov S.N., Fedorov V.K. lar tashqi qatorda joylashgan ikki qatlamli ShTning issiqlik yutuvchi qatlamining mumkin bo'lgan qizish darajasini hisoblashning taxminiy uslubiyati taklif etilgan. Ushbu uslubiyat unda ichki issiqlik manbai mavjud bo'lgan hol uchun, uchinchi turdagi chegaraviy shartlarda, ShTning issiqlik yutuvchi qatlami uchun statsionar issiqlik o'tkazuvchanlikning bir o'lchovli differensial tenglamasini yechishga asoslangan.



4.6.3-rasm. Passiv quyosh isitish tizimlarida shaffof to'siqlarning issiqlik himoya xususiyatlarini taqqoslash. 1 va 2-mos ravishda, oddiy shishadan tayyorlangan ikki va uch qatlamli SHT uchun; 3-shisha ichki qatlamining ichki yuzasida selektiv plyonka qoplamali ikki qatlamli SHT uchun.

Mazkur uslubiyatning ko'pchilikka ma'lum ekanligiga qaramasdan, yuqorida keltirilgan differensial tenglamani yechishda ko'rilayotgan qatlamdagi ichki issiqlik manbaining quvvati noto'g'ri aniqlangan. Ma'lumki, o'tuvchi quyosh nurlanishining qisman yutilishi tufayli hosil bo'lgan, SHTning qaralayotgan qatlamidagi ichki issiqlik manbaining solishtirma quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$q_V = \frac{q_{noz\lambda}}{\delta}, \quad (4.6.2)$$

bu yerda

$$q_{noz\lambda} = \alpha_{noz\lambda} q_{nad} \quad (4.6.3)$$

- to'siqning issiqlik yutuvchi qatlamida yutilgan yig'indi (to'g'ridan-to'g'ri va diffuz) QN oqimining sirt zichligi; q_{nad} - issiqlik yutuvchi qatlamning old sirti yuzasiga tushuvchi yig'indi QN oqimining sirt zichligi;

$$\alpha_{noz} = 1 - e^{-\beta L} \quad (4.6.4)$$

issiqlik yutuvchi qatlam materialining QNni integral yutish koeffisienti; β - issiqlik yutuvchi qatlam materialining ko‘rish oralig‘idagi QNning susayish (ekstinksiya) koeffisienti; L – issiqlik yutuvchi qatlam qalinligidagi nurlanish yo‘lining uzunligi.

(4.6.3) va (4.6.4) ni (4.6.2) ga qo‘yish orqali, quyidagi ifodani olamiz:

$$q_v = \frac{1 - e^{-\beta L}}{\delta} q_{nao} \quad (4.6.5)$$

Avezov R.R., Avezova N.R, Abduxamidov D.U., Quralov M.A. ishlarida, issiqlik tenglamasini yechishda issiqlik yutuvchi qatlamda ichki issiqlik manbai mavjudligini hisobga oluvchi hadning qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$q_v = \frac{q_{nao} \cdot e^{-\beta L}}{\delta} \quad (4.6.6)$$

Ta’kidlash joizki, (4.6.6) ifodadagi $\frac{e^{-\beta L}}{\delta}$ Buger qonuniga asosan, qatlam orqali o‘tuvchi QNning qisman yutilishi natijasida hosil bo‘lgan ichki manbaning issiqlik quvvatini emas, balki o‘tuvchi QN intensivligining bu qaralayotgan qatlam qalinligi bo‘yicha kamayishini ifodalaydi. Shu sababli, insolyatsion passiv isitish tizimlaridagi SHTlarning issiqlik yutuvchi qatlami haroratini aniqlash uchun hisoblash uslubiyati noto‘g‘ri natijalarga olib kelishi mumkin.

Passiv quyosh isitish tizimlarining turli SHTlari issiqlik himoya xususiyatlarini taqqoslash bilan birga, ular yordamida isitiladigan obyektlarning harorat rejimini o‘rganish amaliy jihatdan katta qiziqish uyg‘otadi. Bu muammoni hal qilishning yo‘llaridan tegishli tajriba tadqiqotlarini tabiiy sharoitlarda o‘tkazishdir. Passiv quyosh isitish tizimlarining asosiy xususiyati shundaki, ularning samaradorligi deyarli butunlay o‘z elementlarining loyihaviy yechimini tanlashga va obyekt qurilgan hududning iqlim sharoitlariga bog‘liq. Bu ikki omilning xilma-xilligi tufayli ko‘rib chiqilayotgan muammoni tabiiy sharoitda bajarilgan tajriba yo‘li bilan hal etish katta moliyaviy xarajatlar va ko‘p vaqtni talab qiladi. Mavjud sonli usullar ushbu muammoni hisoblash yo‘li bilan hal qilishni ancha osonlashtiradi.

Toshkent shahri iqlim sharoiti uchun passiv quyosh isitish tizimiga ega bo‘lgan obyektning harorat rejimini sonli usullar yordamida bashoratlash isitilayotgan xonaning ichidagi havo haroratining kun davomidagi o‘zgarishi $t_{\kappa(\tau)}$ ga nisbatan muvozanat tenglamalarining yechimi atrof-muhit harorati (t_o) va SHT orqali xonaga kirayotgan QN (q) ning vaqt bo‘yicha diskret o‘zgarishi shartiga ko‘ra, quyidagi ko‘rinishga ega:

$$t_{\kappa(i+1)} = t_{\kappa(i)} + 0.265[t_{o(i+1)} - t_{\kappa(i)}] + 0.018q_{(i+1)}, \quad (4.6.7)$$

- quyosh botgandan keyin

$$t_{\kappa(i+1)} = t_{\kappa(i)} + 0.24[t_{o(i+1)} - t_{\kappa(i)}], \quad (4.6.8)$$

Insolyatsion passiv quyoshiy isitish ta'minoti tizimlarida QN energiyasini issiqlikka aylantirish jarayonlarning statsionar issiqlik balans tenglamasi quyidagicha:

$$Q_{tush_{oyna}}^{\Sigma} = Q_{kayt_{oyna}}^{\Sigma} + Q_{yut_{oyna}}^{\Sigma} + Q_{yut_{pq}}^{\Sigma} + Q_{o'tuv_{oyna}}^{\Sigma}, \quad (4.6.9)$$

bunda $Q_{tush_{oyna}}^{\Sigma}$ – oynaga tushayotgan issiqlik energiyasi miqdori; $Q_{kayt_{oyna}}^{\Sigma}$ – oynadan qaytayotgan issiqlik miqdori; $Q_{yut_{oyna}}^{\Sigma}$ – oynaga yutilayotgan issiqlik miqdori; $Q_{yut_{pk}}^{\Sigma}$ – plyonka qoplamaga yutilayotgan issiqlik miqdori; $Q_{o'tuv_{oyna}}^{\Sigma}$ – oynadan o'tuvchi issiqlik miqdori;

Insolyatsion passiv quyoshiy isitish ta'minoti tizimlarida QN energiyasini issiqlikka aylantirish jarayonlarning nostatsionar issiqlik balans tenglamasi quyidagicha:

$$(\rho SV)_x \frac{dt_x}{dz} = Q_{o'tgan_{oyna}}^{\Sigma} + Q_{r-x}^r + G_f - Q_{iy}^{devor} - Q_{iy}^{pk} - Q_{iy}^{shift} - Q_{iy}^{eshik}, \quad (4.6.10)$$

bunda $(\rho SV)_x \frac{dt_x}{dz}$ – QN energiyasini issiqlikka aylantirish jarayonlari; $Q_{o'tgan_{oyna}}^{\Sigma}$ – oynadan o'tuvchi issiqlik miqdori; Q_{r-x}^r – ShT orqali isitiladigan xonaga kiradigan quyosh nurlari oqimi energiyasi; G_f – isitiladigan xonaga uch qatlamli ShTning ichki qatlamiga o'rnatilgan nur yutuvchi plyonka qatlamining yuzasiga tushuvchi umumiy konvektiv va nurli issiqlik oqimi; Q_{iy}^{devor} – devorlardan issiqlik yo'qotishi; Q_{iy}^{pk} – plyonka qoplamadan issiqlik yo'qotishi; Q_{iy}^{shift} – shiftdan issiqlik yo'qotishi; Q_{iy}^{eshik} – eshiklardan issiqlik yo'qotishi.

Bunda, ushbu balans tenglamalari o'rtacha kvadratik usul, iteratsion usul, integrallash kabi usullardan foydalangan holda ishlangan.

Isitish mavsumining besh oyi uchun hisoblashlar natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, yilning sovuq oylarida (dekabr, yanvar, fevral) soat ertalabki 10:00 dan 16:00 gacha bo'lgan isitiladigan obyektning havo harorati hisobiy harorat (18°C) ga teng yoki undan yuqori bo'lib, an'anaviy isitish tizimini olti soat davomida o'chirilgan holatda saqlash imkonini beradi. Noyabr va mart oylarida esa, an'anaviy tizimni o'n soat davomida (ertalabki soat 8:00 dan kechki 17:00 gacha) o'chirish mumkin.

Oldindan berilgan shartlar asosida qisqa muddatli fazaviy-o'tuvchi akkumulyatorning solishtirma massasini aniqlash bo'yicha hisobiy izlanishlar natijasi.

Qaralayotgan SHT yuzasiga kun davomida (8 soat) tushuvchi yig'indi QN oqimi 11 000 kJ/m². SHTning kunlik o'rtacha issiqlik samaradorligi 0,6 ga teng. Tashqi havo

haroratining o'rtacha sutkalik qiymati + 5°C, isitilgan xonaning normallashtirilgan havo harorati esa +18°C ni tashkil etadi (ShNQ 2.01.04-97 Qurilish issiqlik texnikasiga muvofiq).

4.6.1-jadvalda turli qurilish materiallari va konstruksiyalarining issiqlik-texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

4.6.1-jadval.

Qurilish materiallari va konstruksiyalarining issiqlik-texnik ko'rsatkichlari

T/r	Nomi	Zichligi kg/m^3	Yuza m^2	Erish harorati $^{\circ}C$	yashirin erish issiqligi kJ/kg	Hajm m^3	Solishtirma issiqlik sig'imi, $kJ/kg^{\circ}C$	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $W/(m^2^{\circ}C)$	Qalinligi (mm)
1	Pol		15			45	1,47	0,35	4
2	Shaffof to'siq		3,75				0.84	0.76	4
3	(SN ₃) ₂ SO-dimetil sulfoksid	1100		20±2	150-250		1,97	1.2	

Insolyatsion-passiv isitish tizimlaridagi qisqa muddatli (sutkalik) issiqlik akkumulyatorining issiqlik sig'imi hisoblangan batareyani issiqlik bilan zaryadlash jarayonining oxiri va boshlanishidagi harorat farqlarining kunlik o'zgarishlari $Q_{pol}^{spo}(\tau)$ va $Q_{tp}^{op}(\tau)$ nisbatidan aniqlanadi, ya'ni:

$$(Ms_r)_{akk} = \frac{\sum_i(Q_{pol}^{spo}\Delta\tau)_i - \sum_i(Q_{tp}^{op}\Delta\tau)_i}{\Delta t_{akk}}. \quad (4.6.11)$$

Qaralayotgan akkumulyatorning solishtirma issiqlik jamlash($q_{foy}^{sht}(\tau)$) xususiyati (ShTning sirt yuzasi birligiga keltirilgan):

$$q_{foy}^{sht}(\tau) = \frac{Q_{foy}^{sht}(\tau)}{F_{sht}}, \quad (4.6.12)$$

bunda: $Q_{foy}^{sht}(\tau)$ – ShTning foydali energiyasi; F_{sht} – ShTning yuzasi;

$$q_{iy}^{ix}(\tau) = \frac{q_o V}{F_{sht}} [t_{vn} - t_o(\tau)], \quad (4.6.13)$$

bunda: $q_o V$ – isitiladigan xona hajmining solishtirma issiqlik xarakteristikasi; F_{sht} – SHTning yuzasi.

Issiqlik akkumulyatorining solishtirma massasi(m_{akk}) quyidagicha aniqlanadi:

$$m_{akk} = \frac{M_{akk}}{F_{sht}}, \quad (4.6.14)$$

bunda: M_{akk} – itssqlik akkumulyatori massasi;

Passiv Quyosh isitish tizimlari uchun ortiqcha issiqlikni jamlash akkumulyatorining solishtirma issiqlik sig‘imi va massasi $(mc_p)_{akk}$ quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$(mc_p)_{akk} = \frac{\sum_i (\eta_{sht} q_{tush}^{sht} \Delta\tau)_i - \sum_i (q_{iy}^{ix} \Delta\tau)_i}{\Delta t_{akk}}. \quad (4.6.15)$$

bunda η_{sht} – SHTning foydali ish koeffisienti; $q_{tush}^{sht} \Delta\tau$ – ma’lum vaqt oralig‘ida ShT ga tushadigan solishtirma issiqlik miqdori; $q_{iy}^{ix} \Delta\tau$ – ma’lum vaqt oralig‘ida isitiladigan xonaning solishtirma issiqlik yo‘qotishi Passiv quyosh isitish tizimlari uchun issiqlik tashuvchining harorati pastroq bo‘lishi xarakterli bo‘lganligi sababli, kunduzgi vaqtdagi ortiqcha quyosh energiyasini jamlashda erish harorati $\approx 20^\circ\text{C}$ bo‘lgan fazaviy-o‘tuvchi materiallardan foydalanish imkonini beradi.

Insolyatsion passiv isitish tizimlarida issiqlikni jamlash uchun past haroratli fazaviy-o‘tuvchi moddalaridan foydalanganda, jamlovchi modda solishtirma massasi uchun (4.6.15) ifodaga ko‘ra o‘rnatilgan formuladan foydalaniladi:

$$m_{akk} = \frac{\sum_i (\eta_{sht} q_{tush}^{sht} \Delta\tau)_i - \sum_i (q_{iy}^{ix} \Delta\tau)_i}{r_{akk} + (s_r \Delta t)_{akk}}, \quad (4.6.16)$$

bunda r_{akk} – issiqlik jamlovchi modda fazaviy yig‘uvchi modda fazaviy o‘tishining yashirin issiqligi; s_r va Δt_{akk} , mos ravishda, suyuq holatdagi issiqlik jamlovchi moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi va haroratining kunlik farqi.

4.6.2-jadvalda insolyatsion passiv quyoshli ITT ish rejimini va samaradorligini oshirish maqsadida qisqa muddatli fazali o‘tuvchi issiqlik jamlovchilar keltirilgan.

4.6.2-jadval.

Qisqa muddatli issiqlik jamlovchi sifatida qo‘llaniladigan fazaviy o‘tuvchi materiallar

T/r	Nomi	Erish issiqligi, °C	Yashirin erish issiqligi, kJ/kg
1	(SN_3) ₂ SO -dimetil sulfoksid	20±2	150-250
2	Parafin 5913	22÷24	190
3	glauber va osh tuzlari aralashmasi ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \cdot 9\text{NaCl}$)	23	

Insolyatsion passiv isitish tizimlarida past potensialli issiqlikni jamlash uchun istiqboldagi fazaviy-o‘tuvchi moddalar quyidagilardir: (SN_3)₂SO -dimetil sulfoksid (erish harorati 20±2°C, yashirin erish issiqligi 150-250 kJ/kg), parafin 5913 (erish harorati 22÷24°C, yashirin erish issiqligi 190 kJ/kg), shuningdek erish harorati 23°C ga teng bo‘lgan glauber va osh tuzlari aralashmasi ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \cdot 9\text{NaCl}$).

Polining yuzasi 15m^2 , hajmi 45m^3 , hamda SHTning yuzasi $3,75\text{ m}^2$ va solishtirma issiqlik xususiyati $1,2\text{ Vt}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ bo'lgan tajriba binosi uchun, erish harorati $18,6^{\circ}\text{C}$, (yashirin erish issiqligi 173 kJ/kg , solishtirma issiqlik sig'imi (suyuq holatda) $1,97\text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$) va zichligi 1100 kg/m^3 bo'lgan $(\text{SN}_3)_2\text{SO}$ asosidagi qisqa muddatli fazaviy-o'tuvchi akkumulyatorning solishtirma massasini aniqlash uchun hisobiy izlanishlar natijasini keltiramiz. Qaralayotgan SHT yuzasiga kun davomida (8 soat) tushuvchi yig'indi QN oqimi 11000 kJ/m^2 . SHTning kunlik o'rtacha issiqlik samaradorligi 0.6 ga teng. Tashqi havo haroratining o'rtacha sutkalik qiymati $+5^{\circ}\text{C}$, isitilgan xonaning normallashtirilgan havo harorati esa $+18^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.

Isitiladigan xonadan sutkalik yig'indi issiqlik yo'qotilishining hisobiy qiymati quyidagiga teng:

$$Q_{iy}^{ix} = 1,2 \cdot 45(18 - 5) \cdot 8 \cdot 3600\text{ J} = 20217,6\text{ kJ}$$

va kundalik SHTning issiqlik hosil qilish quvvati:

$$Q_{foy}^{sht} = 0,6 \cdot 11000 \cdot 3,75\text{ Dj} = 24750\text{ kJ}.$$

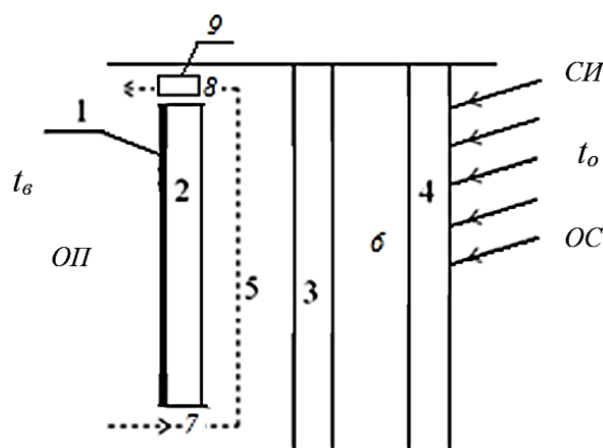
Energiyani jamlash lozim bo'lgan xonadagi ortiqcha QN qiymati:

$$Q_{foy}^{sht} - Q_{iy}^{ix} = 24750 - 20217,6 = 4532,4\text{ kJ}.$$

Passiv quyosh isitish tizimida qo'llaniladigan fazaviy-o'tuvchi IA havosining havo chiqarish qismidan chiqishdagi harorati 40°C , suyuq holatdagi akkumulyatorga kirishda 35°C bo'lgan holdagi massasi, qaralayotgan obyekt uchun quyidagicha:

$$M_{akk} = \frac{4532,4}{173 + 1,97(35 - 20)} = 22,4\text{ kg},$$

bunda issiqlik akkumulyatorining solishtirma massasi $m_{akk} = 22,4/3,75 = 6\text{ kg/m}^2$ bo'lib, uni 4.6.4-rasmda ko'rsatilganidek, SHTning havo chiqarish qismida joylashtirish imkonini beradi.



IX-isitiladigan xona; AM - atrof-muhit; QN-quyosh nurlanishi;

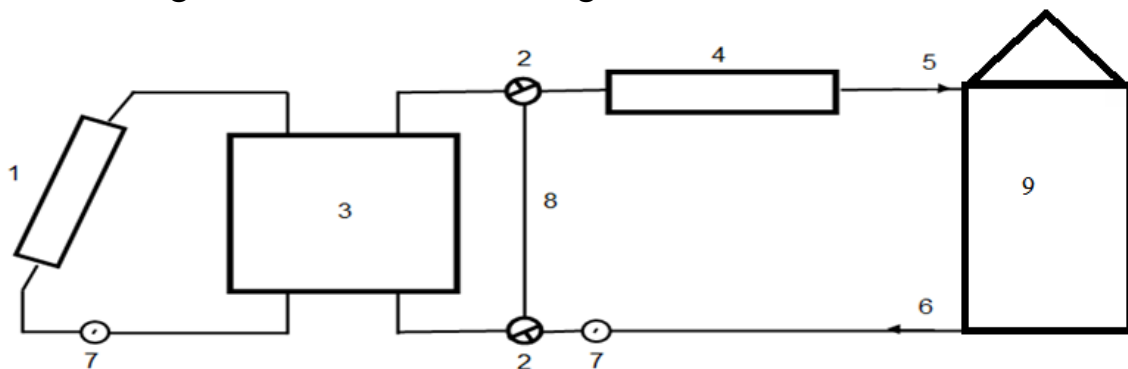
tv -isitiladigan xonaning havo harorati; t_o – AM harorati; 1-qisman nur yutuvchi yupqa polimer plyonka qoplamasi; 2, 3, va 4, mos ravishda, uch qatlamli yarim ShTlarning ichki, o'rta va tashqi qatlamlari; 5 va 6, mos ravishda ventilyatsiyalangan (produkt) va yopiq havo qatlami; 7, 8 – ventilyatsion kanallar; 9-qisqa muddatli IA

4.6.4-rasm. Passiv quyosh isitish tizimlarida uch qatlamli ESHTning prinsipial sxemasi va ishlash tartibi

Demak, Toshkent iqlim sharoiti uchun passiv quyosh isitish tizimiga ega bo'lgan obyektning harorat rejimi sonli usullar yordamida yechilgan. Isitish mavsumining besh oyi uchun hisoblashlar natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, yilning sovuq oylarida (dekabr, yanvar, fevral) soat ertalabki 10:00 dan 16:00 gacha bo'lgan isitiladigan obyektning havo harorati hisobiy harorat (18°C) ga teng yoki undan yuqori bo'lib, an'anaviy isitish tizimini olti soat davomida o'chirilgan holatda saqlash imkonini beradi. Noyabr va mart oylarida esa, an'anaviy tizimni o'n soat davomida (ertalabki soat 8:00 dan kechki 17:00 gacha) o'chirish mumkin.

4.7. Issiqlik akkumulyatoriga ega bo'lmagan faol quyosh isitish tizimining statik modeli

Binoda faol quyosh ITTlaridan foydalanilganda uning issiqlik va texnikaviy ko'rsatkichlarini o'rganish masalasi qo'yilgan va IAgga ega bo'lmagan faol quyosh isitish tizimining statsionar hamda nostatsionar hollari uchun modellashtirish orqali amalga oshirilgan. Quyidagi 4.7.1 – rasmda faol quyosh isitish tizimining prinsipial sxemasi keltirilgan bo'lib, uning asosida binolarning issiqlik himoyasini inobatga olgan holda uning matematik modeli keltirilgan:



4.7.1-rasm. Faol quyosh isitish tizimlarining prinsipial sxemasi.

1 – quyosh suv isitgichi; 2 – uch tomonlama jo'mrak; 3 bak-akkumulyator; 4 – qo'shimcha issiqlik manbai; 5—xonaga kirish; 6 – xonadan chiqish; 7 – nasos; 8 – akkumulyatorning baypas liniyasi; 9 – issiqlik yuklamasini qabul qiluvchi (Abonent)

$$K_{m.tr1} = \beta_h \frac{\frac{n_w A_{fw}}{R_{wall1}} + \frac{n_c A_{hcp}}{R_{roofsum1}} + \frac{n_f A_{hcp}}{R_{floor1}} + \frac{n_{win} A_{win}}{R_{win1}}}{A_{c.sum}} \quad (4.7.1)$$

$$K_{m.tr2} = \beta_h \frac{\frac{n_w A_{fw}}{R_{wall2}} + \frac{n_c A_{hcp}}{R_{roofsum2}} + \frac{n_f A_{hcp}}{R_{floor2}} + \frac{n_{win} A_{win}}{R_{win2}}}{A_{c.sum}} \quad (4.7.2)$$

$$K_{m.tr3} = \beta_h \frac{\frac{n_w A_{fw}}{R_{wall3}} + \frac{n_c A_{hcp}}{R_{roofsum3}} + \frac{n_f A_{hcp}}{R_{floor3}} + \frac{n_{win} A_{win}}{R_{win3}}}{A_{c.sum}} \quad (4.7.3)$$

bu yerda: $K_{m.tr1}$ – binoga beriladigan transmission issiqlik uzatish koeffisienti, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$; β_h - isitish moslamalari nomenklaturasining nominal issiqlik oqimining diskretligi, ularning to'siqlari orqali qo'shimcha issiqlik yo'qotilishi, burchak xonalari haroratining ko'tarilishi, isitilmaydigan xonalar orqali keladigan quvurlarning issiqlik yo'qotilishi bilan bog'liq isitish tizimining qo'shimcha sarfini hisobga olish koeffisienti: qabul qilingan: isitish davri uchun issiqlik sarfini hisoblashlarda $\beta_h = 1$; n_w, n_c, n_f - alohida to'siqlar (devorlar, shiftlar, pollar) ning tashqi havoga nisbatan holati, tashqi havo bilan aloqa qilmaydigan to'siq uchun harorat farqini kamaytirish koeffisienti; $A_{devor}, A_{shift}, A_{pol}, A_{deraza}, A_{kirish\ eshigi}$ – tashqi yuzaning maydoni, mos ravishda devorlar, shiftlar, pollar, derazalar, binoga kirish eshiklari, m^2 ; $R_{devor}, R_{shift}, R_{pol}, R_{deraza}, R_{kirish\ eshigi}$ – issiqlik uzatishga qarshilik, mos ravishda devorlar, shiftlar, pollar, derazalar, binoga kirish eshiklari, m^2 ; A_{bttum} – formulada hisobga olingan binoning barcha tashqi to'siqlarining umumiy maydoni, m^2 .

Keyingi bosqichda infiltratsiyani aniqlash uchun isitish davrida ta'minot havosining o'rtacha zichligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\rho_{h.o'z} = \frac{353}{273 + 0.5(t_{ichki} - t_{tashqi})} \frac{kg}{m^3}, \quad (4.7.4)$$

bu yerda: $\rho_{h.o'z}$ – isitish davrida ta'minot havosining o'rtacha zichligi, kg/m^3 ; t_{ichki} – ichki havoning hisobiy harorati, $^\circ C$, t_{tashqi} – tashqi havo harorati, $^\circ C$. isitish davrining o'rtacha harorati sifatida isitish davrining o'rtacha sharoitlari uchun aniqlanadi: $t_{tashqi} = t_{o'rtacha}$ K_{uibk} – binoning umumiy issiqlik berish koeffisienti, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

$$K_{m.inf} = \frac{C_a n_a \beta_v V_h \rho_{ho'z} k_1}{A_{bttum}}, \quad (4.7.5)$$

bu yerda: C_a – havoning issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot ^\circ C)$; n_a – isitish mavsumida binodagi o'rtacha havo almashinish ko'rsatkichi, $1/soat$; β_v – binodagi havo hajmining kamayish koeffisienti, $\beta_v = 0.85$; V_h – binoning isitiladigan hajmi, m^3 ; $\rho_{ho'z}$ – isitish davrida ta'minot havosining o'rtacha zichligi, kg/m^3 ; k_1 – shaffof to'siqlarga tushayotgan qarshi issiqlik oqimining ta'sirini hisobga olish koeffisienti; A_{bttum} – formulada hisobga olingan binoning barcha tashqi to'siqlarining umumiy maydoni, m^2 ; K_{uibk} – binoning umumiy issiqlik berish koeffisienti, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

$$K_{m2} = K_{m.tr2} + K_{m.inf} \quad (4.7.6)$$

$$K_{m3} = K_{m.tr3} + K_{m.inf} \quad (4.7.7)$$

Issiqlik mavsumida binoning umumiy issiqlik yo'qotishi $Q_{h1,2,3}$ - quyidagicha:

$$Q_{h1} = K_{m1} HDD A_{bttum} \quad (4.7.8)$$

$$Q_{h2} = K_{m2} HDD A_{bttum} \quad (4.7.9)$$

$$Q_{h3} = K_{m3} HDD A_{bttum} \quad (4.7.10)$$

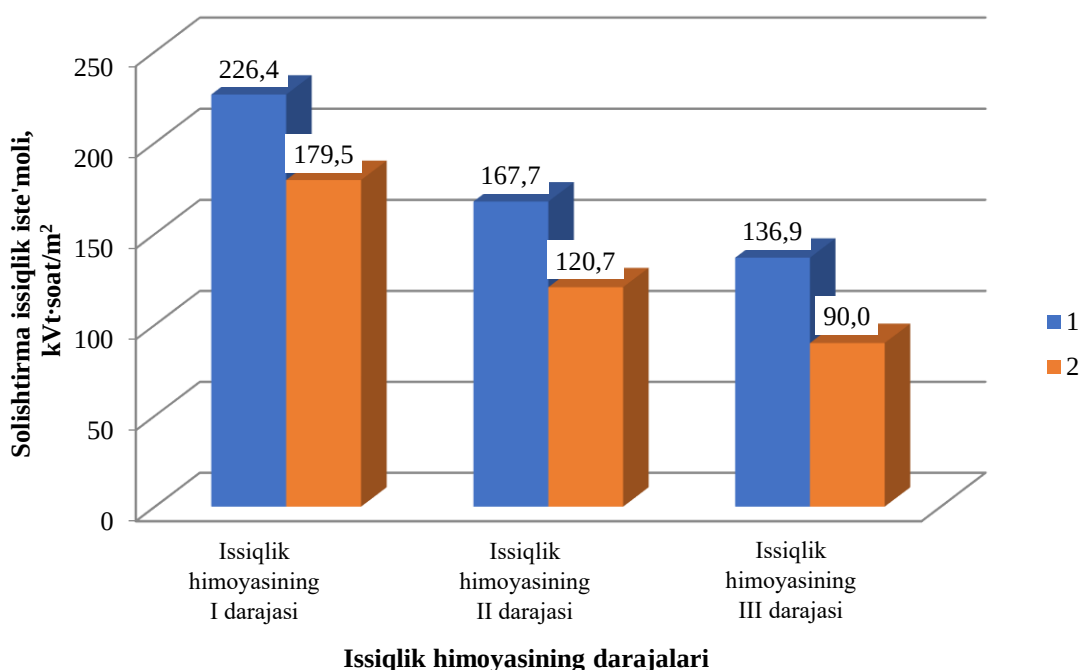
Bu yerda: $K_{m1,2,3} - K_{uibk}$ – binoning issiqlik himoya darajalari (I,II,III) bo'yicha umumiy issiqlik berish koeffitsienti, $Vt/(m^2 \cdot ^\circ C)$; HDD -Toshkent shahri uchun isitish davri gradus sutkalarining hisobiy ko'rsatkichlari, $^\circ C$; A_{bttum} – formulada hisobga olingan binoning barcha tashqi to'siqlarining umumiy maydoni, m^2 .

Quyosh kollektorlaridan olinadigan issiqlik energiyasi hisoblashda faol quyoshiy isitish tizimiga kiruvchi issiqlik energiyasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$Q_{qite} = 0.44H_o A_{qkuyu} \quad (4.7.11)$$

bunda H_o – QNning atmosferadan tashqaridagi oqimi, $kVt \cdot s/m^2$; A_{qkuyu} – Quyosh kollektorlarining umumiy yuzasi, m^2 .

Quyidagi 4.7.2-rasmda turli issiqlik himoya darajalariga ega bo'lgan binoning solishtirma issiqlik iste'molining o'zgarishi tasvirlangan.



4.7.2-rasm. Solishtirma issiqlik iste'molining issiqlik himoyasining turli darajalari bo'yicha o'zgarishi: 1- faol quyosh isitish tizimidan foydalanilmagan holat uchun; 2- bak-akkumulyatorsiz faol quyosh isitish tizimidan foydalanilgan holat uchun.

4.7.1-jadval.

Hisobiy va tajribaviy natijalarni taqqoslash

Issiqlik himoyasining darajalari	Binoning yillik solishtirma issiqlik iste'moli, $kVt \cdot s/m^2$	
	Tajribaviy	Hisobiy
Issiqlik himoyasining I darajasi	218.9	226.4
Issiqlik himoyasining II darajasi	151.8	167.6
Issiqlik himoyasining III darajasi	123.4	136.9

Hisoblash natijalarining ko'rsatishicha, qaralayotgan binoni isitishda, Toshkent shahri uchun, bak-akkumulyatorsiz faol quyosh isitish tizimidan foydalanilgan holatda solishtirma issiqlik iste'molini, issiqlik himoyasining birinchi darajasida 179,5 kVt·s/m² (20,7%), issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida 120,7 kVt·s/m² (28%) va issiqlik himoyasining uchinchi darajasida 90,0 kVt·s/m² (34,3%) ga kamaytirish mumkin.

4.8. Issiqlik akkumulyatoriga ega faol quyosh isitish tizimining dinamik modeli

Binoning dinamik issiqlik xossalarini aniqlash uchun gradus-soat usulidan foydalanamiz. Bunda binoning umumiy issiqlik yo'qotishi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{uiy} = K_m HDH A_{uyu}, \quad (4.8.1)$$

bunda HDH – isitish davrining gradus-soatlar miqdori bo'lib, quyidagicha aniqlanadi

$$HDH(t_{ix}) = \sum_{i=1}^N (t_{ix} - \bar{t}_{tx})^+, \quad (4.8.2)$$

bunda t_{ix} - bino ichida talab etilgan harorat; $\bar{t}_{tx}$ - atrof-muhit haroratining soatlik o'rtacha qiymati; N - qaralayotgan davr (oy, isitish mavsumi yoki yil) dagi soatlar miqdori

Isitilayotgan binoning geometrik o'lchamlari quyidagicha hisoblanadi:

$$A_{as} = \frac{\pi D_{to.ich}^2}{4} \quad (4.8.3)$$

$$A_{yon} = \pi D_{to.ich} H_{to} \quad (4.8.4)$$

$$V_{tp} = A_{as} H_{to} \quad (4.8.5)$$

$$U_{as} = \left(\frac{\delta_{to}}{\lambda_{to}} + \frac{\delta_{to.ich}}{\lambda_{to.ich}} + \frac{1}{H_{tash}} \right)^{-1} \quad (4.8.6)$$

$$U_{yon.l} = \left[\frac{1}{2\lambda_{to}} \ln \left(\frac{D_{to.ich} + \delta_{to}}{D_{to.ich}} \right) + \frac{1}{2\lambda_{to.ich}} \ln \left[\frac{D_{to.tash}}{D_{to.ich} + \delta_{to}} \right] + \frac{1}{h_{nar} D_{to.tash}} \right]^{-1} \quad (4.8.7)$$

$$UA = U_{as} A_{as} + U_{yon.l} + H_{to} \quad (4.8.8)$$

Hisoblangan issiqlik oqimi zichligi q_{hioz} Vt/m² quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$q_{hioz} = q_{nom} \left(\frac{\Delta t_{sr}}{70} \right)^{l+nl} \left(\frac{G_{s.kg}}{360} \right)^{pl}, \quad (4.8.9)$$

bu yerda: q_{nom} – nominal issiqlik oqimining zichligi, Vt/m^2 ; $\left(\frac{\Delta t_{sr}}{70}\right)^{l+nl}$ – issiqlik tashuvchisi suv bo‘lganda haroratlar farqi farqi, $^{\circ}C$; $G_{s.s}$ – suv sarfi, kg/s ; n, p – eksperimental raqamli ko‘rsatkichlar qiymatlari.

Tanlangan yuza bo‘yicha A_{ia} , isitish asboblardan chiqayotgan suvning harorati t_{chiq} , $^{\circ}C$ quyidagicha:

$$t_{chiq} = t_{hh} + \frac{1}{\left[\frac{1}{(t_{kir} - t_{hh})^{nl}} + \frac{q_{pr} nl \left(\frac{G_{pr} hr}{0.1} \right)^{N_{seksiya} Apr}}{70^{1+nl} G_{pr} C_{suv}} \right]^{pl \frac{1}{nl}}} \quad (4.8.10)$$

Bu yerda: t_{kir} – isitish asbobiga kiradigan issiqlik tashuvchining harorati. $^{\circ}C$; t_{hh} – isitiladigan xonadagi havoning hisobiy harorati. $^{\circ}C$; $q_{pr} - q_{nom}$ - nominal issiqlik oqimining zichligi, Vt/m^2 ; n, p – isitish asbobining strukturaviy va gidravlik xususiyatlarining issiqlik uzatish koeffisientiga ta’sirini ifodalovchi eksperimental raqamli ko‘rsatkichlar; $G_{s.s}$ – isitish asbobidagi haqiqiy suv sarfi, kg/s ; C_{suv} – suvning solishtirma massa issiqlik sig‘imi $J/(kg^{\circ}C)$.

4.8.1-jadvalda qaralayotgan tizim uchun issiqlikni jamlovchi, saqllovchi bak akkumulyatorning geometrik o‘lchamlari keltirilgan bo‘lib, ular asosida (4.8.5) formulaning qiymat ko‘rsatkichlarini aniqlash uchun asos sanaladi.

4.8.1-jadval

Issiqlikni saqllovchi bak akkumulyatorning geometrik o‘lchamlari

Nomlanishi	Tashqi diametr, mm	Ichki diametr, mm	Uzunligi mm	Izolyasiyasi mm	Og‘irligi kg	Hajmi m^3
Bak-akkumulyator	2 506	2 300	5 300	200	3 800	22

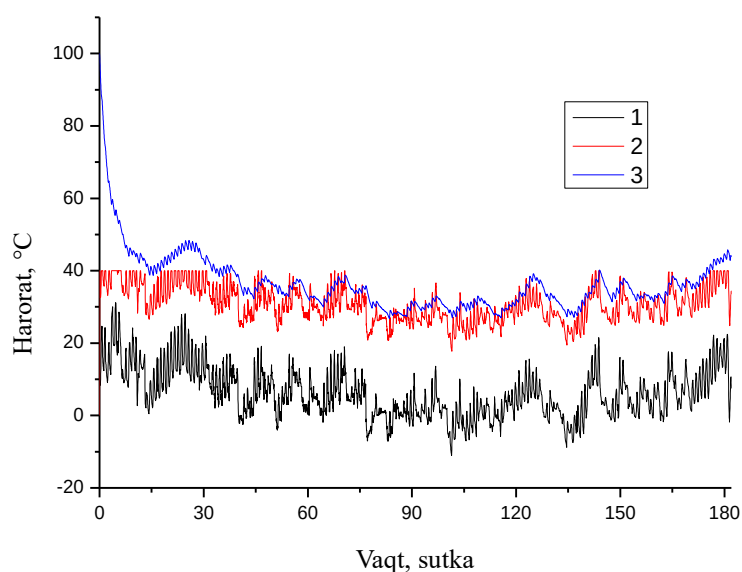
4.8.2-jadval

Issiqlikni saqllovchi bak akkumulyator himoya qatlaminin issiqlik-texnikaviy ko‘rsatkichlari

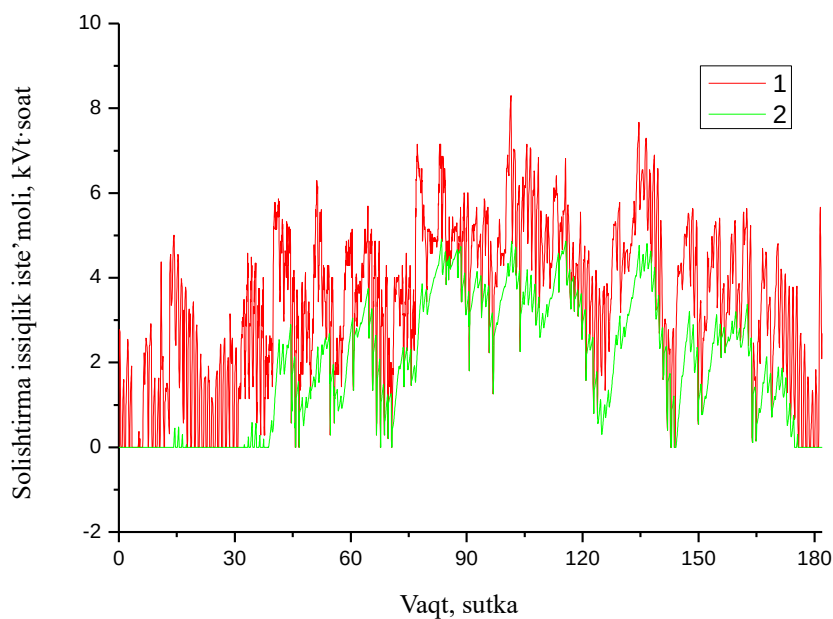
	Zichligi kg/m^3	Solishtirma issiqlik sig‘imi, $kJ/kg^{\circ}C$	Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffisienti $Vt/m^2^{\circ}C$	Qalinligi mm
Otsinkovanniy po‘lat list	7800	0,45	55	0.5

Mineralvata	125	0.84	0.056	200
Kraska	1100		0.233	0.1
Po'lat list	8000	0.468	50	4

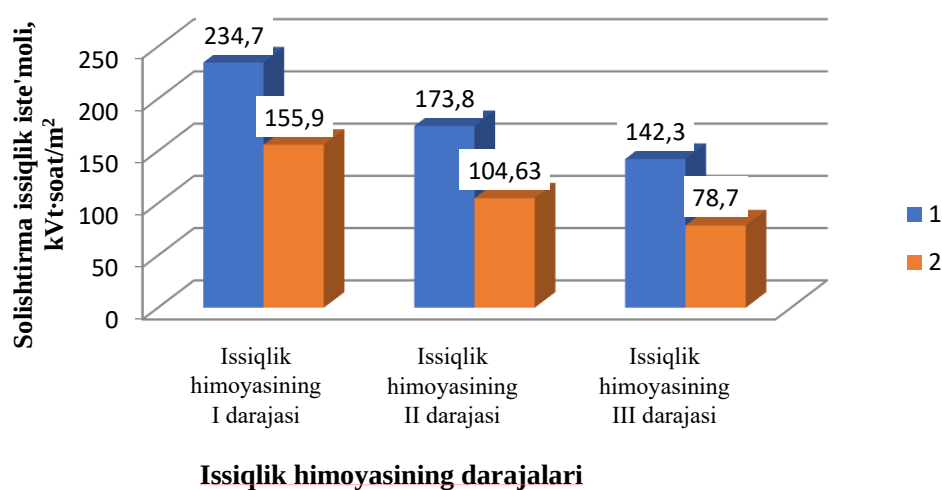
4.8.1 hamda 4.8.2-rasmlarda, hamda 4.8.2-jadvalda keltirilgan qiymatlar asosida IAga ega faol quyosh isitish tizimini qo'llaganda bino ichidagi haroratlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi hamda an'anaviy isitish tizimining issiqlik yuklamasining soatlik o'zgarishlari dinamikasi keltirilgan hamda 4.8.3–rasmda bak akkumulyatorga ega va ega bo'lmagan faol quyoshiy isitish tizimining issiqlik himoyasi darajalariga mos ravishda tahlili o'tkazilgan.



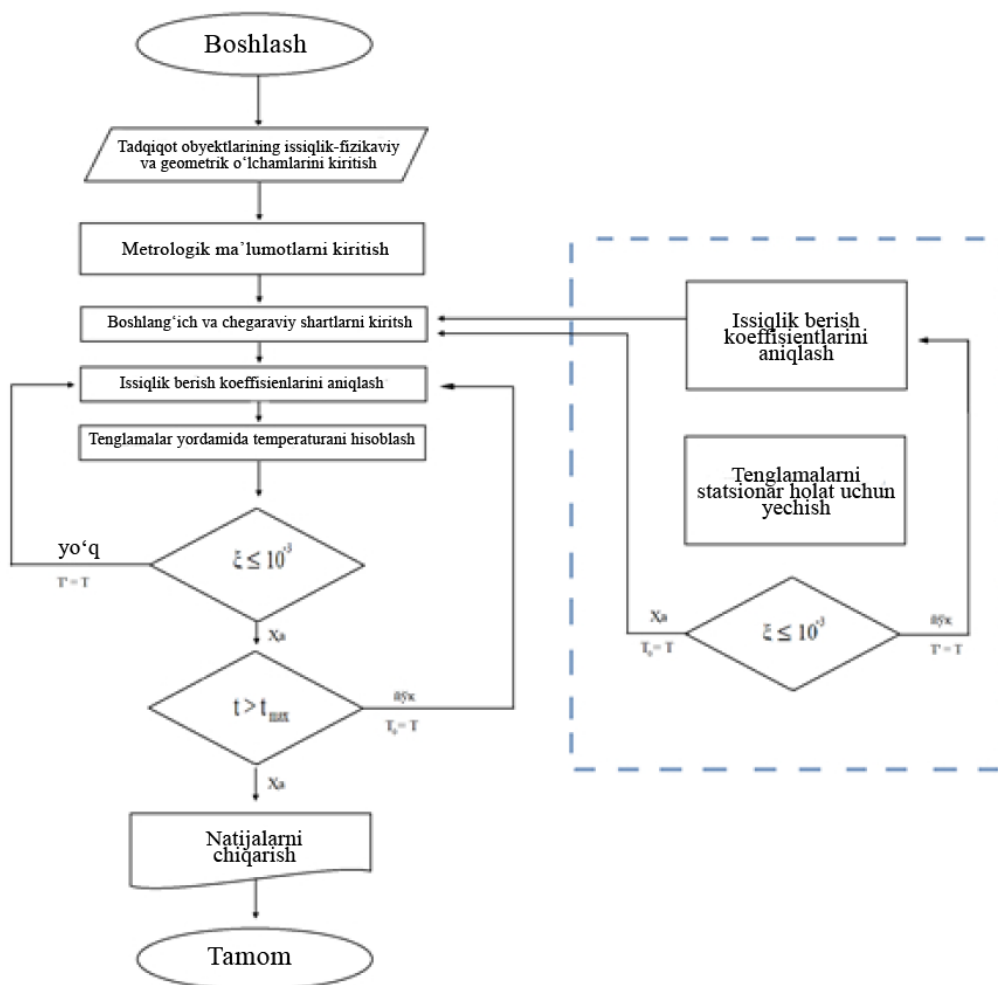
4.8.1-rasm. 15.10.2019 - 15.04.2020yy. Haroratlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi:
1-atrof-muhit temperaturasi; 2-quyosh kollektoridan chiquvchi issiqlik tashuvchining
harorati; 3-bak-akkumulyatordagi suvning harorati.



4.8.2-rasm. 15.10.2019 - 15.04.2020 yy. An'anaviy isitish tizimining issiqlik yuklamasining soatlik o'zgarishi: 1- faol quyosh isitish tizimi bo'lmagan holda; 2- faol quyosh isitish tizimi bo'lgan holda.



4.8.3-rasm. Solishtirma issiqlik iste'molining issiqlik himoyalarning darajalari bo'yicha o'zgarishi. 1- faol quyosh isitish tizimidan foydalanilmagan hol uchun; 2- bak-akkumulyatorli faol quyosh isitish tizimidan foydalanilgan hol uchun.



T' – haroratlarning tahminiy qiymatlari; T_0 – boshlang'ich haroratlari

4.8.4-rasm. Faol quyosh isitish tizimi uchun ishlab chiqilgan matematik modelning blok-sxema ko'rinishidagi algoritmi.

4.8.3–rasmga ko'ra, binoni isitish uchun solishtirma yillik issiqlik energiyasi iste'molining issiqlik himoyalarining darajalari bo'yicha o'zgarishi keltirilgan. Bak-akkumulyatorli faol quyosh isitish tizimli bino bo'yicha o'tkazilgan hisoblashlar ko'rsatishicha Toshkent shahri uchun issiqlik himoyasining birinchi darajasida solishtirma issiqlik sarfini $78.81 \text{ kVt}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ (33,4%), issiqlik himoyasining ikkinchi darajasida $69,17 \text{ kVt}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ (39,79%), va issiqlik himoyasining uchinchi darajasida $63,6 \text{ kVt}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ (44,7%) ga kamaytirish mumkinligi aniqlangan.

Taklif etilayotgan modelning sonli tatbiqi uchun (4.8.4-rasm) algoritmi va MathCAD 2015 professional paketida dasturiy ta'minot yaratildi.

Mazkur dastur yordamida ma'muriy va maishiy binolarning solishtirma issiqlik xossalari, energetik, ekologik va iqtisodiy ko'rsatgichlari gradus-soat va gradus-sutka usullaridan foydalanib aniqlandi. Jumladan ma'muriy va maishiy binolarda isitish uchun solishtirma energiya iste'moli, quyosh kollektorlari va IAlar qo'llanilganda tejalgan energiya miqdori, zaharli gazlarning atmosferaga chiqarilishining kamaygan

yillik miqdori, yillik tejalgan moddiy mablag‘, solishtirma issiqlik ko‘rsatgichlarining soatlik o‘rtacha miqdorlari, xarajatlarni qoplash muddati hisoblanadi.

Dasturiy mahsulot ma‘muriy va maishiy binolarda sodir bo‘luvchi issiqlik jarayonlarining statik va dinamik matematik modellari asosida Python dasturlash tilida tuzilgan bo‘lib, bunda iqlim ma‘lumotlari asosida ma‘muriy va maishiy binolarning o‘rtacha soatlik va yillik energetik, ekologik va iqtisodiy ko‘rsatgichlari hisoblanadi.

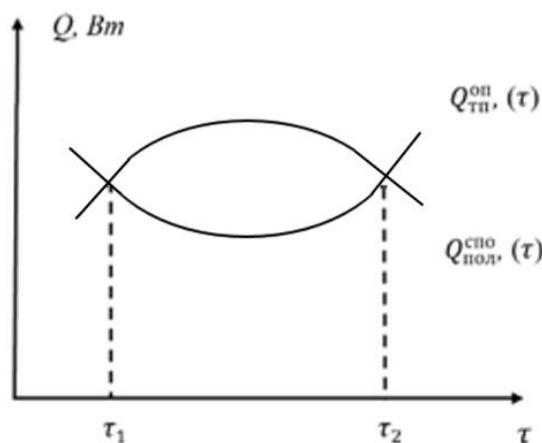
4.9. Insolyatsion passiv isitish tizimlarida quyosh nurlanishining sutkalik ortiqcha issiqligini qisqa muddatli jamlash uchun issiqlik sig‘imini aniqlash va materiallarni tanlash

Passiv isitish tizimlarida ham issiqlikni jamlashdagi asosiy vazifalar isitish tizimining qisqa muddatli issiqlikni jamlovchi qurilmasining issiqlik sig‘imini aniqlash va mos materialni tanlashdan iborat.

Tadqiqot natijalarining tahlili ko‘rsatishicha, Quyosh isitish tizimlarida issiqlikning kichik miqdorlarida jamlanishi ham bu tizimlarning yoqilg‘ini almashtirish koeffisientini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Shu bilan birga, issiqlik akkumulyator (IA) ning keltirilgan sig‘imini quyosh isitgichning birlik yuzasiga nisbatan $400\div600 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ga oshirish yoqilg‘ini almashtirish koeffisientida sezilarli o‘zgarish bermaydi. Mo‘tadil iqlim sharoitiga ega hududlarda turar-joy binolari uchun quyosh isitish tizimlarining muqobil sig‘imi $300 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ni tashkil etadi. Isitiladigan xonadagi havo harorati $18\text{-}20^\circ\text{C}$ bo‘lganda va isitish tizimining yoqilg‘ini almashtirish koeffisienti qiymati $0,30\text{-}0,35$ dan past bo‘lsa, isitiladigan xonada faqat $1,5\text{-}2$ soat davom etadigan peshin vaqtida IAlaridan quyosh isitish tizimlarida foydalanish amaliy ahamiyatga ega emas.

Passiv quyosh isitish tizimlari uchun qisqa muddatli IAning issiqlik sig‘imi tizimdagi uch qatlamli SHT (Q_{pol}^{sht}) va atrof-muhit (Q_{iyu}^{op}) orqali isitiladigan xonaga kiruvchi foydali QN issiqlik energiyasining kunlik o‘zgarish grafiklarini birgalikda ko‘rish asosida aniqlash mumkin. Tabiiyki, $Q_{pol}^{sht}(\tau) > Q_{iyu}^{op}(\tau)$, bo‘lgan holda, sutkaning yorug‘ qismining $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ vaqt oralig‘ida ortiqcha quyosh issiqligini jamlash zarurati tug‘iladi (4.9.1-rasm).

Bu yerda: $t_{x_n} = 18^\circ\text{C}$ - isitiladigan binolardagi havoning normallashtirilgan harorati; $t_o(\tau)$ - tashqi havo haroratining sutkalik o‘zgarishi.



4.9.1-rasm. Namunaviy ochiq va issiq kunda $Q_{pol}^{sht}(\tau)$ va $Q_{iyu}^{op}(\tau)$ ning kunlik o'zgarishi.

Q_{pol}^{sht} ning sutkalik o'zgarishining qiymati isitiladigan bino SHTning yuzasi (F_{sht})ga, hamda uning konstruksiyasiga bog'liq. Xususan, uning ichki va o'rta qatlamlari o'rtasida shamollatiladigan havo qatlami (ya'ni, produx) hamda uning ichki qatlami yuzasiga va qisman nur yutuvchi qatlami orasidagi nur yutuvchi laminat plenkali uch qatlamli ShT uchun eng samarali hisoblangan ichki qatlamiga bog'liq (4.6.4-rasm). $Q_{pol}^{sht}(\tau)$ ning qiymatini (4.9.1) ifodasidan aniqlash mumkin.

Q_{iyu}^{op} ning kunlik o'zgarishi qiymati solishtirma issiqlik xususiyatiga (q_o) va isitiladigan binoning tashqi o'lchamlari bo'yicha hajmi (V) ga bog'liq ravishda, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{iyu}^{op}(\tau) = q_o V [t_{x_n} - t_o(\tau)], \quad (4.9.1)$$

$$Q_{pol}^{sht}(\tau) = Q_{o'tuvchi}^{sht}(\tau) + Q_{np}^{\Sigma}(\tau) + Q_p^{gr}(\tau), \quad (4.9.2)$$

bu yerda:

$$Q_{o'tuvchi}^{sht}(\tau) = \alpha_{eff}^{op} \tau_{eff}^{spo}(\tau) F_{sht} q_{tush}^{sht}(\tau); \quad (4.9.3)$$

-uch qatlamli energofaol shaffof to'siq (ESHT)dan o'tib, isitiladigan xonaga kiruvchi yig'indi QN oqimining kunlik o'zgarishi,

$$Q_{np}^{\Sigma}(\tau) = \alpha_{np}^{\Sigma}(\tau) F_{sht} [t_{np}(\tau) - t_x(\tau)], \quad (4.9.4)$$

- yarim ShTning nur yutuvchii laminat plyonkasining ichki yuzasidan chiqariladigan va isitiladigan xona tomonidan qabul qilingan yig'indi (konvektiv va nurli) issiqlik oqimining kunlik o'zgarishi;

$$Q_p^{\Sigma}(\tau) = G_v(\tau) S_{r_v} [t_{xtash}(\tau) - t_{xichki}(\tau)], \quad (4.9.5)$$

- isitiladigan binoga ShTning ichki va o'rta qatlamidan tabiiy gravitatsiya asosida kiradigan issiqlik oqimining kunlik o'zgarishi; α_{eff}^{op} – isitiladigan xonaning yig'indi QNni samarali yutish xususiyati, τ_{eff}^{spo} – uch qatlamli ShTning yig'indi QNni samarali o'tkazuvchanlik qobiliyati; q_{pad}^{spo} – ShTning olid sirtiga tushuvchi yig'indi QN oqimining sirt zichligi; α_{lp}^{Σ} – qisman nur yutuvchi laminat plenkali qatlamning ichki yuzasi va bino ichi o'rtasidagi yig'indi (konvektiv va nurli) issiqlik uzatish koeffisienti; $t_{lp}(\tau)$ – SHTning ichki qatlamiga tegib turgan qisman nur yutuvchi qatlam haroratining kunlik o'zgarishi; $t_v(\tau)$ – isitiladigan xonadagi havo harorati; $G_v(\tau)$ – SHT produxi orqali havoning kunlik sarfi; S_{rv} – havoning solishtirma issiqlik sig'imi; $t_{v_{vx}}(\tau)$ va $t_{v_{vbx}}(\tau)$ mos ravishda havo oqimi haroratining SHTning produxiga kirishda va undan chiqishdagi kunlik o'zgarishlari.

Qaralayotgan SHTning yig'indi (optik va issiqlik) samaradorligining kunlik o'zgarishini ma'lum ifodadan aniqlanadi:

$$\eta_{spo}(\tau) = \frac{q_{pol}^{spo}(\tau)}{q_{pad}^{spo}(\tau)}, \quad (4.9.6)$$

va (4.9.2) hamda (4.9.3) ifodalar quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\eta_{spo}(\tau) = \alpha_{eff}^{op} \tau_{eff}^{spo}(\tau) + \frac{\alpha_{lp}^{\Sigma}}{q_{pad}^{spo}(\tau)} [t_{lp}(\tau) - t_v(\tau)] + \frac{m_v(\tau) S_{rv}}{q_{pad}^{spo}(\tau)} [t_{v_{vbx}}(\tau) - t_{v_{vx}}(\tau)], \quad (4.9.7)$$

bu yerda:

$$m_v(\tau) = \frac{G_v(\tau)}{F_{spo}}, \quad (4.9.8)$$

- produx orqali o'tuvchi (SHTning old yuzasi birligiga keltirilgan) havo sarfining kunlik o'zgarishi.

V BOB. ISSIQLIK AKKUMULYATSIYA TIZIMLARI

5.1. Geliotizimlarda issiqlikni akkumulyatsiya qilish

Geliotizimlarda issiqlikni akkumulyatsiya qilish zaruriyati yil davomida sutkalik vaqtda quyosh energiyasi oqimining o'zgarishiga asoslangan. Akkumulyatordagi energiya zahirasi qisqa muddatli akkumulyatsiya jarayonlarida sutkaga yoki bir qancha soatga, mavsumiy akkumulyasilashda bir qancha oylarga hisoblangan bo'ladi. Umuman olganda, issiqlik akkumulyatorlarining qo'llanilishi geliotizimlarning samaradorligini va issiqlik ta'minotining ishonchliligini oshiradi.

Past haroratli issiqlikni akkumulyatsiya qilish tizimlari 30 dan 100°C gacha bo'lgan harorat diapazonini qamrab oladi va havo (30°C) va suv isitish tizimida (30–90°C), shuningdek issiq suv ta'minotida (45–60°C) foydalaniladi. Qoidaga muvofiq, issiqlikni akkumulyatsiya qilish tizimi quyidagidan iborat:

- Rezervuar;
- Issiqlik energiyasini saqlash va yig'ishni amalga oshirish uchun issiqlik akkumulyatsiyalovchi material;
- Akkumulyatorni zaryad – razryad qilishda issiqlikni keltirish va uzatish uchun issiqlik almashinuvchi qurilma;
- Issiqlik izolyasiyasi.

Issiqlik akkumulyatsiya qiluvchi materialda (IAM) kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar xarakteriga ko'ra akkumulyatorlarni quyidagicha sinflarga ajratish mumkin:

- Sig'imli turdagi akkumulyatorlar, ya'ni ularning agregat holatini o'zgartirmasdan qizdiriladigan (sovutiladigan) akkumulyatsiyalovchi materialning issiqlik sig'imidan foydalaniladi (tabiiy tosh, galka, suv, tuzlarning suvdagi eritmalari va boshqalar);
- Fazoviy o'tish holatiga ega moddalardan iborat akkumulyatorlar, bularda moddaning erish (qotish) issiqligidan foydalaniladi;
- Qaytar kimyoviy va fotokimyoviy reaksiyalarda issiqlikning yutilishi va ajralishiga asoslangan energiya akkumulyatorlari.

Birinchi guruh akkumulyatorlarida quyosh energiyasi hisobiga issiqlik almashingich orqali issiqlik akkumulyatsiyalovchi materialni sovush yoki qizish jarayonlari bir vaqtda yoki ketma-ket sodir bo'ladi. Bu usuldagi issiqlikni akkumulyatsiyalash jarayoni keng tarqalgan.

Bu turdagi akkumulyatorlarning kamchiligi shundan iboratki, ular katta massaga ega, buning oqibatida katta joyning talab qilinishi, 1 gJ akkumulyatsiyalangan issiqligi hisobida esa qurilish hajmidagi maydon ham kerak bo'ladi.

Har xil issiqlikni akkumulyatsiya qiluvchi materiallarning qiyosiy jadvali keltirib o'tilgan.

Ba'zi issiqlik akkumulyatsiyalovchi materialarni taqqoslash

IAM xarakteristikalar	Granit, galka	Suv	Glauber tuzi		Parafin
Zichligi sig'imi	1600	1000	1460 ^j	1330 ^j	786 ^t
Issiqlik	0,84	4,2	1,92 ^t	3,26 ^j	2,89 ^t
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisient	0,45	0,6	1,85 ^t	1,714 ^j	0,498 ^t
$\Delta T = 20$ K, da 1 TJ issiqlikni akkumulyatsiyalash uchun IAM massasi, kg	59500	11900	3300		3750
Suv massasiga nisbatan IAM nisbiy massasi, KG/KB	5	1	0,28		0,32
$\Delta T = 20$ K, da 1 TJ issiqlikni akkumulyatsiyalash uchun IAM hajmi, m ³	49,6 ^j	11,9	2,26		4,77
Suv massasiga nisbatan IAM nisbiy hajmi m ³ /m ³		1	0,19		0,4

Izoh: 1. Darajalarning belgilanishi quyidagicha: t – qattiq holat; j – suyuq holat; – bo'shliq hajmini nazarda tutgan holda – 25%.

2. Erish issiqligi va harorati: parafin – 47°C va 209 kJ/kg; Glauber tuzi – 32°C va 251 kJ/kg.

5.2 Issiqlik saqlash tizimining xususiyatlari

Harorat diapazoni

Harorat issiqlik energiyasini saqlash tizimlarining hal qiluvchi xususiyati hisoblanadi. Issiqlik energiyasini saqlash tizimi zaryadlangan va zaryadsizlangan harorat odatda uning qo'llanilishi maydonini belgilaydi. Issiqlik energiyasini saqlash tizimlarini qo'llashning turli xil harorat darajalari quyidagicha.

Yuqori haroratli qurilmalar 300 dan 1400 °C gacha bo'lgan haroratni talab qiladi. Qayta tiklanadigan energiya sohasida quyosh-issiqlik elektr stansiyalari ushbu diapazondagi asosiy dasturlar hisoblanadi. Elektr energiyasini uzluksiz ishlab chiqarishni ta'minlash uchun, xatto quyosh nuri bo'lmagan tunda ham, 560 °C gacha bo'lgan haroratda erigan tuzdan foydalanadigan katta saqlash tizimlari kunduzi zaryadlanadi, keyin esa kechasi zaryadsizlanadi. Issiqlik saqlash tizimlari, shuningdek, siqilgan havo energiyasini saqlash (CAES) tizimlariga qo'shilishi mumkin, ularning samaradorligini CAESning taxminan 50% dan 70% gacha oshirish uchun ilg'or adiabatik siqilgan havo energiyasini saqlash (AA-CAES) tizimlari, maksimal

haroratlarda, taxminan 600 °C. 1000 °C dan yuqori haroratlarda mavjud bo'lgan sanoat jarayonining issiqlik namunalari po'lat sanoati, shisha sanoati va sanoat havo tozalash tizimlaridagi yechimlarni o'z ichiga oladi.

100 dan 250 °C gacha bo'lgan haroratdagi texnologik issiqlik asosan sanoat jarayonlari uchun bug' hosil qilish uchun ishlatiladi. Bu jarayonlarga, masalan, pasterizatsiya va sterilizatsiya kiradi. Bug' akkumulyatori texnologiyasi (shuningdek, "surma bosimli suvni saqlash" yoki "Ruths" deb ataladi), bu issiqlikni saqlash uchun ishlatiladigan eng zamonaviy texnologiya bo'lib, texnologik issiqlik dasturlarida qo'llaniladi. Bosimli suv uchun "O'zgaruvchan saqlash" yoki "termoklin" saqlash tizimlari ham ishlatilishi mumkin. Issiq va sovuq suv 180 °C (taxminan 30 bar) gacha bo'lgan bosimli suv bilan ta'minlash uchun bitta idish ichida birlashtiriladi. Binolarni isitish uchun termal saqlash harorati sirt isitish tizimlari uchun (yerdan isitish) 25 °C dan kichik sirtli radiatorlar uchun 90 °C gacha. Gigienik sabablarga ko'ra uy xo'jaliklari va korxonalarda issiq suv ta'minoti uchun kamida 60 °C dan yuqori harorat talab qilinadi.

Sovutish va konditsioner zonasida sovuq saqlash odatda 5 dan 18 °C gacha bo'lgan haroratni talab qiladi. Oziq-ovqat odatda 5 dan 8 °C gacha bo'lgan haroratgacha sovutiladi. Konditsionerning harorati 6 dan 18 °C gacha. Oziq-ovqatlarni muzlatish qo'shimcha maydon bo'lib, -18 °C dan past haroratni talab qiladi.

Issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik (HTF)

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari nafaqat harorat darajasida, balki issiqlik tashuvchisi bo'yicha ham keng farqlanadi, bu issiqlik tashuvchisi sifatida ham tanilgan. Issiqlik tashuvchi suyuqliklar bir fazali turdagi (masalan, suv, havo, termal yog', eritilgan tuz) yoki tizimda kondensatsiya va bug'lanish jarayoni (masalan, suv/bug') bilan ikki fazali turdagi bo'lishi mumkin. Saqlash materiali va issiqlik tashuvchisi bir xil bo'lishi mumkin (masalan, suv). Oddiyroq to'g'ridan-to'g'ri saqlash kontsepsiyasida issiqlikni saqlash uchun issiq ishlaydigan suyuqlikning qo'shimcha hajmi ishlatiladi. Ko'p ishchi suyuqliklarni bevosita saqlash mumkin emas; energiya alohida saqlash muhitiga o'tkazilishi kerak. Bu yerda, ikki xil vosita (issiqlik tashuvchisi va saqlash vositasi sifatida) ishlatiladi. Ushbu kontsepsiya odatda bilvosita saqlash tushunchasi deb ataladi.

Bilvosita saqlash tushunchalari yetarli issiqlik uzatish tezligini va issiqlik tashuvchi suyuqlikdan saqlash muhitiga harorat gradientlarini minimallashtirishni talab qiladi. Alohida issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik va saqlash muhiti quyidagi sabablarga ko'ra ishlatilishi mumkin:

1. Issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik qimmat (masalan, sintetik termal moy).
2. Issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik past hajmli energiya zichligiga ega (masalan, gaz, bug').

3. Issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik bosim ostida (masalan, bug', suv, termal moy), kattaroq saqlash hajmi esa iqtisodiy sabablarga ko'ra atrof-muhit bosimida (yoki unga yaqinroq) bo'ladi.

4. Issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik saqlash muhiti bilan mos kelmaydi.

Bilvosita saqlash tushunchalari uchun saqlash muhiti va issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik bevosita aloqada bo'lishi mumkin (masalan, po'lat sanoatida issiqlik tashuvchisi sifatida havo bilan saqlash vositasi sifatida keramika).

Ba'zi hollarda issiqlik tashuvchisi va saqlash materialining to'g'ridan-to'g'ri aloqasi iqtisodiy yoki maqsadga muvofiq emas, masalan, issiqlik tashuvchisi bosim ostida bo'lsa (masalan, bug') yoki saqlash muhiti bilan mos kelmaydi.

Bunday holda, tashuvchi va saqlash vositasining bilvosita aloqasi bo'lgan dizayndan foydalanish mumkin. Bilvosita aloqa tashqi issiqlik almashtirgich yoki saqlash hajmiga o'rnatilgan issiqlik almashtirgich tomonidan amalga oshirilishi mumkin.

Issiqlik yo'qotishlar

Issiqlik yo'qotishlarining muhim jihatlari orasida nominal haroratda issiqlik energiyasini saqlash harorati darajasi, issiqlik izolyatsiyasi, sirt-hajm nisbati (yoki o'lchami), atrof-muhit sharoitlari (masalan, harorat, shamol tezligi), yiliga zaryad/tushirish davrlari soni va ish vaqti kiradi. Odatda, issiqlik yo'qotishlarga nisbatan issiqlik izolyatsiyasining jihati iqtisodiy jihatdan optimallashtirilgan. Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari past issiqlik yo'qotishlariga ega bo'lishi mumkin. Masalan, unumdorligi 99% gacha bo'lgan eritilgan tuz bak-akkumulyatorlari qurilgan.

Bak-akkumulyatorlar soni

Bak-akkumulyatorlar soni yoki saqlash bloklari yana bir tasnif mezonini hisoblanadi. Yagona bak-akkumulyator konsepsiyasi zaryadlangan va zaryadsizlangan saqlash materiallariga ega bo'lgan turli zonalar bilan tavsiflanadi. Misol tariqasida issiq va sovuq zonalar (masalan, suv idishi) bo'lgan oqilona issiqlik saqlash tizimidir. Shu bilan bir qatorda, saqlash tizimlari ikkita bak-akkumulyatordan foydalanishi mumkin. Misol uchun, eritilgan tuz bilan oqilona issiqlik saqlash tizimi turli harorat va suyuqlik darajasidagi ikkita alohida bak-akkumulyatordan iborat. Ikki bak-akkumulyatorli konsepsiya issiqlik quvvatini (ikkita bak-akkumulyatorning saqlash hajmi) va issiqlik quvvatini (qo'shimcha tashqi issiqlik almashinuvchilari) ajratish imkonini beradi.

Uzoq/Qisqa muddatli saqlash

Barcha energiya saqlash texnologiyalarida bo'lgani kabi, issiqlik energiyasi saqlash tizimlarining asosiy xususiyati zaryadlash va tushirish o'rtasidagi vaqt oralig'idir. Qisqa muddatli saqlash bir necha daqiqadan bir necha kungacha davom

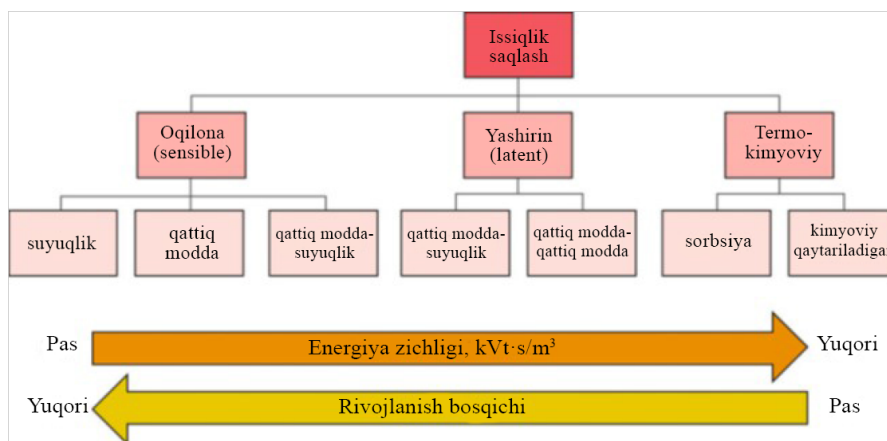
etadigan saqlash uchun qo'llaniladi. Uzoq muddatli saqlash energiyani haftadan bir yilgacha ushlab turadi. Shuni ta'kidlash kerakki, qisqa muddatli saqlash tizimlari odatda uzoq muddatli saqlash tizimlariga qaraganda yuqori zaryadlash va tushirish imkoniyatlariga ega, ammo ular kamroq energiyani saqlaydi.

Markazlashtirilgan/markazlashtirilmagan saqlash

Energiya tizimidagi joylashuv ham energiya saqlash tizimini tavsiflashning muhim mezonidir. Saqlash tizimlari markazlashtirilgan yoki markazlashtirilmagan deb tasniflanadi. Ushbu atamalarning rasmiy yoki aniq ta'riflari yo'q, shuning uchun ularni faqat misollar bilan aniqlash mumkin. Yirik quyosh-issiqlik elektr stansiyalari elektr stansiyasi ichida joylashgan yirik erigan tuz saqlash inshootlariga ega. Bunday saqlash joylarini markazlashtirilgan saqlash joylari deb atash mumkin. Yagona xonadonli uyda isitish uchun buferli saqlash yoki ofis binolarida konditsionerlik uchun yashirin issiqlikli muz ombori markazlashtirilmagan saqlash obyektlarining odatiy misolidir. Saqlash iste'molchiga qanchalik yaqin bo'lsa, u shunchalik markazlashtirilmagan.

Statsionar/mobil saqlash

Statsionar energiya saqlash tizimlari ma'lum bir joyga o'rnatilgan qurilmalardir. Bular mobil saqlash tizimlaridan farqlanadi. Bu yerda energiya zichligi hal qiluvchi omil bo'lganligi sababli, odatda bu yashirin issiqlik saqlash yoki termokimyoviy saqlash tizimlari. Energiya, masalan, energiyani u yerda ishlatish mumkin bo'lmasa, zaryadlash joyidagi konteynerlarda saqlanadi. Keyin saqlangan energiya iste'molchiga yetkaziladi.



5.2.1-rasm. Turli issiqlik energiyasi saqlash texnologiyalari haqida umumiy ma'lumot.

5.3 Saqlash texnologiyalari

Issiqlik energiyasini turli yo'llar bilan saqlash mumkin. Ushbu bo'limda oqilona(sensible), yashirin(latent) va termokimyoviy(thermochemical) termal saqlash atamaları tushuntiriladi (5.2.1-rasm).

Oqilona (Sensible)-issiqlik saqlash

Issiqlik energiyasini oqilona saqlash haroratning sezilarli o'zgarishini talab qiladi. Saqlash vositasi isitiladi yoki sovuqtiladi. Saqlangan energiya miqdori materialning o'ziga xos issiqlik quvvati (c_p -qiymati) bilan belgilanadi. Oqilona energiya saqlash tizimlarida saqlash muhiti va atrof-muhit o'rtasidagi harorat farqlari ko'pincha boshqa saqlash turlariga qaraganda kattaroq bo'lganligi sababli, ishlatiladigan issiqlik izolatsiyasi juda muhimdir.

Suv yuqori o'ziga xos issiqlik quvvatiga ega bo'lgani uchun, shuningdek, atrof-muhitga zarar etkazmaslik, qulay foydalanish va arzon narx kabi boshqa afzalliklarga ega bo'lganligi sababli, ko'plab oqilona issiqlik saqlash tizimlari suvdan foydalanadi. Bunday saqlash uchun odatiy ilovalar bufer saqlash uchun isitish tizimlarida. Ammo oqilona issiqlik saqlash tizimlari o'rta va uzoq muddatli (mavsumiy) saqlash uchun ham qo'llaniladi. Agar suv bu yerda issiqlik tashuvchisi sifatida ishlatilsa, u spirtli ichimliklarni qo'shib, sovuqdan himoya qilish uchun o'zgartirilishi mumkin. Agar kerak bo'lsa, u boshqa material bilan almashtirilishi mumkin. Masalan, shag'al yoki temir oksidi tosh kabi qattiq materiallar oqilona issiqlik saqlash joylarida ishlatilishi mumkin. Yashirin yoki termokimyoviy issiqlik saqlash tizimlari bilan solishtirganda, agar cheklangan harorat oralig'i hisobga olinsa, sezgir-issiqlik saqlash obyektlari kamroq energiya zichligiga ega. Ammo oqilona-issiqlik saqlash texnologiyasi standartlashtirilgan va narxdan sezilarli darajada past.

Yashirin-issiqlik saqlash

Yashirin issiqlik saqlash tizimlari faza o'zgarishi uchun zarur bo'lgan energiyani sezgir issiqlik bilan birga saqlaydi. Amalda ko'pgina texnologiyalar qattiqdan suyuqlikka faza o'zgarishidan foydalanadi. Ushbu faza o'zgarishi odatda hajmning taxminan 10% o'zgarishiga olib keladi. Bu tizimni loyihalashda hisobga olinishi kerak. O'tish yoki erish entalpiyasi muhim omil hisoblanadi. Suyuqlikdan gazga o'tish fazasi hajmining katta o'zgarishiga olib keladi, uni boshqarish qiyin. Natijada, u kamdan-kam qo'llaniladi. Nazariy jihatdan ushbu turdagi saqlash tizimlarining uchta turi mavjud. Birinchi variant - izoxorik saqlash. Bu yerda bosim harorat bilan birga ko'tariladi va natijada bug'lanish harorati bilan birga. Ikkinchi variant - izobarik saqlash. Buning uchun katta kondensatsiya kamerasi kerak bo'lgani uchun, amalda bu variant ishlatilmaydi. Uchinchi variant - suyuqlikdan gazga o'tish fazasi yordamida atrof-muhit bosimida ochiq tizimda saqlash. Ushbu turdagi saqlash aslida kimyoviy saqlash turidir, shuning uchun u adsorbsiya bo'limida muhokama qilinadi. Yashirin saqlash oqilona saqlashga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Sezilarli darajada ko'proq issiqlik energiyasini oqilona saqlashga qaraganda kichikroq harorat farqlarida saqlash mumkin. Bu shuni anglatadiki, bu tizimlar yuqori energiya zichligiga ega. Bundan

tashqari, zaryadlash va tushirish vaqtida harorat uzoq vaqt davomida doimiy bo'lib qoladi. Natijada, erish harorati 20 dan 25 °C gacha bo'lgan qurilish konstruksiyasiga kiritilgan fazani o'zgartiruvchi materiallar (PCM) ishlatilishi mumkin (masalan). Bu xona haroratini qulay diapazonda ushlab turadi, chunki xonani juda sovuq yoki juda issiq qilish uchun ko'proq vaqt ketadi. Yuqori saqlash sig'implari tufayli yashirin-issiqlik saqlash inshootlarini loyihalash sezilarli darajada ixchamroq bo'lishi mumkin. Amaldagi har xil turdagi materiallarning erish harorati -40 °C dan 1000 °C gacha. Issiqlik energiyasini tashish uchun ayniqsa foydali bo'lgan qiziqarli variant - bu shlamlar bo'lib, ular fazali o'zgaruvchan shlaklar (PCS) deb ham ataladi. Bularning afzalligi shundaki, ular agregat holatidan qat'iy nazar, har doim nasos orqali tortilishi mumkin. Bunga faza o'zgaruvchi materialni qotib qolish harorati past bo'lgan tashuvchi-suyuqlikka qo'shish orqali erishiladi. Shu bilan bir qatorda, yetarli suyuqlik fazasi qolishi uchun faza o'zgaruvchi materialning issiqlik quvvatining faqat bir qismi ishlatiladi. Shlaklar konditsionerlarni qurish uchun ishlatiladi va sanoat obyektlarida ham qo'llaniladi. Bu yerda muzli eritmalar ishlatilishi mumkin.

Termokimyoviy-issiqlik saqlash

Termokimyoviy energiyani saqlash atamasi kimyoviy jihatdan qaytariladigan reaksiyalarni anglatadi, bu yerda reaksiya mahsulotlarini uzoq vaqt davomida ajratish va saqlash mumkin. Bu ajratish saqlash yo'qotishlarni bartaraf qiladi. Zaryadlash paytida ekzotermik reaksiya to'plangan energiyani chiqaradi. Termokimyoviy energiya saqlash tizimlari juda yuqori energiya saqlash zichligiga ruxsat beradi, lekin amalda kamdan-kam hollarda qo'llaniladi. Buning sababi shundaki, texnologiya hali ham tadqiqot va ishlab chiqish bosqichida.

Sorbsion saqlash obyektlari ham ko'pincha termokimyoviy saqlash tizimlari sifatida tasniflanadi. Hozirgi vaqtda sorbsiyani saqlash bo'yicha tadqiqotlar sanoat chiqindilaridan foydalanishga qaratilgan. Ushbu texnologiya, ayniqsa, sanoat quritish jarayonlari uchun juda mos keladi. Absorbsiya va adsorbsiya jarayonlari kimyoviydan ko'ra ko'proq fizikdir. Ammo bu odatiy amaliyot bo'lganligi sababli, sorbsiyani saqlash tizimlari ushbu bobda termokimyoviy energiya saqlash tizimlari sifatida tasniflanadi.

Termofizik xususiyatlar va materiallarga qo'yiladigan talablar

Oqilona(sensible), yashirin(latent) va termokimyoviy issiqlik saqlash tizimlari uchun issiqlik saqlash materiallari quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1. Katta gravimetrik saqlash sig'imi (yuqori issiqlik sig'imi, yashirin issiqlik yoki reaksiya issiqligi);
2. Katta hajmli saqlash hajmi (yuqorida sanab o'tilgan yuqori zichlik va gravimetrik qiymatlar);

3. Uzoq xizmat muddati, toksik bo'lmagan, yonmaydigan, portlovchi fazalar yo'q, ishlov berishda oddiy (masalan, gigroskopik);

4. Isitish, issiqlik almashinuvchisi va issiqlik uzatish, mustahkamlovchi tuzilmalar (masalan, qanotlar), arzon konstruktiv materiallardan foydalanish bo'yicha korroziy emas;

5. Ko'p sikllar davomida ishlash va saqlash hajmida yo'qotishlarsiz zaryadlash/zaryadlash davrlarini o'tkazish qobiliyati (yuqori aylanish va termal barqarorlik);

6. Tegishli moddiy xarajatlar, yuqori mavjudligi;

7. Yuqori issiqlik tarqalishi va termal effusivlik qiymatlari (yuqori issiqlik uzatish tezligi);

8. Haroratga nisbatan kichik zichlik o'zgarishi (masalan, termomexanik bosimni minimallashtirish uchun);



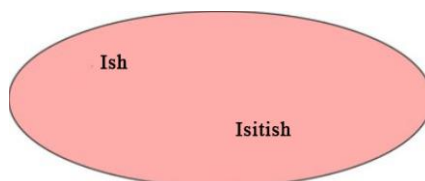
5.3.1-rasm. Energiyani saqlash jarayonlari.

5.4. Termodinamika asoslari

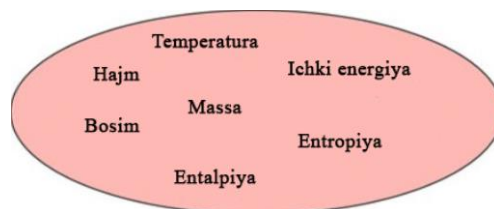
Issiqlik energiyasi

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari energiya yoki energiya tashuvchini qo'shish orqali energiya tarkibini (zaryadlashni) oshiradi. Keyin ular ushbu energiya tarkibini ma'lum bir vaqt davomida iloji boricha kamroq yo'qotish (saqlash) bilan saqlaydilar va kerak bo'lganda energiya yoki energiya tashuvchini chiqaradilar (zaryad qilish). Bo'shatish saqlash tizimining energiya tarkibini kamaytiradi (5.3.1-rasm).

Issiqlik energiyasi - issiqlik va sovuq - tizim holatini tavsiflovchi holat o'zgaruvchisi emas, balki faqat holat yoki jarayonlarning o'zgarishi paytida qo'llaniladigan jarayon o'zgaruvchisi (5.4.1-rasm). Bu, ayniqsa, saqlash sig'imi (yoki energiya saqlash zichligi), ya'ni saqlash obyektining massasi yoki hajmiga nisbatan saqlangan issiqlik energiyasi uchun to'g'ri keladi. Bu shuni anglatadiki, saqlash joyi ma'lum miqdordagi issiqlik yoki sovuqni o'z ichiga olmaydi, balki u issiqlik yoki sovuq miqdorini boshqa muhitga o'tkazish uchun termodinamik potensialni o'z ichiga oladi (5.4.2-rasm).



5.4.1-rasm. Jarayon o'zgaruvchilari.



5.4.2-rasm. Shtat o'zgaruvchilari.

Natijada, “energiya iste’moli” atamasi jismoniy nuqtai nazardan noto'g'ri. Buning sababi shundaki, energiya sarflanmaydi; u oddiygina boshqa shaklga aylantiriladi. Xuddi shunday, “energiyani saqlash” atamasi ham mutlaqo to'g'ri emas, chunki u endi ishlatib bo'lmaydigan bo'lsa-da, energiya, albatta, o'zgarishsiz qoladi. Keyinchalik, eksergiya atamasi atrof-muhit sharoitida cheksiz energiyaning boshqa shakllariga aylanishi mumkin bo'lgan energiya qismini tavsiflash uchun ishlatiladi. Saqlash harorati va atrof-muhit harorati o'rtasidagi farq qanchalik katta bo'lsa, eksergiya miqdori va issiqlikning ahamiyati shunchalik katta bo'ladi. Energiya atamasi bu yerda energiyaning atrof-muhitga chiqarilgan va natijada endi ishlatib bo'lmaydigan qismini tasvirlash uchun ishlatiladi. Agar issiqlik energiyasi saqlash tizimining zaryadlash, saqlash va tushirish jarayonlari yo'qotishlarga olib kelsa, energiya miqdori ko'tariladi va energiya miqdori kamayadi. Ammo anergiya va eksergiya tarkibining yig'indisi bir xil bo'lib qoladi. 5.4.1 tenglama eksergiya tarkibi qanday hisoblanganligini ko'rsatadi:

$$E_{exergy} = Q \cdot \frac{T_S - T_U}{T_S} = Q \cdot \left(1 - \frac{T_U}{T_S}\right) \quad (5.4.1)$$

Bu eksergiya tarkibi Q issiqlik miqdori, saqlash harorati T_S va atrof-muhit harorati T_U bilan aniqlanishini ko'rsatadi. Bu kasr issiqda mavjud bo'lgan maksimal foydali ishni nazarda tutuvchi Carnot samaradorligi chegarasiga teng. Oddiylik uchun keyingi muhokamada energiyani saqlash, issiqlik miqdori va hokazo atamalar ularning umumiy lug'at ta'riflariga havola bo'ladi.

Issiqlik uzatish

Issiqlik uzatishning uch turi mavjud: konveksiya, issiqlik nurlanishi va issiqlik o'tkazuvchanligi. Konveksiya oqimdagi suyuqlikda issiqlik energiyasini tashuvchi zarrachalarni tashishni anglatadi. Natijada, u issiqlik oqimi deb ham ataladi. Misol uchun, tortishish isitish tizimlari issiqlikni issiqlik omboridan radiatorlarga aylanma suv orqali yetkazib beradi va shuning uchun konveksiyadan foydalanadi. Ushbu turdagi konveksiya tabiiy yoki erkin konveksiya deb ham ataladi. Majburiy konveksiya bilan zarrachalar suyuqlikni nasoslar yoki ventilyatorlar (masalan, iliq suv bilan isitishda aylanma nasoslar) yordamida mexanik haydash orqali tashiladi. Konveksiya radiatorlarning tashqi qismida ham sodir bo'ladi. Radiatorlar yaqinidagi havo isitiladi va kengayadi. Keyin u ko'tariladi va pastdan sovuq havo almashtiriladi. Suyuqlik tizim

ichidagi harorat, zichlik, konsentratsiya yoki bosim farqlari bilan boshqarilishi mumkin.

Issiqlik nurlanishi - bu materiallarning harorati tufayli chiqaradigan elektromagnit nurlanish. Issiqlik energiyasini saqlash bilan issiqlik radiatsiyasi infraqizil diapazonda bo'ladi. Yuqori haroratlarda issiqlik radiatsiyasining maksimal nurlanishi qisqaroq to'lqin uzunliklariga siljiydi. Issiqlik nurlanishi materialga bog'liq emas. Stefan-Boltzman tenglamasiga ko'ra, u harorat T , sirt maydoni A , nurlanadigan jismning emissiya qobiliyati va Stefan-Boltzman doimiysi $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Vt} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ bilan aniqlanadi:

$$\dot{Q} = \frac{\partial Q}{\partial t} = \varepsilon \sigma A T^4 \quad (5.4.2)$$

Issiq muhitdan sovuq muhitga issiqlik radiatsiyasi (ko'proq) va sovuq muhitdan issiq muhitga (kamroq) issiqlik radiatsiyasi bo'lgani uchun harorat farqi pastroq bo'ladi. Radiatorlar kabi metall buyumlarni emallash, anodlash yoki qoplash infraqizil nurlanish emissiyasini va natijada issiqlik nurlanishini oshirishi mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanligi qo'shni atomlar yoki molekulalar o'rtasida kinetik energiyaning qattiq moddalardagi yoki dam olish suyuqliklarida hech qanday moddiy transportsiz o'tkazilishini anglatadi. Issiqlik oqimi harorat farqi tufayli yuzaga keladi, ya'ni issiqlik issiq muhitdan sovuq muhitga o'tadi. Obyekt orqali issiqlik oqimi birinchi navbatda issiq sirt (T_2) va sovuq sirt (T_1), sirt maydoni A , tananing qalinligi d va issiqlik o'tkazuvchanligi λ o'rtasidagi harorat farqi bilan belgilanadi. Issiqlik o'tkazuvchanligi materialga va haroratga bog'liq va $\text{Vt}/(\text{mK})$ da berilgan. Radiatorlar issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan metallardan tayyorlangan bo'lib, issiqlikning maksimal miqdori iliq suvdan xonadagi havoga o'tkaziladi.

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{d} A (T_2 - T_1) \quad (5.4.3)$$

Issiqlik izolyatsiyasi

Oqilona issiqlik saqlash bilan issiqlik izolyatsiyasi issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish uchun juda muhimdir. Yashirin va termokimyoviy-issiqlik saqlash tizimlari ham izolyatsiyani talab qiladi, ammo u kamroq muhim rol o'ynaydi. Buning sababi shundaki, termal saqlash va atrof-muhit o'rtasidagi harorat farqlari kichikroq yoki izolyatsiya faqat zaryadlash va tushirish jarayonlarida talab qilinadi.

10.4 tenglama harorat farqi va saqlash tizimidagi issiqlik yo'qotishlari o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi:

$$Q_{\text{losses}} = U \cdot A \cdot (T_S - T_U) \quad (5.4.4)$$

Issiqlik izolyatsiyasi uchun asosiy omillar sirt maydoni A , saqlash harorati T_S , atrof-muhit harorati T_U va umumiy issiqlik uzatish koeffisienti U . Bu oxirgi koeffisient bir kvadrat metr maydon orqali o'tkaziladigan Kelvin harorat farqini aniqlaydi, va $\text{Vt}/(\text{m}^2\text{K})$ birliklarida berilgan. n ta qatlam uchun u quyidagicha aniqlanadi:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad (5.4.5)$$

(5.4.5) tenglama issiqlik uzatish koeffitsienti issiqlik o'tkazuvchanligi λ , materiallarning qatlam qalinligi s_i va issiqlik uzatish koeffitsienti α bilan aniqlanishini ko'rsatadi.

Bu chegaradagi issiqlik uzatish intensivligini tavsiflovchi proportsional omil. Issiqlik uzatish koeffitsienti moddiy doimiy emas.

Buning o'rniga, u oqim tezligi, suyuqlik turi, geometrik munosabatlar va sirt xususiyatlari bilan belgilanadi.

5.4.1-jadval

Xona haroratida turli materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi

Material	Issiqlik o'tkazuvchanligi λ W/(mK)
Suv	0.562
Havo (78% azot, 21% kislorod)	0.026
Vakuum	0
Shisha	0.76
Beton	2.1
Temir	80
Mis	400
Alyuminiy	235
Olmos	1 000-2 500
Kumush	430
Poliuretan (PUR)	0.021-0.035
Jun/mantar	0.035 atrofida

5.4.1 va 5.4.2-jadvallarda bir qator materiallar uchun moddiy konstantalar keltirilgan. Yuqori darajadagi izolyatsiyaga izolyatsiya materialini vakuum bilan almashtirish orqali erishish mumkin (masalan, ikki devorli termosda bo'lgani kabi). 0,001 mbar dan past bosimlarda termal yo'qotishlar deyarli faqat issiqlik nurlanishidan kelib chiqadi.

Vakuumli izolyatsiya ko'pincha dizayn qalin izolyatsiyani sig'dira olmaydigan joylarda qo'llaniladi.

Issiqlik nurlanishini kamaytirish uchun, shuningdek, vakuum izolyatsiyasi, chang yoki tolali izolyatsiyalash materiallari ham ishlatilishi mumkin. Ushbu turdagi super-vakuum izolyatsiyasi issiqlik o'tkazuvchanligini 0,01 dan 0,003 Wt/mK gacha bo'lgan darajaga kamaytiradi. Bu ularning izolyatsion quvvati an'anaviy izolyatsion materiallardan besh-o'n baravar yuqori ekanligini anglatadi.

Xona haroratida turli materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari

Material	Qalinligi, sm	Issiqlik uzatish koeffitsienti $U, \text{Wt}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Beton	25	3.3
Gazlangan beton	40	0.16-0.21
G'isht	24	1.5
G'isht + kompozit issiqlik tizim (PUR)	30	0.3
Qattiq yog'och	20.5	0.5
Bir oynali oyna	-	5.9
Ikki oynali oyna	-	3
Passiv uyniing standart oynasi	-	0.5-0.8
Polistirol	2	1.7
Polistirol	10	0.35

5.5. Oqilona issiqlik saqlash tizimi

Sezuvchan issiqlik - bu haroratning sezilarli o'zgarishiga olib keladigan issiqlikning yutilishi yoki chiqarilishi. Amaldagi saqlash muhiti isitiladi yoki sovutiladi. Q issiqlik miqdori va harorat o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama bilan berilgan:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (5.5.1)$$

Issiqlik miqdori harorat farqi, massa m va o'ziga xos issiqlik sig'imi c_p bilan aniqlanadi. Bu jismoniy xususiyatlar bir kilogramm massaga qo'shilishi kerak bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlaydi, bu uning haroratini bir Kelvinga ko'taradi. 5.5.1-jadvalda bir qator saqlash materiallari uchun c_p qiymatlari ko'rsatilgan. Termal saqlash bilan yuqori o'ziga xos issiqlik sig'imi afzalroqdir. Buning sababi shundaki, keyinchalik ma'lum miqdordagi energiyani saqlash uchun kamroq material talab qilinadi va issiqlik saqlash moslamasi dizayn jihatidan ancha ixchamdir. Yashirin yoki termokimyoviy saqlash tizimlari bilan solishtirganda, sezgir-issiqlik saqlash obyektlari kamroq energiya zichligiga ega. Energiya zichligi o'ziga xos issiqlik quvvati va maksimal ruxsat etilgan harorat farqi bilan cheklangan.

Harorat farqi qo'llash chegarasi shartlari yoki muhitning faza o'zgarishining harorat diapazoni (bosimsiz suv uchun, 0 dan 100 °C gacha) bilan belgilanadi. Suyuq sezgir saqlash vositalarining afzalligi yuqori zaryadlash va tushirish quvvatlarini uzatish va amalga oshirishdir. Issiqlik quvvati darajasi nasos quvvati va ba'zi hollarda issiqlik almashtirgich quvvati bilan belgilanadi. Ammo qattiq saqlash vositalari bilan juda yuqori haroratni saqlash mumkin. Boshqa ikkita issiqlik saqlash texnologiyasi bilan taqqoslaganda, oqilona issiqlik saqlash tizimlari nisbatan past kapital xarajatlarga ega. Ular, shuningdek, bozorda eng uzoq rivojlangan va o'rnatilgan tizimlardir.

(masalan, bosimsiz va bosimli suvni saqlash, binolardagi termal massalar, texnologik sanoatdagi regeneratorlar va konsentrlangan quyosh elektr stansiyalari uchun erigan tuzni saqlash).

Saqlash materiallari

Saqlash materialini tanlash quyidagilar bilan belgilanadi:

- tizimning ish harorati;
- materialning issiqlik tashish uchun mosligi;
- materialning tashish va saqlash uchun yaroqliligi;
- materialning mavjudligi va narxi;
- materialning ekologik tozaligi.

Oqilona-issiqlik saqlash tizimlarida ishlatiladigan materiallarning xarakteristikalarini 5.5.2-jadvalda keltirilgan. Maxsus issiqlik quvvatiga qo'shimcha ravishda, hajmli issiqlik quvvati ko'pincha qurilish ilovalari uchun ham beriladi. Buning sababi shundaki, bu yerda vazn talab qilinadigan fazoviy hajmdan kamroq ahamiyatga ega. G'ovakli bo'lmagan qattiq moddalarning hajmli issiqlik sig'imi odatda $1,5$ dan $6 \text{ MJ} / (\text{m}^3 \text{ K})$ gacha. Oqilona issiqlik saqlash tizimlarida eng ko'p ishlatiladigan vosita suvdur. Suv quyidagi xususiyatlarga ega:

- ko'p miqdorda deyarli hamma joyda mavjud;
- arzon;
- tashish uchun oson;
- ekologik toza, chunki u toksik emas, agressiv emas, tez yonmaydi va yonmaydi;
- ishlash oson (muhandislar suv bilan ishlashda katta tajribaga ega va ishchilar texnologiya bilan yaxshi tanish);
- yuqori o'ziga xos issiqlik quvvati ($4.219\text{--}4.185 \text{ kJ}/(\text{kg K})$);
- past issiqlik o'tkazuvchanligi ($0.562\text{--}0.560 \text{ Wt}/(\text{m K})$);
- issiq va sovuq suv o'rtasidagi issiqlik almashinuviga to'sqinlik qiladi;
- qatlamlash: iliq suvni qo'shimcha isitish talab qilmasdan to'g'ridan-to'g'ri yuqori saqlash joyidan tortib olish mumkin;
- har xil haroratlarda har xil zichlik;
- ehtimol qatlamlash;
- nisbatan past yopishqoqlik ($1.792\text{--}1.003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$);
- yuqori zaryadlash va tushirish imkoniyatlarini ta'minlaydigan juda yaxshi issiqlik transport vositasi;
- juda yaxshi erituvchi xossalari;
- maishiy suvni isitish bilan suv issiqlik tashuvchisi va issiqlik saqlovchi vosita, shuningdek iste'mol qilish uchun zarur bo'lgan mahsulot vazifasini bajaradi.

Saqlash materiali sifatida suvning asosiy qo'llanilishi buferli saqlash va isitish moslamalari hisoblanadi. Ushbu tizimlar ishlab chiqarilgan va iste'mol qilinadigan

issiqlik o'rtasidagi qisqa muddatli (bir necha soat/kun) farqlarni muvozanatlashtiradi. Suvni qo'llashning boshqa sohalari o'rta muddatli (hafta/oy) va mavsumiy-termik saqlash (yoz/qish) 0 dan 100 °C gacha bo'lgan haroratlarda. Mavsumiy saqlash ko'pincha quyosh issiqligini saqlash va binolarni isitish uchun ishlatiladi. Mahalliy isitish bilan birgalikda ushbu saqlash tizimlari ko'pincha binoni isitish va maishiy issiq suv uchun zarur bo'lgan umumiy issiqlikning 50% ni qoplash uchun yetarli miqdorda quyosh issiqligini ta'minlaydi.

5.5.1-jadval

Harorat diapazonlari, issiqlik sig'implari, zichliklari va turli materiallar uchun qo'llash sohalari

O'rta	Harorat diapazoni	Maxsus issiqlik quvvati	Volumetrik issiqlik quvvati	Zichlik	Qo'llanilishi
Birlik	°C	kJ/(kgK)	kJ/(m ³ K)	kg/m ³	
Suv	0-100	4.19	4,175	998	Maishiy suv, isitish moslamalari
Qum, shag'al, tosh	0-800	0.71	1,278-1,420	1,800-2,000	Tuproqni issiq saqlash
Granit	0-800	0.75	2,062	2,750	
Beton	0-500	0.88	1,672-2,074	1,900-2,300	Termal faol komponentlar
G'isht	0-1,000	0.84	1,176-1,596	1,400-1,900	
Temir	0-800	0.47	3,655	7,860	Quyosh energiyasini saqlash tizimlari uchun saqlash materiallari
Termal moy	0-400	1.6-2.1	1,360-1,620	850-900	
Shag'al-suv to'ldirish	0-100	1.32	2,904	2,200	Tuproqni termal saqlash
Eritilgan tuzlar	150-450	1.3	1,725-1,970	2,243-2,561	Konsentratsiyali quyosh issiqlik elektr stansiyasi
Natriy	100-800	1.3	750-925	975-1,203	

Bug' bosimi 100 °C dan yuqori haroratlarda kuchli ortib borayotganligi sababli, bu konteyner uchun bosim talablarini ham oshiradi. Bu, o'z navbatida, saqlash tizimining narxini oshiradi. Natijada, termal moy odatda 100 °C dan yuqori haroratlarda ishlatiladi. Ammo termal yog'ning issiqlik o'tkazuvchanligi sezilarli darajada past (taxminan 0,1 Wt/(mK)) va suvga qaraganda kamroq issiqlik quvvatiga ega. Termal moyni yuqori issiqlik quvvatiga ega tosh to'ldirish bilan birlashtirib,

saqlash hajmini oshirish mumkin. Bu, shuningdek, talab qilinadigan nisbatan qimmat termal moy miqdorini kamaytiradi. Yana bir muqobil - eritilgan tuzlar. Eritilgan nitrat tuzlari 560 °C gacha bo'lgan haroratlarda ishlatilishi mumkin. Juda yuqori haroratlarda keramikadan (regenerator tipidagi saqlash) yoki temir oksidi jinsidan (saqlovchi isitgichlar) qattiq saqlash tizimlari qo'llaniladi. Ko'pincha, uzoq vaqt davomida issiqlik va sovuq er ostida saqlanadi. Odatda quyidagi saqlash turlari qo'llaniladi:

- suvli qatlamlarni saqlash inshootlari;
- g'orni saqlash joylari;
- geotermal-zondlarni saqlash joylari;
- geotermal-kollektorlarni saqlash joylari;
- shag'al/suv yoki tuproq/suv saqlash inshootlari.

Oqilona energiya saqlash tizimi uchun turli dizaynlar quyidagi bo'limlarda muhokama qilinadi. Ushbu muhokama maqsadlari uchun saqlash tizimlari saqlash muhitining umumiy holatiga ko'ra tasniflanadi. Birinchidan, qattiq saqlash vositalaridan foydalanadigan saqlash tizimlari muhokama qilinadi. Shundan so'ng, suyuq saqlash vositalaridan foydalanadigan saqlash tizimlari muhokama qilinadi. Muhokama qattiq va suyuq saqlash vositalaridan foydalanadigan saqlash tizimlarining tavsifi bilan yakunlanadi.

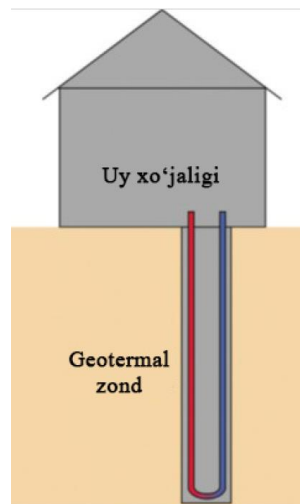
Qattiq saqlash vositalaridan foydalangan holda saqlash tizimlari

Ushbu bo'lim asosan o'xshash dizayn va funksiyalarga ega bo'lgan olti turdagi saqlash tizimlarini tavsiflaydi. Geotermal zondlar, geotermik tuproq kollektorlari va poydevor omborlari holatlarida qattiq saqlash muhiti (tuproq va beton) bilvosita zaryadlanadi va issiqlik tashuvchi suyuqlik bilan chiqariladi. Kecha saqlash isitish, shuningdek, qattiq saqlash muhiti (temir oksidi tosh) foydalanadi, lekin bu erda issiqlik elektr isitish elementi tomonidan uzatiladi.

Geotermal-zondlarni saqlash tizimlari

Geotermal-zondli saqlash tizimlari saqlash muhiti sifatida tuproq yoki toshdan foydalanadi. Geotermal probalar odatda suv bilan to'yingan gil jinslar bilan qo'llaniladi, chunki bu yuqori issiqlik sig'imi va past o'tkazuvchanlikka ega. Yer osti suvlarining oqim tezligi yuqori bo'lsa, issiqlik tezda olib ketiladi. Issiqlik vertikal quduqqa 20-150 m kiritilgan U-trubkasi yoki koaksiyal issiqlik uzatish trubkasi (ko'pincha polietilendan qilingan) orqali uzatiladi. Quduqning diametri 10 dan 15 sm gacha, 100 m dan past chuqurlikda burg'ulash Germaniyada qazib olish uchun ruxsatnomalarni talab qiladi. Polietilen nisbatan yomon issiqlik o'tkazgich ($0,4 \text{ Wt/(mK)}$) bo'lganligi sababli, bu issiqlik o'tkazuvchanligini cheklaydi. Burg'ilash trubkasini bentonit-sement-qum aralashmasi bilan to'ldirish orqali issiqlik o'tkazuvchanligini oshirish mumkin. Issiqlik tashuvchisi sifatida quvur orqali taxminan 0,5 dan 1 m/s gacha

tezlikda o'tgan suv-antifriz aralashmasi ishlatiladi. Bu turbulent oqim hosil qiladi, issiqlik uzatishni oshiradi. Issiqlik o'tkazuvchanligi odatda tizimni bilvosita zaryadlash va tushirish uchun ishlatiladi.



5.5.1-rasm. Geotermal zond.

Zond maydonida bir nechta geotermik zondlarni ulash orqali tuproqdan saqlash massasi sifatida foydalanish mumkin. Problar orasidagi masofa 1,5 dan 12 m gacha bo'lishi mumkin. Umuman olganda, geotermal zond maydonlarida ularning ustida qurilgan inshootlar yo'q. Ularning saqlash hajmi 50 000 m³ dan ortiq bo'lishi mumkin. Saqlash harorati odatda 40 dan 80 °C gacha. Geotermal-zondli saqlash tizimlari teskari issiqlik pompasini o'rnatish orqali ham issiqlik, ham sovuq saqlash obyektlari sifatida ishlatilishi mumkin. Ular past haroratli diapazonlarda va past oqim haroratida (masalan, zamin isitish uchun 35 °C) eng samarali hisoblanadi (5.5.1-rasmga qarang).

Geotermal yer-kollektorli saqlash tizimlari

Geotermal tuproq kollektorlari 1 dan 2 m gacha bo'lgan chuqurlikdagi bo'sh tuproqlarda sirt yaqinida o'rnatiladi. Natijada, ular mavsumiy harorat o'zgarishiga duchor bo'ladilar. Geotermal zondlarda bo'lgani kabi, geotermal tuproq kollektorlari ham tuproqni saqlash vositasi sifatida ishlatadilar. Issiqlik tashuvchi suyuqlik (suv-antifriz aralashmasi) diametri taxminan 25 mm bo'lgan gorizontallik plastik quvurlar orqali oqadi. Quvurlar issiqlik nasosiga ulangan, shuning uchun geotermal energiya isitish uchun ishlatilishi mumkin. Sovutish uchun ortiqcha issiqlik binodan tuproqqa o'tkaziladi. Nasos quvvatini cheklash uchun alohida quvur qismlari uzunligi 100 m dan kam.

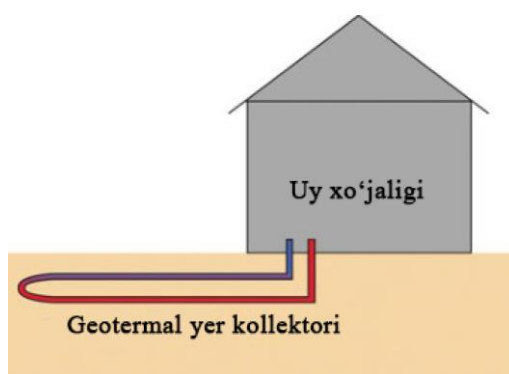
Geotermal tuproq kollektorlari o'rnatish uchun katta maydonni talab qiladi. Turar-joy binolari uchun geotermik zamin kollektorlari odatda issiqlik bilan ta'minlangan binoda yashash maydonining ikki barobariga teng maydonni talab qiladi. Bundan tashqari, ushbu obyektlar ustidagi tuzilmalarni qurish mumkin emas, ular ustidagi qoplama juda qalin bo'lishi mumkin emas va ular chuqur ildizlar erga

kiradigan joylarda cheklangan ilovalarga ega. Yana bir ahvolga tushib qolgani shundaki, quvurni yotqizish qimmatbaho chuqur qazishni talab qiladi.

5.5.2-jadval

Geotermal tuproq kollektorlari yordamida har xil turdagi tuproqli qazib olish quvvatlari

Tuproq xususiyatlari	Issiqlik chiqarish quvvati, Vt/m^2
Quruq, qumli	10-15
Nam, qumli	15-20
Quruq, loyli	20-25
Nam, loyli	25-30
Yer osti suvlari	30-35



5.5.2-rasm. Geotermal yer kollektori.

5.5.2-jadvalda har xil turdagi tuproqli issiqlik chiqarish quvvatlari keltirilgan. Jadval shuni ko'rsatadiki, quruq tuproq turlariga qaraganda nam tuproq turlaridan ko'proq issiqlik olish mumkin.

Geotermal yer kollektorlari odatda yer osti suvlari bilan bevosita aloqada bo'lmaganligi sababli, Germaniya va boshqa Evropa mamlakatlarida ular maxsus ruxsatnomasiz qurilishi mumkin (5.5.2-rasm).

Asosiy saqlash

Poydevorni saqlash dizayni geotermal-zond tizimining dizayniga o'xshaydi. Bu yerda issiqlik tashuvchisi binoning poydevorini mustahkamlash bilan bog'langan plastik quvurlar orqali oqadi. Poydevor strukturasi issiqlik almashinuvchisi vazifasini bajaradi. Termal faol komponent bo'lganligi sababli, u atrofdagi tuproq bilan birga saqlash massasi sifatida ham ishlaydi. Bu tizim bilvosita zaryadlangan va zaryadsizlanganligini anglatadi. Saqlash tizimi odatda har tomondan izolyatsiya qilinadi va ko'pincha quyosh-termal qurilmalar bilan birgalikda ishlatiladi. Bu yerda poydevor saqlash tizimi yozda ortiqcha quyosh energiyasini saqlaydi va qish oylarida issiqlik nasosi yordamida uni chiqaradi. Plastmassa quvurlar odatda simli ulagichlar bilan mustahkamlovchi qismlarga ulanadi. Quvur qismlari alohida-alohida boshqariladi, shuning uchun tizim bir komponent ishlamay qolgan taqdirda ham

ishlashni davom ettirishi mumkin. Geotermal zondlar yoki geotermal yer-kollektor tizimlaridan farqli o'laroq, inshootlar poydevor saqlash tizimlari ustida qurilishi mumkin (5.5.3-rasm). Poydevorga qarab, tizim dizayni kabi tafsilotlarga nisbatan farq qilishi mumkin:

- energiya qoziqlari: poydevor tuzilishi sifatida ishlatiladigan qoziq poydevori (5.5.4-rasm);
- poydevor absorber: poydevor tuzilishi sifatida ishlatiladigan taglik-plastinka;
- poydevor tuzilishi sifatida diafragma devori ishlatiladi.

Nazariy jihatdan, tizim issiqlik pompasi tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan isitishni ta'minlashi mumkin, shuningdek, sovutish mashinasi tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan sovutishni ta'minlaydi. Tuproqdagi harorat 4-20 °C oralig'ida. Qo'shni beton konstruktsiyalarda yoriqlar paydo bo'lishining oldini olish uchun past haroratlardan qochish kerak.

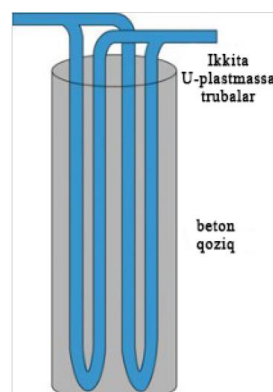
Termal faol komponentlar

Termal faol komponentlar issiqlik energiyasini binoning poydevorida, shuningdek, binoning o'zida saqlash uchun ishlatilishi mumkin. Termal faol komponentlardan bunday foydalanish ko'pincha termal komponentni faollashtirish yoki beton yadro faollashtirish deb ataladi.

Binoning beton qismlari, masalan, shiftlar, devorlar yoki pollar bu erda saqlash massasi sifatida ishlaydi. Komponentlar betonning yadrosiga o'rnatilgan quvur bobinlari orqali oqadigan suv bilan zaryadlanadi va chiqariladi. Yerdan isitish - bu tizim uchun eng keng tarqalgan shakl.



5.5.3-rasm. Asosiy saqlash tizimi.



5.5.4-rasm. Energiya to'plami.

Komponentlarning harorati odatda 18 va 35 °C oralig'ida saqlanadi. 18 °C dan past haroratlarda bino ichidagi odamlar uchun endi qulay bo'lmasligi mumkin va faollashtirilgan komponentlarda kondensatsiya paydo bo'lishi mumkin. Katta binolar energiyani uzoq vaqt davomida saqlashi mumkin. Keyin tashuvchilar haroratning o'zgarishiga reaksiyaga kirishib, xona haroratini nisbatan barqaror ushlab turadilar. Termal faol komponentlar ham isitish, ham sovutish maqsadlarida ishlatilishi mumkin (qarang. 5.5.5-rasm).



5.5.5-rasm. Termal faol komponentlar.

Saqlash uchun isitgichlar

Saqlash isitgichlari, shuningdek, oqilona-issiqlik saqlash tizimida energiyani saqlash shaklidir (5.5.6-rasm). Bu yerda muhokama qilingan boshqa barcha oqilona energiya saqlash tizimlaridan farqli o'laroq, saqlash isitgichlari zaryadlash uchun issiqlik tashuvchi vositadan foydalanmaydi. Buning o'rniga, issiqlik to'g'ridan-to'g'ri temir oksidi jinsida saqlanadigan isitish elementi yordamida elektr energiyasini issiqlikka aylantirish orqali saqlanadi. Saqlash isitgichlari elektr energiyasini o'zlashtiradi, uni issiqlikka aylantiradi va keyin o'z yadrosida saqlaydi. Keyin isitgich uzoq vaqt davomida xonaga issiqlikni chiqaradi. Ilgari energiya ta'minoti korxonalari tungi isitish moslamalarini yetkazib berish uchun tungi vaqtda elektr energiyasini arzonroq narxlarda taklif qilar edi. Kelajakda yuklash jarayoni boshqa omillar, masalan, shamol energiyasidan ortiqcha qayta tiklanadigan energiya mavjudligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Nazariy jihatdan, har qanday diapazondagi haroratni elektr energiyasini issiqlikka aylantirish orqali saqlash mumkin. Amalda xonani isitish uchun zarur bo'lgan haroratdan (600 °C gacha) sezilarli darajada yuqori harorat saqlanadi.

Saqlash isitgichlari issiqlik chiqarilishini nazorat qilib bo'lmaydigan tarzda ishlab chiqilishi mumkin. Ushbu dizayn bilan saqlash yadrosi butunlay zaif issiqlik izolyatsiyasi bilan qoplangan. Issiqlik konveksiya va radiatsiya orqali chiqariladi. Ammo Germaniyada mavjud bo'lgan deyarli barcha saqlash isitgichlarida issiqlik chiqishi avtomatik ravishda boshqariladi. Issiqlikning chiqishi ventilyator tomonidan boshqariladi. Ventilyator tomonidan tortilgan sovuq havo yuqoriga qarab oqadi va keyin tarqaladi. Havoning bir qismi saqlash shaftidan o'tadi va buning natijasida

isitiladi. Bu qisman oqim juda yuqori haroratlarda saqlash yadrosidan chiqishi mumkin. Natijada, issiq havo qizdirilmasdan aylanma damper orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri chiqish teshigiga o‘tadigan boshqa qisman oqim bilan aralashtiriladi.



5.5.6-rasm. Saqlash isitgichining bo‘limi.

Eng ko‘p ishlatiladigan saqlash vositalari temir oksidi jinsi va magnezitdir (shuningdek, uning markasi Feolit deb ataladi). Saqlash vositasi yuqori saqlash qobiliyatiga ega bo‘lishi kerak, shuningdek, zarur bo‘lganda saqlanadigan issiqlikni tezda chiqarib yuborish imkoniyati, ya‘ni muhitning issiqlik o‘tkazuvchanligi imkon qadar yuqori bo‘lishi kerak. Magnezit temir oksidi va magniydan tayyorlangan keramik materialdir. Uning o‘ziga xos issiqlik quvvati harorat bilan belgilanadi. Xona haroratida uning o‘ziga xos issiqlik sig‘imi $0,245 \text{ Vt/(kg K)}$ atrofida va 600°C haroratda $0,34 \text{ Vt/(kg K)}$ ni tashkil qiladi. Magnezitning yana bir afzalligi shundaki, uning issiqlik o‘tkazuvchanligi harorat bilan belgilanadi. 200°C da issiqlik o‘tkazuvchanligi $9,3 \text{ Vt/(mK)}$ atrofida, 600°C da esa $5,8 \text{ Vt/(mK)}$ atrofida bo‘ladi. Bu past haroratlarda issiqlik o‘tkazuvchanligi ikki baravar ko‘payib, hatto kichik haroratlarda ham yuqori issiqlik chiqarish imkonini beradi.

Yuqori haroratli regenerator tipidagi saqlash

Ushbu saqlash turi suyuq muhitning yuqori bug‘ bosimi muammosidan qochib, 1600°C gacha bo‘lgan eng yuqori saqlash haroratiga imkon beradi. Maksimal qo‘llash harorati o‘ziga xos materialga bog‘liq.

Odatda keramika ishlatiladi. Bundan tashqari, nisbatan past o‘ziga xos issiqlikka qaramay, bu odatda noorganik qattiq moddalar hali ham yuqori saqlash zichligiga erishishi mumkin, bu yerda ish sharoitlari katta harorat tarqalishini namoyon qiladi. Bu ko‘pincha gazlarni suyuqliklarda issiqlik uzatish sifatida ishlatadigan ilovalar bilan sodir bo‘ladi.

Regeneratorlar, shuningdek, regenerativ issiqlik almashinuvchilari deb ataladi, issiq va sovuq suyuqlik o‘rtasidagi intervalgacha issiqlik almashinuvi orqali isitiladigan va sovutiladigan saqlash inventarini o‘z ichiga oladi. Saqlash qarshi oqimda ishlaydi: zaryadlash vaqtida issiq suyuqlik saqlash moduliga “issiq” uchida kiradi va tushirish vaqtida oqim yo‘nalishi teskari bo‘ladi va sovuq suyuqlik “sovuq” uchiga kiradi.

Mayjud sanoat misollari po‘lat sanoati, shisha sanoati va sanoat havosini tozalash tizimlaridagi yechimlarni o‘z ichiga oladi.

Po‘lat sanoati eng qadimgi dasturlardan biri edi. Xatto bugungi kungacha, po‘lat pechning portlatishini oldindan isitadigan issiq portlash pechlari yoki Cowper pechlari tijorat maqsadlarida qo‘llaniladi. Uzoq vaqt davomida issiqlik bilan ta‘minlash uchun ikki yoki uchta pechka o‘zgaruvchan ishda ishlatiladi (5.5.7-rasm).

Olti burchakli shakldagi sinterlangan refrakter g‘ishtlar keng tarqalgan inventar tanlovidir. Pechning yuqori qismidagi harorat 1300-1600 °C gacha bo‘lishi mumkin. Issiqlik stavkalari 100-300 MVt oralig‘ida. Qayta tiklanadigan termal oksidlovchi (RTO) tizimlari havoni uchuvchi organik birikmalardan regeneratorda ichida sodir bo‘ladigan ekzotermik jarayon orqali tozalash uchun qo‘llaniladi.

Bu jarayon organik erituvchilarni 800-1000 °C oralig‘ida yuqori haroratlarda oksidlaydi. Issiq tozalangan gaz va kiruvchi sovuq gaz o‘rtasidagi ichki issiqlik almashinuvi regeneratordagi keramika inventaridagi issiqlikni vaqti-vaqti bilan saqlash orqali amalga oshiriladi, bu esa 95% gacha va undan yuqori issiqlikni qayta tiklash samaradorligi bilan deyarli avtotermik zavodning ishlashiga imkon beradi. Qayta tiklanadigan termal oksidlovchining tijorat ilovalari odatda 600 m³ gacha bo‘lgan hajmga ega.



5.5.7-rasm. Qattiq moddalarda sezgir issiqlikni saqlash uchun regeneratorda (yoki Cowper).

So‘nggi yillarda turli xil elektr stansiyalari uchun regeneratordagi saqlashga qiziqish ortdi, shu jumladan kombine siklli stansiyalar, Konsentratsiyalangan quyosh elektr stansiyalari va kommunal miqyosdagi elektr energiyasini saqlash uchun ilg‘or adiabatik siqilgan havo energiyasini saqlash zavodlari. Shu nuqtai nazardan, texnologiya samaradorligini oshirish va xarajatlarni kamaytirish uchun yanada ishlab chiqilgan. Xususan, qadoqlangan to‘shak inventariga asoslangan regeneratordagi ombori ko‘rib chiqildi. Bugungi kunda u kamroq tarqalgan bo‘lsa-da, u investitsiya xarajatlarini

yanada kamaytirishi va oldingi dizaynlarning miqyosi bilan bog'liq muammolardan qochishi mumkin.

Suyuq saqlash vositalaridan foydalangan holda saqlash tizimlari

Quyidagi bo'limda suyuqlik saqlash vositasidan foydalangan holda saqlash dizaynlari muhokama qilinadi. Ushbu tizimlarning asosiy afzalligi shundaki, ko'pgina ilovalarda saqlash muhiti bir vaqtning o'zida issiqlik tashuvchisi sifatida ishlaydi. Bu juda yuqori issiqlik quvvatiga erishishga imkon beradi. Eng ko'p ishlatiladigan material suvdur. Garchi g'orlarni saqlash tizimlari issiqlik energiyasini saqlashda ozgina rol o'ynasa ham, po'lat, beton yoki plastmassadan tayyorlangan tuproq havzalarida va bak-akkumulyatorlarda issiqlik va issiq suvni saqlash uchun ko'plab ilovalar mavjud. Ushbu bo'limda 0 dan 20 °C gacha bo'lgan haroratlarda sovuq saqlash ham muhokama qilinadi.

Issiq suvni po'lat, beton yoki plastmassa idishlarda saqlash

Ushbu bo'limda sezgir issiqlik energiyasini saqlash uchun eng ko'p ishlatiladigan saqlash turlari muhokama qilinadi. Saqlash vositasi suvdur. Harorat 95 °C gacha. Ushbu saqlash tizimlari odatda kichik va o'rta o'lchamdagi isitish tizimlarida qisqa muddatlarda ta'minotni muvozanatlash uchun bufer saqlash sifatida ishlatiladi. Kattaroq modellar uzoq vaqt davomida ta'minotni muvozanatlash uchun mahalliy yoki markaziy issiqlik tarmoqlarini birlashtirish uchun ishlatiladi.

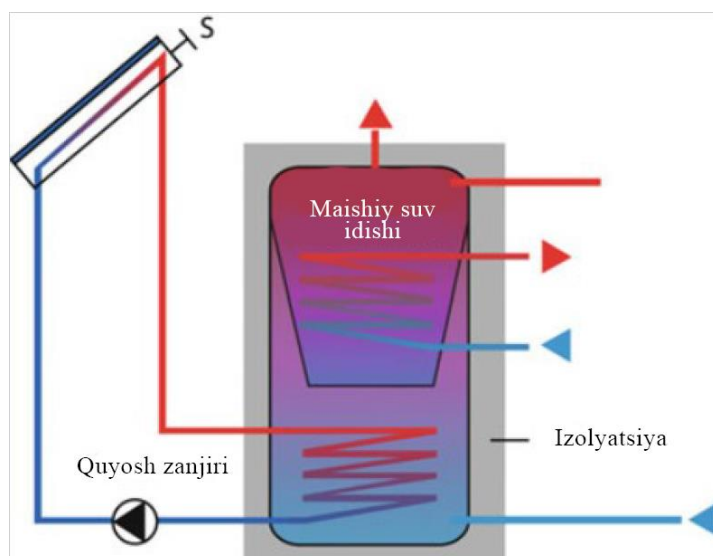
Issiq yoki issiq suvni saqlash uchun po'lat, beton yoki plastmassa idishlar ishlatiladi. Kattaroq saqlash tizimlarida po'latdan yasalgan idishlar o'rniga suv o'tkazmaydigan, temir-beton tobora ko'proq foydalanilmoqda. Inyeksiya qilingan kislorodning past darajasi tufayli maishiy foydalanish uchun iliq suv odatda po'lat, qoplangan po'lat yoki mis kabi korroziyaga chidamli materiallarda saqlanadi. Inyeksiya qilingan kislorod miqdori juda past bo'lgan muhrlangan issiq suv yoki bufer tizimlarida ishlov berilmagan va qoplamagan po'latdan foydalanish mumkin. Shisha tola bilan mustahkamlangan plastmassalardan foydalanish yaqinda paydo bo'lgan rivojlanishdir.

Ushbu saqlash tizimlari yer usti, yer osti, yarim chuqurchaga yoki binolarga o'rnatilishi mumkin. Termal yo'qotishlarni minimallashtirish uchun yaxshi sirt-hajm nisbati afzalroqdir. Natijada, kattaroq saqlash tizimlari mutanosib ravishda kamroq issiqlik yo'qotishlariga ega. Bu shuni anglatadiki, sferik shakldagi saqlash joylari eng yaxshisi bo'ladi, biroq bir qator sabablarga ko'ra ular amalda kamdan-kam hollarda quriladi. Sferik saqlash joyini loyihalash va qurish qiyin. Suvdagi qatlamlar tufayli issiq va sovuq suv o'rtasidagi aloqa maydoni ham qatlamni buzadigan issiqlik o'tkazuvchanligini oldini olish uchun minimallashtirilishi kerak. Shu sabablarga ko'ra, odatda, haddan tashqari bosimga bardosh bera oladigan silindrsimon issiq va issiq suv

omborlari qo'llaniladi. Ushbu saqlash joylari bilan balandlikning diametriga odatiy nisbati 2:1 dan 5:1 gacha. Izolyatsiya qiluvchi materiallarga ko'pikli materiallar, mineral jun, shisha ko'pik va shisha jun kiradi.

Iliq va issiq suvni saqlash tizimlari to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita kontaktli zaryadlash va tushirish tushunchalaridan foydalanadi. To'g'ridan-to'g'ri zaryadlash bilan issiqlik saqlovchi vosita issiqlik tashuvchisi sifatida ham ishlaydi: gidravlik ajratish yo'q. Ishlab chiqarilgan iliq suv yuqoridagi saqlash joyiga beriladi. Keyinchalik yuqori harorat va past zichlik tufayli yuqorida qoladi. Agar kerak bo'lsa, u yerdan ham olinishi mumkin. Ushbu tizimlar qatlamli saqlash tizimlari deb ataladi. Bunday tizimning misoli issiq suv bilan to'ldirilgan buferli saqlash joyidir. Isitish zarur bo'lganda, suv bufer omboridan olinadi va issiqlik chiqariladigan joylarga (radiatorlar va isitish batareyalari) quvur tarmog'i orqali beriladi. To'g'ridan-to'g'ri zaryadlash va tushirishning afzalliklari oddiy dizayn va ichki xotira komponentlarining etishmasligi. Bilvosita saqlash zaryadlash bilan issiqlik almashtirgich tomonidan saqlash muhitiga o'tkaziladi. Ushbu dizayn issiqlik ta'minoti tizimlarida issiqlikni tashish va issiqlik saqlash uchun turli xil suyuqliklar ishlatilganda qo'llaniladi. Bu yerda saqlash moslamasining yuqori qismidagi issiqlik almashtirgich tomonidan iliq suv pallasiga o'tkaziladi. Uch xil issiqlik tashuvchidan foydalanadigan bak-akkumulyator-in-bak-akkumulyator saqlash tizimlari bunday tizimlarga misoldir (5.5.8-rasm). Quyosh kollektori davrlarida muzlashdan va sovuqdan himoya qilish uchun suv-spirtli aralashmasi ishlatiladi. Issiqlik almashtirgich yordamida aralashmadan idishdagi issiq suvga o'tkaziladi.

Bu idishda maishiy issiq suv bilan to'ldirilgan ikkinchi idish mavjud. Bilvosita zaryadlash va tushirishning afzalligi shundaki, u korroziya, ifloslanish va saqlash materialining yo'qolishining oldini oladi. Buning sababi shundaki, saqlash komponentlari atrof-muhit bilan saqlash materiallari bilan aloqa qilmaydigan muhrlangan tizimlardir.



5.5.8-rasm Bak-akkumulyator-ichida-bak-akkumulyator termal saqlash tizimi.

Kichik va o'rta hajmdagi saqlash joylari ($0,1-200 \text{ m}^3$) ko'pincha ikkita qavariq tubiga ega silindrsimon bosimli idishlardan foydalanadi. Kattaroq saqlash joylari (taxminan $50\,000 \text{ m}^3$ gacha) odatda tekis taglikli shunga o'xshash idishlardan foydalanadi. Obyektlar po'lat devor va qopqoq paneli o'rtasida ko'pikli plomba yordamida yoki izolyatsiya panellarini kiritish orqali izolyatsiya qilinadi.

Diffuziyaga chidamliligi yuqori bo'lgan issiqlik izolyatorlaridan foydalanish kerak, shunda izolyator namlik to'sig'i sifatida ham ishlaydi. Sintetik kauchukdan (EPDM) tayyorlangan yumshoq ko'pikli kalıplama tez-tez ishlatiladi. Poliuretan odatda bo'g'inlar va tikuvlar uchun ishlatiladi.

Shisha tolali mustahkamlangan plastmassalardan (GFRP) tayyorlangan idishlar po'lat idishlarga qaraganda kichikroqdir. Hozirda bir nechta 1500 m^3 GFRP bak-akkumulyatorlari mavjud. Kelajakda sig'imi 6000 m^3 gacha bo'lgan GFRP bak-akkumulyatorlari mavjud bo'ladi. GFRP bak-akkumulyatorlari to'yinmagan polyester va vinil qatronlar bilan aralashtirilgan har xil turdagi shishadan tayyorlanadi. Qattiq poliuretan ko'pik (RPF) ko'pincha issiqlik izolyatsiyasi materiali sifatida ishlatiladi.

Beton, temir-beton yoki oldindan zo'riqtirilgan beton idishlar ham iliq suv va ba'zan sovuq suvni saqlash uchun ishlatiladi. Yangi omborxonalarda yuqori quvvatli va o'ta mustahkam beton tizimni muhrlash uchun ham ishlatilishi mumkin, bu esa qo'shimcha qoplamaga ehtiyojni yo'q qiladi.

Sovuq suv saqlash inshootlari

Sovuq suv omborlari suvni 0 dan $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratda saqlaydi. Sovuq suv omborlari sovuq suv tizimining markaziy sovuqgichiga ulangan. Ushbu turdagi saqlash tizimining dizayni issiq va issiq suv saqlash tizimlarining dizayniga o'xshaydi. Sovuq suvni saqlash tizimlari yuqori mexanik yuk ko'tarish qobiliyati va suv o'tkazmasligi tufayli tez-tez po'lat idishlardan foydalanadi. Bundan tashqari, ular osongina shakllantiriladi va payvandlanadi.

Sovuq suv omborlari yer usti, yer osti va binolarda qurilishi mumkin. Umuman olganda, bu tizimlar to'g'ridan-to'g'ri zaryadlanadi va zaryadsizlanadi. Ular odatda qisqa muddatli saqlash uchun ishlatilganligi sababli, ular yuqori zaryadlash va tushirish imkoniyatlariga ega. Issiq suv omborlarida bo'lgani kabi, sovuq suv omborlarida ham suv qatlami paydo bo'ladi. Ammo harorat va zichlikdagi farqlar juda kichik bo'lgani uchun qatlamni saqlab turish uchun oqimni boshqarish uchun diffuzerlar talab qilinadi. Sovuq suv saqlash tizimlarida odatdagi ovqatlanish va qaytarish harorati $6-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ni tashkil qiladi.

G'orlar

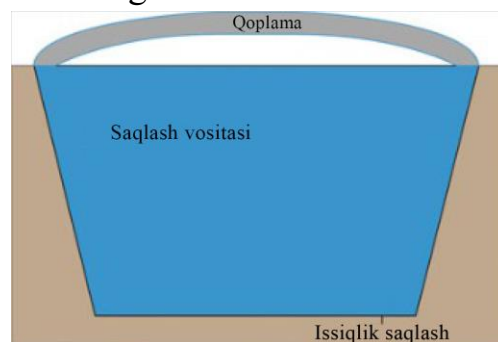
G'orlar yer ostida va sun'iy ravishda qurilgan (masalan, rudani qazib olish yoki tuz qazib olish uchun) yoki tabiiy ravishda paydo bo'lgan (masalan, eroziyadan)

energiya manbalari yoki cho'kish uchun suv bilan to'ldirilgan g'orlardir. Ushbu tizimlar to'g'ridan-to'g'ri zaryadlanadi va zaryadsizlanadi. G'orlarni sun'iy ravishda yopish yoki issiqlik izolyatsiya qilish mumkin emas, ya'ni yerning atrofidagi qatlamlar juda barqaror va zich bo'lishi kerak. Saqlash uchun granit, gneys, magmatik tosh yoki boshqa yuqori barqaror cho'kindi jinslardan yasalgan tosh qatlamlari mos keladi.

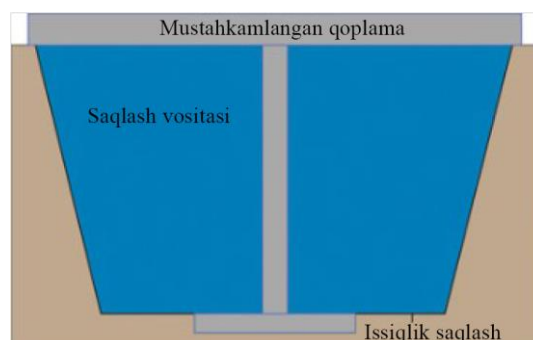
G'orlardan ham qisqa muddatli, ham uzoq muddatli saqlash uchun foydalanish mumkin, ammo hozirda butun dunyo bo'ylab amalda bo'lgan juda kam sonli g'orlarni saqlash tizimlari suvni saqlash vositasi sifatida ishlatadi. Ushbu obyektlarning aksariyati Skandinaviyada. Yuqori doimiy xarajatlar tufayli g'orlar katta saqlash joylari sifatida eng mos keladi. Bu bir martalik obyektning rivojlantirish va qurish xarajatlarining saqlash hajmiga nisbatini kamaytiradi. G'or omborlari gazni saqlash uchun (tabiiy gaz va vodorod) ko'proq foydalaniladi.

Yer havzalarida iliq saqlash va issiq suvni saqlash

Issiq suvni yer osti saqlashning asosiy afzalligi shundaki, saqlash muhiti suv bo'lib, yuqori saqlash sig'imiga ega bo'lgan arzon material bo'lib, ishlov berish nisbatan oson. Kuchaytirilgan yoki o'z-o'zidan qo'llab-quvvatlanadigan qopqoqli termal saqlash avtomobil yoki piyodalar harakati kabi yuqori yuklarga bardosh berishi mumkin (5.5.9-rasm). Suzuvchi qopqoqlar bu yuklarni qo'llab-quvvatlay olmaydi, lekin ular arzonroq. Kuchaytirilgan yoki o'z-o'zidan qo'llab-quvvatlanadigan qopqoqli termal saqlashga texnik xizmat ko'rsatish kerak bo'lganda ham kirish osonroq (5.5.10-rasm).

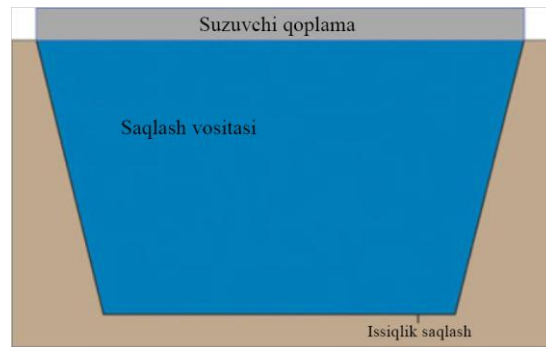


5.5.9-rasm O'z-o'zidan qo'llab-quvvatlanadigan qopqoqli issiq suvli issiqlik saqlash moslamasini loyihalash.



5.5.10-rasm. Mustahkamlangan qopqoqli issiq suvli issiqlik saqlash moslamasini loyihalash.

Kuchaytirilgan yoki o'z-o'zidan qo'llab-quvvatlanadigan qopqoqli termal saqlash avtomobil yoki piyodalar harakati kabi yuqori yuklarga bardosh berishi mumkin (5.5.9-rasm). Suzuvchi qopqoqlar bu yuklarni qo'llab-quvvatlay olmaydi, lekin ular arzonroq. Kuchaytirilgan yoki o'z-o'zidan qo'llab-quvvatlanadigan qopqoqli termal saqlashga texnik xizmat ko'rsatish kerak bo'lganda ham kirish osonroq (5.5.10-rasm).



5.5.11-rasm. Suzuvchi qopqoqli issiq suvli issiqlik saqlash moslamasini loyihalash.

Qopqoqlari mustahkamlangan saqlash obyektlari har qanday hajmda qurilishi mumkin, ammo zamin va shipda zarur bo'lgan o'tkazgichlar oqish va issiqlik ko'priklariga olib kelishi mumkin. Murakkab poydevor bilan birgalikda bu qurilishni umumiy qiyinchilikka olib kelishi mumkin.

Suzuvchi qopqoqlar oddiy, arzon va har qanday saqlash hajmiga mos keladi, lekin ular zaryadlash va tushirish qiyinchiliklarini oshiradi (5.5.11-rasm). Hozirgi vaqtda o'z-o'zini qo'llab-quvvatlaydigan qoplamali tuproqli havzalarni rejalashtirish va qurish juda qimmat va murakkab. Bundan tashqari, saqlash hajmlari va saqlash sirtlari cheklangan.

Suvli qatlamlarni saqlash inshootlari

Suvli qatlamlarda suv tuproqda joylashgan bo'sh yoki qattiq jinslar g'origa quyiladi va keyin u yerda saqlanadi. Suvli qatlamlar suv o'tkazmaydigan akvitarlar yoki suv o'tkazmaydigan akvitarlar orasida ham yuqori, ham pastki qismida joylashgan. Suvli qatlamlarning turlari o'z ichiga oladi:

- g'ovakli suvli qatlamlar: qum va shag'al;
- yoriqli suv qatlamlari: qum, ohaktosh va bazalt;
- karst suvli qatlamlari: ohaktosh.

Suv bilan to'yingan tuproqqa bir yoki ko'pincha bir nechta alohida quduqlar orqali kirish mumkin. Tabiiy yer osti suvlari oqimi ushbu quduq tizimlarini qayerga o'rnatish mumkinligini aniqlaydi. Zaryad qilish uchun issiq yoki sovuq suv "issiq" yoki "sovuq" quduqqa beriladi. Suv va tuproqning saqlash quvvati energiyani saqlash uchun ishlatiladi. Ishlash quduqlardan biridan suv olishni talab qiladi. Keyin suv quduq tizimi orqali issiqlik almashtirgich orqali boshqa quduqqa pompalanadi. Issiqlik

almashtirgich issiqlikni ikkilamchi kontaktlarning zanglashiga olib boradi yoki ikkilamchi konturdan issiqlikni chiqaradi. Bu issiqlik yoki sovuqni saqlashga va keyinroq qayta ta'minlashga imkon beradi. Bu shuningdek, tizim to'g'ridan-to'g'ri zaryadlangan va zaryadsizlanganligini anglatadi. Filtrlash, kimyoviy suvni tozalash va tizim bosimiga texnik xizmat ko'rsatish yer ustida boshqariladi. Ushbu saqlash tizimi yozda, masalan, 50 °C dan yuqori ish haroratida quyosh-issiqlik energiyasi bilan zaryadlanishi mumkin. Suvli qatlamlarni saqlash tizimlari uzoq muddatli saqlash uchun ishlatiladi. Ular yozda ortiqcha issiqlikni saqlaydilar va qish oylarida uni qayta yetkazib beradilar. Issiqlik nasoslari yoki sorbsion sovutish mashinalari bilan birgalikda suvli qatlamlarni saqlash tizimlari odatda binolarni isitish va sovutish uchun ham ishlatilishi mumkin.

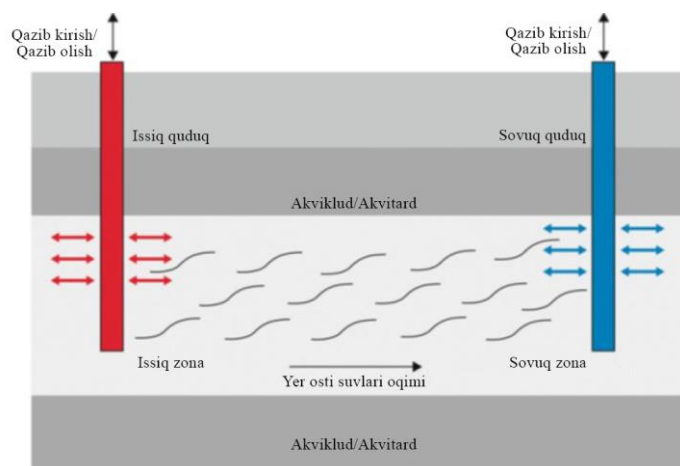
Suvli qatlamlarni saqlash tizimlari odatda 100-500 m chuqurlikda joylashgan. Quduqlar orasidagi masofa odatda 50-300 m gacha. Ushbu loyihalarning aksariyati Skandinaviya, Niderlandiya yoki Belgiyada joylashgan. Oddiy saqlash hajmi 5 000-200 000 m³ gacha. Germaniyada bu tizimlar uchun mos geologik sharoitlar Alp tog' etaklarida va Germaniyaning shimolida joylashgan. Masalan, Rostokda suvli qatlamlarni saqlash tizimiga ega bino qurilgan. Berlindagi Reyxstag binosi ham suvli qatlamlardan foydalanadi. Reyxstag binosida saqlanadigan energiyaning taxminan 77% qayta ishlanadi (yoki nasos energiyasini hisobga olgan holda 67%). Sovuq saqlash bilan bu nisbat taxminan 93% (yoki 88%) ni tashkil qiladi. Issiqlik yo'qotishlaridan tashqari, issiqlik almashtirgich va nasoslarning loyqalanishi ham muammolarga olib kelishi mumkin. Tuproq turiga qarab, quvurlardagi temir konlari ham muammo bo'lishi mumkin. Suvli qatlamlarni saqlash tizimini qurish (5.5.12-rasm) Yer osti suvlarini oziqlantirish uchun mahalliy suv organlaridan ruxsat olishni talab qiladi.

Yer havzalari

Yer havzasidagi issiqlik saqlash tizimlari saqlash materiallari bo'yicha toifalarga bo'linadi. Qum-suv aralashmasidan foydalangan holda shag'al-suv termal saqlash inshootlari va tuproqli issiqlik saqlash inshootlari deyarli har qanday joyda qurilishi mumkin. Tuproq havzasi qazilgandan so'ng, yer usti suvlari quyida joylashgan devor qatlamlariga singib ketmasligi uchun drenaj gilamlari yotqiziladi. Devorlarning boshqa komponentlari orasida himoya membranasi, muhrlangan qatlamlar, issiqlik izolyatsiyasi va namlik to'sig'i mavjud. Hozirgacha qurilgan obyektlarning hajmi 100 dan 10 000 m³ gacha.

Yer havzalari plastik quvurlar orqali oziqlanadigan issiqlik tashuvchisi yordamida bilvosita zaryadlanishi mumkin. Ular, shuningdek, vertikal va gorizontal shag'al yo'llari orqali suvni nasos bilan to'g'ridan-to'g'ri zaryadlash va tushirish mumkin. Ikkala holatda ham ishlatiladigan issiqlik tashuvchisi (suv) va tuproq (shag'al va qum) issiqlik energiyasini saqlash uchun xizmat qiladi (5.5.13-rasm). Amaldagi issiqlik

izolyatsiyalash materiallari tufayli maksimal saqlash harorati taxminan 85 °C bilan cheklangan.



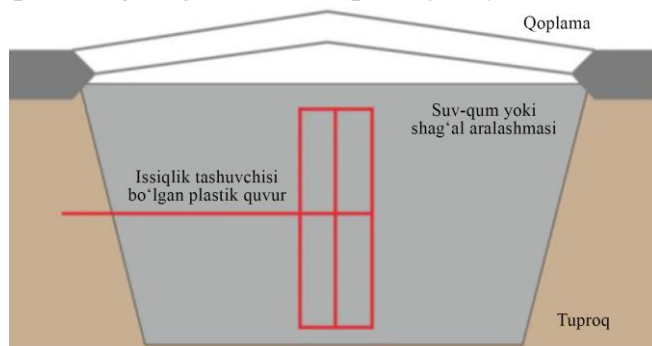
5.5.12-rasm. Suvli qatlamlarni saqlash tizimi.

Yuqori haroratli saqlash tizimlari

Yuqori haroratlarda saqlash vositalariga bosimli suv, erigan tuzlar, mineral moy va suyuq natriy kiradi.

Bug‘ akkumulyatorlari va ko‘chirish. Bosimli suv uchun saqlash

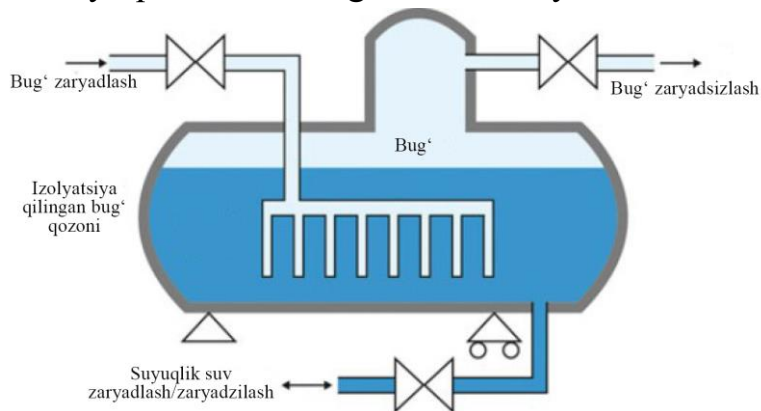
Bug‘ akkumulyatori texnologiyasi (shuningdek, “suzuvchi bosimli suv ombori” yoki “Ruts” deb ham ataladi) texnologik issiqlik ilovalarida ishlatiladigan issiqlik saqlash nuqtai nazaridan eng zamonaviy texnologiyadir. Bug‘ akkumulyatorlari bosim ostida suyuqlik hajmiga oziqlangan bug‘ning kondensatsiyasi bilan zaryadlanadi. Chiqarish jarayonida saqlash idishidagi bosim pasayadi va to‘yingan bug‘ chiqariladi. Suv ham saqlash vositasi, ham issiqlik tashuvchi suyuqlik sifatida ishlatilganligi sababli, yuqori oqim tezligi va qisqa reaksiya vaqtlari mumkin (5.5.14-rasm). Shunday qilib, yuqori issiqlik quvvatiga ega bufer saqlash jarayoni mumkin.



5.5.13-rasm Yer havzasidagi issiqlik saqlash inshooti.

Bug‘ akkumulyatorlari bosimli to‘yingan-suyuq suvda sezgir issiqlik saqlashdan foydalanadi va sig‘im bosimli idishning hajmi bilan belgilanadi. Saqlash hajmi suyuqlik hajmining sezgir energiyasining o‘zgarishiga mos keladi. Bosimning kattaroq pasayishi hajmli saqlash hajmiga nisbatan foydali bo‘lsa-da, qabul qilinadigan bosim

o'zgarishi samaradorlik va jarayon talablari bilan cheklanishi mumkin. Maksimal ish harorati to'yingan suvning kritik nuqtasi (374 °C, 221 bar) bilan cheklangan. Xarajatlarda bosimli idish ustunlik qiladi. Shunday qilib, odatiy tizimlar maksimal 250 °C haroratda va 40 bar yuqori bosim chegarasida ishlaydi.



5.5.14-rasm Bosimli suvda sezgir-issiqlik saqlash uchun bug' akkumulyatorining sxemasi (manba DLR).

Ruths saqlash tizimlari bug 'yoki bosimli suv talabi yoki taklifining o'zgarishlarini tenglashtirishi va qoplashi mumkin. Bug 'akkumulyatorlari sanoat bug' tarmoqlarini issiqlik bilan ta'minlashi, eng yuqori quvvatni qoplashi, partiyaviy jarayonlarni yetkazib berishi yoki bug' turbinalari yoki kogeneratsiya bilan birgalikda ishlatilishi mumkin. Mineral, sellyuloza va qog'oz, oziq-ovqat, to'qimachilik va kimyo sanoati kabi bug' akkumulyatorlarini ishlatadigan bir qancha jarayonlar mavjud.



5.5.15-rasm. Andasol-3 quyosh-issiqlik elektr stansiyasida ikki bak-akkumulyatorli eritilgan tuz tizimi (DLR bu rasm uchun ruxsatga ega).

Bosimli suv uchun, shuningdek, “o'zgaruvchan saqlash” yoki “termoklin” saqlash tizimlaridan foydalanish mumkin. Issiq va sovuq suv bitta idish ichida. Issiq, kamroq zich suv yuqori qismida, sovuq suv esa pastki qismida. Sovuq va issiq qismlar o'rtasida harorat o'tish zonasi hosil bo'ladi. Zaryadlash va tushirish vaqtida bu zona yuqoriga va pastga siljiydi. Chiqish harorati deyarli zaryadsizlanish oxirigacha deyarli o'zgarmaydi. Yaxshi tabaqalanishga erishish uchun baland bo'yli vertikal silindrsimon idish ishlatiladi. Odatdagi joy almashtirish omborlari 180 °C gacha (taxminan 30 bar)

bosimli suv bilan ta'minlaydi. Keng miqyosli o'zgaruvchan saqlash tizimlari markazlashtirilgan isitish sohasida tijorat mahsulotlari hisoblanadi.

Eritilgan tuzni saqlash tizimlari

Uydagi bosimsiz issiq suv saqlash bak-akkumulyatorlariga o'xshab, yuqori haroratli issiqlik (170-560 °C) haroratni o'zgartirish orqali erigan tuzlarda saqlanishi mumkin. O'g'it sifatida qo'llanilishidan ma'lum bo'lgan nitrat tuzlari saqlash muhiti sifatida ishlatiladi. Bu tuzlar xona haroratida qattiq, undan yuqori haroratda esa suyuq holatda bo'ladi. Hajmli saqlash zichligi, yopishqoqligi va shaffofligi jihatidan yuqori haroratli xususiyatlar suvga o'xshaydi. Eritilgan tuzlarning asosiy afzalliklari past narx, yuqori issiqlik barqarorligi va past bug 'bosimidir. Past bug 'bosimi bosimli idishlarsiz saqlash dizaynlariga olib keladi (5.5.15-rasm). Umuman olganda, eritilgan tuzlarni issiqlik bilan ishlov berish, elektrokimyoviy reaksiyalar va issiqlik uzatish bilan bog'liq bir qator sanoat ilovalarida ishlatish tajribasi mavjud. Tuzlarni qo'llash erish harorati bilan belgilangan pastki harorat chegarasini hisobga olishni talab qiladi. Eritilgan tuzlarning bir jihati ish paytida kiruvchi muzlashdir. Quvurlarda, issiqlik almashtirgichda va saqlash bak-akkumulyatorlarida muzlashning oldini olish kerak. Shunday qilib, ko'pincha yordamchi isitish tizimlari o'rnatiladi. Eritilgan tuzlarning termal barqarorligi yuqori harorat chegarasini belgilaydi. Yagona tuzlar emas, balki tuz aralashmalari erish haroratining pastligi bilan afzalliklarga ega. Ushbu aralashmalar aralashmalarining yagona tuzlariga o'xshash termal barqarorlik chegaralariga ega bo'lishi mumkin. Shunday qilib, tuz aralashmalari bitta tuzlarga nisbatan kattaroq harorat oralig'iga ega bo'lishi mumkin. Quyosh-issiqlik elektr stantsiyalari (shuningdek, "kontsentrlangan quyosh energiyasi" - CSP zavodlari deb ataladi) uchun gidroksidi nitrat tuzi aralashmalari issiqlik energiyasini saqlash uchun afzal qilingan suyuqliklardir. Odatda, og'irligi 60% natriy nitrat va 40% kaliy nitratning evtektik bo'lmagan tuz aralashmasi ishlatiladi. Bu aralashma odatda quyosh tuzi deb ataladi. Quyosh tuzining minimal ish harorati odatda 290 °C ga o'rnatiladi (taxminan 250 °C suyuqlik harorati bilan cheklangan). Maksimal ish harorati 560 °C, termal barqarorlik bilan belgilanadi. Issiqlik energiyasini saqlash tizimi sovuq (masalan, 290 °C) va issiq (masalan, 560 °C) bosimsiz bak-akkumulyatordan iborat. 250 K harorat farqi uchun muhitning saqlash zichligi taxminan 200 kVt/m³ qiymatga yetadi. Hozirgi vaqtda 5000 MVt/soatgacha bo'lgan erigan tuzni saqlash moslamalari bo'lgan tijorat quyosh-issiqlik elektr stantsiyalari mavjud (AQSHdagi Abengoa shahridan Solana). 2015 yilda konsentratsiyalangan quyosh elektr stantsiyalarida o'rnatilgan erigan tuzni saqlash quvvati 30 000 MVt dan kattaroq edi va elektr quvvati sifatida ifodalangan tarmoqqa ulangan erigan tuzni saqlash quvvati 1500 MVtni tashkil etdi. Konsentrlangan quyosh energiyasidan foydalanish uchun odatiy saqlash sig'imlari 3 dan 15 soatgacha. Yozish vaqtida odatdagi saqlash xarajatlari sig'im va quvvat, shuningdek, issiq va sovuq bak-

akkumulyatorlar o'rtasidagi harorat farqi kabi parametrlarga qarab 20-75 yevro/kVt soat orasida o'zgarib turadi. Saqlash komponentlari bo'yicha tadqiqot ikkita bak-akkumulyatorni balandlikda tabaqalanish bilan bitta bak-akkumulyatorga almashtirishga qaratilgan. Bak-akkumulyatorlarda uchta aniq zona mavjud: sovuq zona (pastki qismida), aralashtirish zonasi (orada) va issiq zona (yuqorida). Ba'zi tizimlar plomba moddasisiz ishlaydi (termoklin tushunchasi), ba'zi tizimlar suyuqlik hajmi (termoklin-to'ldiruvchi tushunchasi) doirasida qo'shimcha plomba materiallaridan foydalanadi. Ushbu plomba moddasi qatlamlanishni yaxshilashi va termoklin zonasini yo'q qilishi mumkin bo'lgan erkin konveksiya va o'tkazuvchanlik ta'sirini kamaytirishi mumkin. Bundan tashqari, umumiy kapital xarajatlarni qimmat suyuqlikni arzon plomba moddasi bilan almashtirish orqali kamaytirish mumkin.

Boshqa yuqori haroratli suyuqliklar

Mineral, sintetik yoki kremniy moylari qisqa muddatli termal saqlash uchun javob beradi. Mineral moy taxminan 300 °C gacha bo'lgan muhit bosimida ishlatilishi mumkin. Sintetik yog'lar 400 °C gacha termik barqaror, lekin yuqori haroratlarda ular bosim ostida bo'lishi kerak, bu ko'pincha iqtisodiy emas. Yonuvchanlik va mineral moyning narxi neft tizimlarining kamchiliklari hisoblanadi. Potensial ravishda, quyma temir yoki tabiiy tosh kabi arzon plomba moddasi issiqlik energiyasini saqlashi va ba'zi issiqlik-neft hajmini almashtirishi mumkin. Ko'rib chiqiladigan ilovalar an'anaviy va quyosh-issiqlik elektr stantsiyalari. Suyuq natriy kamdan-kam hollarda saqlash vositasi sifatida ishlatiladi. Ushbu material mukammal issiqlik o'tkazuvchanligiga ega va haroratning keng diapazonida ishlatilishi mumkin bo'lsa-da, masalan, suv bilan kuchli ekzotermik reaksiyalarning oldini olish uchun xavfsizlik choralari ham talab qilinadi.

Xulosa

Yashirin yoki termokimyoviy saqlash tizimlari bilan solishtirganda, oqilona-issiqlik saqlash moslamalari rivojlanishda eng ilg'or hisoblanadi. Bu shuni anglatadiki, saqlashning boshqa ikkita turiga qaraganda keyingi rivojlanish va xarajatlarni kamaytirish uchun kamroq imkoniyatlar mavjud. Shunga qaramay, yangi qo'llash sohalari topilganligi sababli, oqilona issiqlik saqlash tizimlarini takomillashtirish davom etmoqda (masalan, issiqlik yo'qotishlarni kamaytirish yoki yaxshilangan qatlamlar orqali).

Yuqori haroratli issiqlik energiyasini saqlash - bu nafaqat sanoat jarayonlarining issiqlik sektorida, balki quyosh issiqlik elektr stantsiyalari kabi boshqa dastur sohaslarida ham qo'llaniladigan tarmoqlararo texnologiya. Eritilgan tuz ombori yaqinda yirik quyosh issiqlik elektr stantsiyalarida to'liq tijoratga aylandi. Shunday qilib, so'nggi yuqori haroratli TES ishlanmalari sanoat jarayoni issiqlik va an'anaviy energiya tarmoqlariga o'tkazilishi mumkin. Tijoriy issiqlik energiyasini saqlash texnologiyalari

va yangi yuqori haroratli issiqlik energiyasini saqlashning ilmiy-tadqiqot ishlari bosqichida o'tkazilishi, shuningdek, investitsiya xarajatlarini kamaytirish, tizim integratsiyasini soddalashtirish, yuqori energiya zichligi va maxsus issiqlik o'tkazuvchi suyuqliklarga yoki yangi harorat darajalariga moslashishga olib keladi.

Issiq suvli issiqlik energiyasini saqlash bilan birlashtirilgan so'nggi elektr-issiqlik (PtH) qurilmalari uchuvchan, qayta tiklanadigan elektr energiyasini ishlab chiqarishni yanada integratsiya qilish uchun elektr va issiqlik tarmoqlarini ulash imkoniyatlarini ko'rsatadi. Kelajakda issiqlik nasos tizimlari va yuqori haroratli issiqlik energiyasini saqlash bu sohada qo'shimcha samarali echimlarni taklif qiladi.

Iqtisodiy chegara sharoitlari tufayli, yaqin kelajakda quyosh issiqligini mavsumiy saqlash faqat yirik suv omborlari yordamida amalga oshiriladi. Vaziyatni ikki yo'l bilan o'zgartirish mumkin: ushbu dastur uchun xarajatlarni yetarli darajada kamaytiradigan innovatsion izolyatsiya konsepsiyalarini ishlab chiqish yoki issiqlik tashuvchi suyuqlikni tegishli harorat qatlamida saqlash orqali obyektni to'g'ridan-to'g'ri zaryadlovchi qatlamli yuklash moslamalaridan foydalanish.

5.6. Issiqlik energiyasini yashirin(latent) saqlash

Yashirin issiqlik saqlash moslamasida saqlanadigan Q_{Lat} issiqlikni aniqlash uchun 5.5.1 tenglamaga qattiq holatdan suyuqlikka faza o'zgarishi bilan ΔH_{ls} erish entalpiyasi qo'shilishi kerak:

$$\begin{aligned} Q_{Lat} &= \int_{T_1}^{T_2} mc_p dT + \Delta H_{ls} = \bar{T} \Delta S_{12} + T_{1s} \Delta S_{1s} \approx \bar{T} (\Delta S_{12} + \Delta S_{1s}) > Q_{Sens} \\ &= \int_{T_1}^{T_2} mc_p dT. \end{aligned} \quad (5.6.1)$$

Faza o'zgarishi T_{ls} haroratda, ΔS_{ls} entropiyasining hamroh bo'lgan o'zgarishi bilan sodir bo'ladi. Tenglama shuni ko'rsatadiki, T_1 va T_2 o'rtasidagi haroratlarda faza o'zgarishini nazarda tutadigan bo'lsak, haroratning kichik o'zgarishi bilan yashirin termal saqlash moslamasi sezgir issiqlik saqlash moslamasidan ko'ra ko'proq issiqlikni saqlashi mumkin.

Qanday sharoitlarda yashirin issiqlik energiyasini saqlashdan foydalanish mantiqiy? Suv sezgir issiqlik, shuningdek, yashirin sovuq uchun standart saqlash vositasidir. Ilgari, masalan, muzlatilgan ko'ldan muz bo'laklari o'lchamiga qarab kesilib, keyin ovqatni sovutish uchun yozgacha yerto'lalarda saqlanadi.

Suv ko'p, arzon, ekologik toza va yuqori o'ziga xos issiqlik sig'imi c_p ga ega, lekin uni faqat atrof-muhit bosimi bilan taxminan 5-95 °C gacha bo'lgan haroratlarda ishlatish mumkin. Quyidagi misol shuni ko'rsatadiki, ba'zi bir harorat diapazonlarida

fazani o'zgartiruvchi material (PCM) sezgir-termik saqlashga nisbatan afzalliklarga ega bo'lishi mumkin.

Umumiy qoida sifatida:

$$\Delta q^{PCM} = c_p^{PCM} \cdot \Delta T + \Delta h \quad (5.6.2)$$

Qattiq fazadagi fazani o'zgartiruvchi materialning o'ziga xos issiqlik quvvati odatda suyuqlik fazasi bilan bir xil emasligi sababli, uchta shart yashirin issiqlik saqlash omborida saqlanadigan issiqlik energiyasini aniqlaydi.:

$$\Delta q^{PCM} = c_{p,qattiq}^{PCM} \cdot \Delta T_{qattiq} + \Delta h + c_{p,suyuqlik}^{PCM} \cdot \Delta T_{suyuqlik} \quad (5.6.3)$$

Oqilona-issiqlik saqlash inshootida (bu holda suv saqlash inshootida) saqlanadigan issiqlik quyidagicha aniqlanadi.:

$$\Delta q^{suv} = c_p^{suv} \cdot \Delta T \quad (5.6.4)$$

quyidagi moddiy ma'lumotlar bilan:

$$c_p^{suv} \approx 4.2 \frac{J}{g \cdot K}$$

$$c_p^{suv} \approx 2.1 \frac{J}{g \cdot K} \text{ and } \Delta h \approx 150 \frac{J}{g}$$

bu erda o'rtacha o'ziga xos issiqlik sig'imi c_p^{CPM} (qattiq va suyuq fazalar bo'yicha o'rtacha) va ΔT umumiy harorat farqi

Natijada:

$$\frac{\Delta q^{pcm}}{\Delta q^{suv}} = \frac{c_p^{PCM}}{c_p^{suv}} + \frac{\Delta h}{c_p^{suv} \cdot \Delta T} \quad (5.6.5)$$

$$\frac{\Delta q^{pcm}}{\Delta q^{suv}} \approx 0.5 + \frac{35.7K}{\Delta T} \quad (5.6.6)$$

Ushbu misolda, harorat farqi 70 K dan kichik bo'lgan yashirin termal saqlash moslamasining saqlash sig'imi oqilona iliq suv saqlash inshootining saqlash hajmidan oshadi.

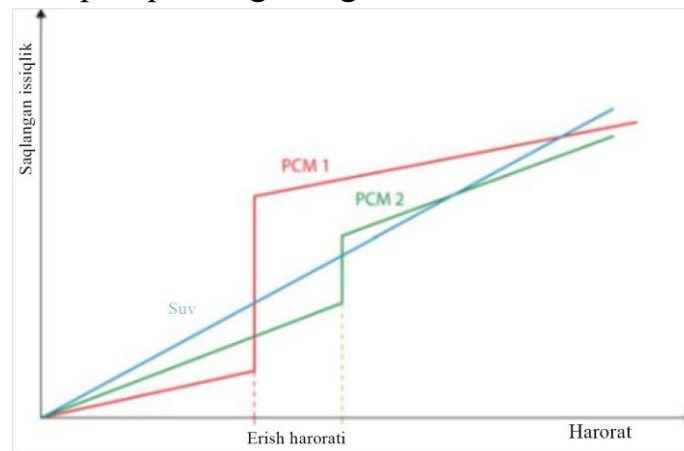
Erish entalpiyasi 250 J/g bo'lgan faza o'zgaruvchi material (tuz gidratlari uchun o'rtacha erish entalpiyasi haqida) potensial harorat farqini 120 K ga oshiradi. Bu shuni anglatadiki, materialga nisbatan faza o'zgaruvchi material-saqlashning saqlash zichligi tizimi issiq suv saqlash tizimidan ustundir. Bu farq, ayniqsa, dastur foydalanish mumkin bo'lgan harorat farqini cheklaganida dolzarbdir.

Natijada, yashirin issiqlik saqlash tizimlari sovuq saqlash uchun juda mos keladi. Binolarni sovutish uchun odatda 6K atrofida harorat farqlari bo'lgan tizimlardan foydalaniladi.

Ammo binolarni isitish va issiq suv ta'minoti odatda 20-50 K yoki undan ko'proq harorat farqiga ega tizimlardan foydalanadi. 0 °C atrofida sovuq saqlash uchun suv standart faza o'zgaruvchi material hisoblanadi, chunki uning erish entalpiyasi juda yuqori 334 J/g (5.6.1-jadval).

5.6.1-rasmda harorat va saqlanadigan issiqlik miqdori o'rtasidagi asosiy bog'liqlik ko'rsatilgan. Yashil rangdagi faza o'zgaruvchi material-2 faza o'zgaruvchi

material-1 ga qaraganda kamroq erish entalpiyasiga ega. Natijada, uni faqat kichikroq harorat farqlari bilan ishlatish kerak. Kattaroq harorat farqlari bilan suvning issiqlik sig'imi faza o'zgaruvchi materialning erish entalpiyasini qoplaydi. Diagrammada chiziqning gradienti issiqlik quvvatiga teng.



5.6.1-rasm. Haroratga nisbatan saqlanadigan issiqlik miqdori.

Xususiyatlari

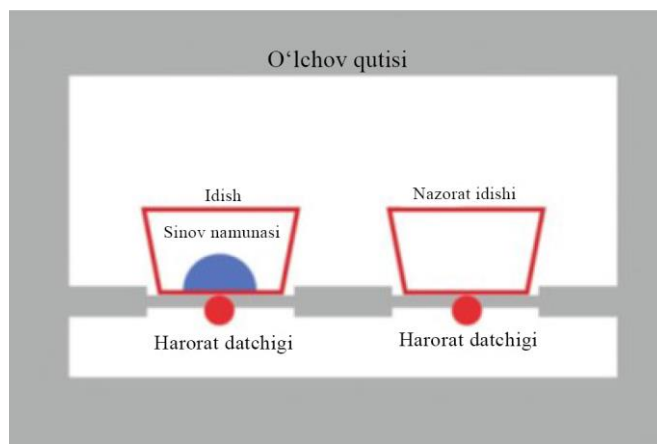
Faza o'zgaruvchi material-saqlash tizimlarining asosiy afzalligi shundaki, ular kichik harorat farqlari bilan katta miqdordagi energiyani saqlashlari mumkin. Bu shuni anglatadiki, saqlashning eksergiya yo'qotishlari oqilona saqlash tushunchalariga qaraganda pastroq, chunki energiya qo'shilishi atrof-muhit bilan harorat farqini ham oshirmaydi. Ammo tizimni amalga oshirish texnik jihatdan qiyin. Amaldagi materialga qarab, ajratish, past sovutish va boshqarib bo'lmaydigan hajm o'zgarishi mumkin. Kam quvvatga olib keladigan issiqlik uzatishning yetarli emasligi ham ko'pincha muammo hisoblanadi. Saqlash tizimining kerakli parametrlarga mos kelishini ta'minlash uchun dizayn yechimlari bu yerda topilishi kerak. Natijada, faza o'zgaruvchi material-saqlash tizimlari ko'pincha taqqoslanadigan sezgir saqlash tizimlariga qaraganda qimmatroq.

Yashirin(latent)-issiqlik saqlash materiallarining xarakteristikasi

Faza o'zgaruvchi materialni tavsiflashning standart usuli bu differentsial skanerlash kalorimetriyasi (DSC). Bu yerda kichik namuna (5-10 mg) tigelga joylashtiriladi. Keyin bu tigel bo'sh tigel (nazorat) bilan birga simmetrik o'lchov kamerasiga joylashtiriladi va belgilangan harorat dasturiga ta'sir qiladi. O'lchashning ikkita usuli qo'llaniladi. Odatda 2K/min harorat rampalari bilan dinamik o'lchash yoki termodinamik muvozanatga erishilgunga qadar harorat bosqichma-bosqich o'zgarib turadigan bosqichli o'lchov. Issiqlik oqimi ikki tigel ostidagi harorat sensorlari orasidagi harorat farqidan hisoblanadi (5.6.2 va 5.6.3-rasmlar). Keyin ushbu ma'lumotlardan foydalanib, entalpiya harorati diagrammasi ishlab chiqilishi mumkin.

5.6.4-rasmda isitish va sovutish tezligi 2 K/min bo'lgan dinamik differentsial skanerlash kalorimetriyasi o'lchovining odatiy natijasi ko'rsatilgan. Bu yerda histerezis

juda oz. Buning sababi, o'lchangan moddaning pentadekan, ya'ni alkandir. Past haroratlarda chiziqli isitish egri chizig'i va yuqori haroratlarda sovutish egri chizig'i nisbatan doimiy o'ziga xos issiqlik quvvatini ko'rsatadi. Ammo pentadekan bilan ikki fazali o'zgarishlar odatiy emas. Pastki entalpiya bilan birinchi faza o'zgarishi qattiq-qattiq faza o'zgarishiga teng. 5-15 °C da ikkinchi faza o'zgarishi qattiq-suyuq faza o'zgarishini ko'rsatadi.



5.6.2-rasm. Sinov va nazorat tigellari bo'lgan simmetrik o'lvov kamerasi, shuningdek tigel ostidagi harorat datchigi.

T-tarix usuli faza o'zgaruvchi materialni tavsiflash uchun ham ishlatilishi mumkin. Ushbu protsedurada ikkita bir xil konteyner, biri sinovdan o'tgan faza o'zgaruvchi material, ikkinchisi nazorat moddasi bilan to'ldirilgan, atrof-muhit haroratining tez o'zgarishiga duchor bo'ladi. Keyin namunalarning reaksiyalari harorat-vaqt diagrammasini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Nazorat moddasi keyinchalik issiqlik sig'imi va o'tish entalpiyasini aniqlash uchun talab qilinadi.

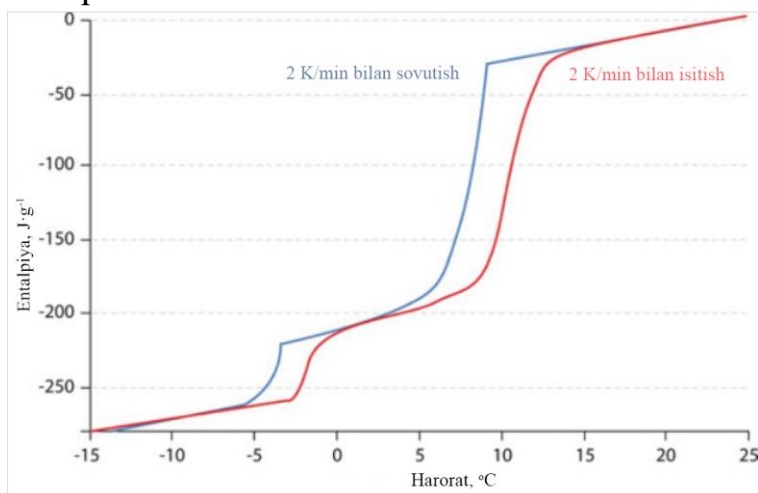
5.6.5-rasmda ushbu protseduradan foydalanish natijasida yuzaga keladigan o'lvovlar ko'rsatilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, sinovdan o'tgan faza o'zgaruvchi material diskret faza o'zgarishi harorati o'rniga erish oralig'iga ega. Qattiqlashuv va erish haroratlari farq qiladi. Bu ta'sir gisterezis deb ataladi va u ba'zi materiallar bilan 10 K gacha. Bundan tashqari, tuz gidratlari bilan yuqorida aytib o'tilganidek, past sovutish dalillari mavjud.



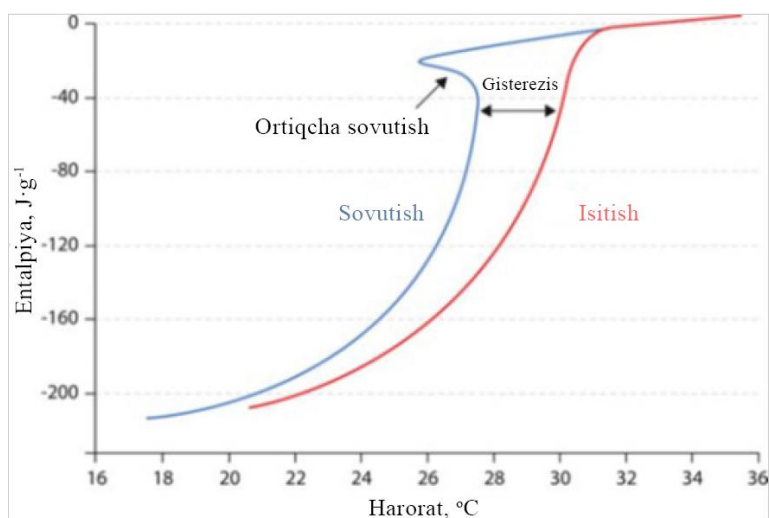
5.6.3-rasm. Differensial skanerlash kalorimetriyasi Q 2000.

Yashirin(latent)-issiqlik saqlash materiallari

Faza o'zgarishi bo'yicha issiqlik saqlash uchun mos bo'lgan bir qator materiallar mavjud. 5.6.6-rasmda turli toifadagi materiallarning erish harorati va erish energiyalari bilan birgalikda umumiy ko'rinish berilgan. Amalda, qattiqdan suyuqlikka faza o'zgarishi eng ko'p qo'llaniladi. Faza o'zgarishining yuqori entalpiyasiga qaramay, suyuqlikdan gazga o'tish fazaning katta o'zgarishiga olib keladi, uni boshqarish qiyin. Natijada, u kamdan-kam qo'llaniladi. Ba'zi materiallar sinflarida suyuqlik fazasining sovishi past sovutishga olib kelishi mumkin. Bu yerda eritma kristallanishsiz erish oralig'idan pastroqda soviydi: keyin namuna metastabil holatda bo'ladi. Kristallanish boshlanganda material kristallanadi va faza o'zgarishi entalpiyasi chiqariladi. Material, shuningdek, kristallanish haroratida yoki undan past darajaga qiziydi, bu (gisteresiz materialda) erish haroratiga teng. Haqiqiy erishilgan maksimal harorat kristallanish boshlanganda past sovutish darajasi va kristallanish paytida atrof-muhitga issiqlik yo'qotishlari bilan aniqlanadi.



5.6.4-rasm. Dinamik differensial skanerlash kalorimetriyasi o'lchovi natijasida olingan entalpiya-harorat diagrammasi.



5.6.5-rasm. Kalsiy xlorid geksagidratining faza oʻzgarishining odatiy T-tarixini oʻlchash.

Barcha materiallar fazani oʻzgartirish materiallari sifatida foydalanish uchun mos emas. Quyida PCM materiali uchun talab qilinadigan mezonlar keltirilgan.

Fizik mezonlar:

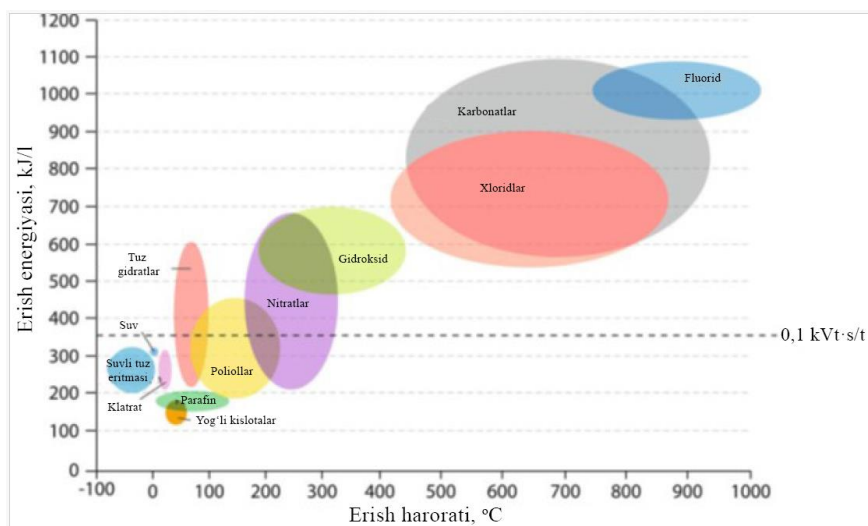
- yuqori faza oʻzgarishi entalpiyasi va oʻziga xos issiqlik sigʻimi;
- tegishli erish harorati;
- yaxshi issiqlik oʻtkazuvchanligi;
- qayta tiklanadigan faza oʻzgarishi;
- boshqariladigan past sovutish;

Texnik mezonlar:

- fizik va kimyoviy barqarorlik;
- past bugʻ bosimi;
- hajm boshqariladigan oʻzgarish;
- qurilish materiallari bilan past korroziya;
- tegishli erish va qotib qolish xususiyatlari; siklning barqarorligi;

Iqtisodiy mezonlar:

- narxlari past;
- osonlik bilan topiladigan;
- tabiatga zarar keltirmaydigan; past toksiklik.



5.6.6-rasm. Faza o'zgaruvchi materiallar sinflari.

Masalan, suv bu mezonlarga mos keladi. Erish harorati tufayli suv odatda konditsionerlik uchun ishlatiladi. 5.6.1-jadvalda erish entalpiyalari va erish harorati bilan birga turli xil materiallar tanlovi ko'rsatilgan. Yashirin issiqlik saqlash tizimlarida amaliyotda suvdan tashqari tuz gidrat va kerosin moddasi sinflari ko'proq qo'llaniladi. Natijada, ular keyingi bo'limda batafsilroq tavsiflanadi.

Tuz-gidratlar

Tuz-gidratlar suv bilan qattiq stoxiometrik nisbatlarda bog'langan tuzlardir. Hatto stoxiometrik konsentratsiyadagi ozgina o'zgarishlar ham tuz gidratining o'tish entalpiyasini o'zgartiradi. Natijada, tuz gidratlarini PCM sifatida ishlatishning bir mezoni butun xizmat muddati davomida doimiy suv miqdori hisoblanadi.

5.6.1-jadval

Har xil fazalarni o'zgartiruvchi materiallarning xususiyatlari.

Material sinfi	Material	Molekular formulasi	Erish harorati, °C	Erish entalpiyasi, kJ/kg	Issiqlik o'tkazuvchanligi, W/m ² K	Zichlik, kg/m ³
Eitektik tuzli suv aralashmasi	Suv/natriy xlorid	H ₂ O/NaCl	-21	222	-	1 165 (suyuqlik 20 °C)
Suv	Suv	H ₂ O	0	334	0.597 (suyuqlik 20 °C)	998 (suyuqlik 20 °C) 917 (qattiq)
Tuz gidrati	Kalsiy xlorid geksagidrat	CaCl ₂ ·6H ₂ O	29	171	0.54 (suyuqlik 39 °C)	1 562 (suyuqlik 32 °C)
	Disodium vodorod fosfat Dodekagidrat	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	35-40	280	0.476 (suyuqlik)	1 442 (suyuqlik)
	Natriy sulfat pentagidrat	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	48	187	-	1 670 (suyuqlik)
	Natriy asetat trigidrat	Na(CH ₃ COO)·3H ₂ O	58	226	-	1 280 (suyuqlik)

	Magniy nitrat geksagidrat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	89	149	0.49 (suyuqlik 95 °C)	(suyuqlik)
	Magniy xlorid geksagidrat	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	117	165	0.57 (suyuqlik 120 °C)	(suyuqlik)
Tuzlar	Natriy nitrat	NaNO_3	307	172	0.51 (suyuqlik)	1 900 (suyuqlik)
	Kaliy nitrat	KNO_3	333	266	0.5 (suyuqlik)	1 900 (suyuqlik)
	Lityum nitrat	LiNO_3	254	360	0.6 (suyuqlik)	1 800 (suyuqlik)
Tuz aralashmasi	Natriy nitrat + kaliy nitrat	$\text{KNO}_3/\text{NaNO}_3$	222	100	0.5 (suyuqlik)	1 900 (suyuqlik)
	Lityum nitrat + natriy nitrat	$\text{LiNO}_3\text{-NaNO}_3$	194	265	0.5 (suyuqlik)	1 900 (suyuqlik)
Parafin	Oktadekan	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	28	245	0.15 (qattiq)	777 (suyuqlik)
Fatty acid	Laurik kislota	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43	178	0.15 (suyuqlik 50 °C)	870 (suyuqlik 50 °C)
	Miristik kislota	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	58	186	-	861 (suyuqlik 55 °C)
Shakar spirti	Eritritol	$\text{C}_4\text{H}_5(\text{OH})_6$	120	340	0.32 (suyuqlik 140 °C)	1 300 (suyuqlik 140 °C)
PEG	PEG 6000	$\text{HO-}[\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-O}]_n\text{-H}$	60	190		1 085 (suyuqlik 70 °C)

Tuz-gidratlardan foydalanish bilan bog'liq yana bir muammo - bu mos kelmaydigan erish. Erish jarayonida bir nechta fazalar hosil bo'ladi, ular keyinchalik turli xil zichliklari tufayli ajralib turadi. Bu shuni anglatadiki, issiqlik quvvati sikllar soni ortishi bilan kamayadi. Ushbu ta'sirga qarshi turish va yuqori aylanish barqarorligini ta'minlash uchun tuz-gidratli idishlarni aralashtirish mumkin. Barqarorlikni oshirish uchun makro yoki mikro-kapsulyatsiya yoki boraks inyeksiyasi ham ishlatilishi mumkin.

Ko'p tuz-gidratlardan foydalanish bilan bog'liq qo'shimcha qiyinchilik ularning sovib ketishga kuchli moyilligidir. Bu shuni anglatadiki, amalda saqlangan issiqlik past haroratlarda chiqariladi yoki umuman bo'lmaydi. Ammo cho'ntak isitgichlarida bo'lgani kabi, past sovutish ham kerakli va foydali bo'lishi mumkin. Noorganik qattiq moddalarni qo'shish orqali yadro hosil bo'lishini tezlashtirish mumkin, bu esa past sovutish tendentsiyasini kamaytiradi. Ammo bu o'ziga xos saqlash hajmini ham kamaytiradi.

Ushbu texnik muammolarni bir chetga surib qo'ysak, tuz gidratlari kerosinlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori hajmga, o'ziga xos saqlash zichligiga va yaxshi issiqlik o'tkazuvchanligiga ega. Ular, shuningdek, parafinlarga qaraganda arzonroq.

Parafinlar

Parafinlar - bu xom neftni distillash natijasida olingan to'yingan uglevodorodlardan tashkil topgan organik aralashmalar. Ular asosan uzun zanjirli

alkanlardan iborat. Erish nuqtasi zanjir uzunligini o'zgartirish orqali kerak bo'lganda sozlanishi mumkin.

Parafinlar -5 dan 120 °C gacha bo'lgan haroratlarda termal saqlash uchun tijorat maqsadlarida ishlatiladi. Parafin aralashmalari faqat zanjir uzunliklari har xil bo'lgan parafinlardan iborat bo'lganligi sababli ular mos ravishda eriydi va yuqori sikl barqarorligiga ega.

Bundan tashqari, metallardan farqli o'laroq, kerosinlar ekologik xavfsiz va korroziy emas. Ular sog'liq uchun hech qanday xavf tug'dirmaydi va faqat mikro-kapsula bilan sovuqlashishga moyilligini ko'rsatadi. Parafinlarning kamchiligi ularning yonuvchanligidir. Bu ularni ba'zi muhitlarda ishlatishga to'sqinlik qiladi.

Tuz-gidratlar bilan solishtirganda, ular ham qimmat va juda past issiqlik o'tkazuvchanligi 0,2 Wt / (mK) atrofida. Bundan tashqari, faza o'zgarishi 20% gacha bo'lgan hajm o'zgarishiga olib kelishi mumkin.

Faza o'zgaruvchi materialni tanlashning eng muhim mezonini uning faza o'zgarishi haroratidir. Bu har xil uzunlikdagi alkan zanjirlarini aralashtirish orqali kerak bo'lganda sozlanishi mumkin.

Ammo sof/tijorat parafinlarni aralashtirish odatda faza o'zgarishi entalpiyasini kamaytiradi va erish oralig'ini oshiradi. Tijoriy parafinlardan foydalanish ham xuddi shunday ta'sirga ega. Ular arzonligi sababli tez-tez ishlatiladi. Shu sabablarga ko'ra, ushbu materiallarning aniq xususiyatlarini diqqat bilan ko'rib chiqish kerak. RAL PCM sertifikatini (RAL-GZ 896; <http://www.pcm-ral.de>) bu borada foydali sifat va sinov xususiyatlarini aniqlaydi.

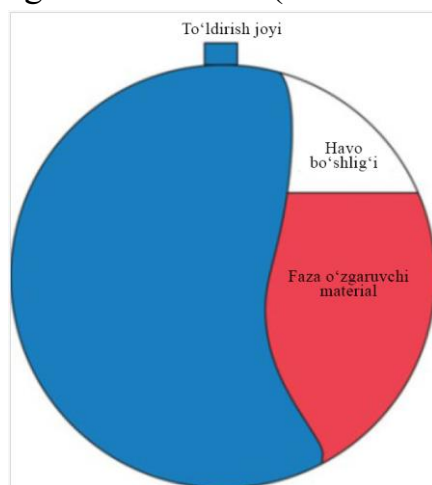
Suvsiz tuzlar

Kationlar asosan gidroksidi (masalan, Li, Na, K) va ishqoriy yer (masalan, Ca, Mg) metallardir. Ko'rib chiqiladigan anionlarga nitratlar, nitritlar, gidroksidlar, bromidlar, karbonatlar, xloridlar, sulfatlar va ftoridlar kiradi. Ko'pgina suvsiz tuzlar aralashtiriladi va buning natijasida turli xil potensial yagona tuzlar va tuz aralashmalari (ikkilik va uchlik tizimlar) paydo bo'ladi. 350 °C gacha bo'lgan haroratlar uchun, xususan, ishqoriy-metall nitratlar va nitritlar va ularning aralashmalari, agar ishlov berish va po'latdan muvofiqligi kabi talablar hisobga olinsa, mos faza o'zgaruvchi materiallar hisoblanadi. Konsentrlangan quyosh energetikasi texnologiyasini ishlab chiqishda absorber quvurlarida to'g'ridan-to'g'ri bug' hosil qilish yashirin issiqlik saqlash tizimlariga qiziqish uyg'otdi. Yashirin issiqlik tizimi ikki fazali issiqlik tashuvchi suv/bug' uchun bug' saqlash tizimi sifatida ishlaydi. Nomzod faza o'zgaruvchi materiallar uchun erish harorati 120 °C dan 340 °C gacha. Bu yerda oqilona(sensible) issiqlik saqlashdan foydalangan holda saqlash tushunchalarini qo'llash odatda iqtisodiy jihatdan samarali emas. Ikki fazali issiqlik tashuvchilar uchun oqilona(oqilona) issiqlik saqlash tizimlari saqlash muhiti va issiqlik o'tkazuvchi suyuqlik o'rtasidagi katta harorat gradyanlari tufayli past energiya samaradorligi yoki

katta eksergiyaga ega. Yashirin issiqlik saqlash tizimida faza o'zgaruvchi material ham, issiqlik tashuvchisi ham taxminan bir xil haroratda faza o'zgarishiga uchraydi. Shunday qilib, suv/bug' va faza o'zgaruvchi material o'rtasidagi kattaroq harorat farqlaridan qochish mumkin. Bundan tashqari, texnologik-issiqlik sektori uchun bug' saqlash yechimlarini taqdim etish mumkin.

Kompozit materiallar

Sof shaklda faza o'zgaruvchi material ko'pincha past issiqlik o'tkazuvchanligiga ega yoki ular sikllar soni ortishi bilan ajralib turadi. Ushbu muammoni hal qilish uchun bir qator potensial yechimlar mavjud. Ushbu bo'limda bir nechta tushunchalar muhokama qilinadi. Faza o'zgaruvchi materialning issiqlik o'tkazuvchanligini oshirish uchun, masalan, grafit matritsasi faza o'zgaruvchi material bilan singdirilishi mumkin. ZAE Bayern bu usuldan faza o'zgaruvchi materialga grafit hajmining atigi 10% qo'shib, issiqlik o'tkazuvchanligini 8 dan 100 barobarga oshirish uchun foydalangan. Katta faza o'zgaruvchi material birliklarida yomon issiqlik o'tkazuvchanligi va barqarorligini oldini olish uchun, ayniqsa, bir nechta komponentlardan iborat faza o'zgaruvchi material bilan, birliklar tez-tez kichikroq birliklarga o'raladi. Plastik va metall idishlar, plastik-metall kompozitsion materiallardan tayyorlangan sumkalar kabi foydalanish mumkin. Ushbu turdagi inkapsulyatsiyaning afzalligi shundaki, u faza o'zgaruvchi materialni germetik tarzda yopishadi, atrof-muhit bilan material almashinuvini oldini oladi. Bu, ayniqsa, tuz-gidratlardan foydalanilganda foydalidir. Ushbu shakldagi faza o'zgaruvchi material mavjud issiqlik saqlash tizimlarini qulay tarzda yangilash uchun ham ishlatilishi mumkin. Buning sababi shundaki, u saqlash bak-akkumulyatorlariga osongina sig'adigan darajada ixchamdir. Ovoz hajmining o'zgarishi bilan bog'liq muammolarni oldini olish uchun havo ko'pincha faza o'zgaruvchi material bilan birga o'rab olinadi (5.6.8 va 5.6.9-rasmlar).



5.6.8-rasm. Makrokapsullangan parafin.



5.6.9-rasm. Mikrokapsullangan kerosin. (Manba: BASF SE).

Makro-inkapsulyatsiyadan tashqari, faza o'zgaruvchi material mikro-inkapsulyatsiya yordamida ham qayta ishlanishi mumkin. Haqiqiy faza holatidan qat'iy nazar, mikrokapsullangan faza o'zgaruvchi material o'zini kukun kabi tutadi. Bunday inkapsulyatsiyaning afzalligi shundaki, u material bilan ishlashni osonlashtiradi. Masalan, gipskarton yoki to'qimachilikka qulay tarzda qo'shilishi mumkin. Inkapsulyatsiya kichik bo'lganligi va kam faza o'zgaruvchi material o'z ichiga olganligi sababli, inkapsulyatsiyaga mexanik shikastlanish juda oz miqdordagi faza o'zgaruvchi material yo'qolishiga olib keladi. Boshqa firmalar qatorida, BASF tijorat maqsadida mikrokapsullangan faza o'zgaruvchi material ishlab chiqaradi. Faza o'zgaruvchi material pelletlari diametri 2 dan 20 m gacha bo'lgan va akril bilan qoplangan kerosindan qilingan. Mahsulot odatda binolarni passiv sovitish uchun zarur bo'lgan qurilish materiallari bilan birgalikda ishlatiladi. Mikro-kapsullangan faza o'zgaruvchi material ranglar, gipsokarton va boshqalar bilan aralashtirilishi mumkin. Materialga qarab, bu qurilish materiallari faza o'zgaruvchi material o'irligi bo'yicha 20-40% gacha bo'lishi mumkin.

Faza o'zgaruvchi materialni g'ovakli tuzilmalarga qo'shish issiqlik o'tkazuvchanligi va barqarorligini oshirish uchun ishlatiladigan yana bir jarayondir. Yog'och tolali taxta, masalan, faza o'zgaruvchi material bilan singdirilishi mumkin. Parafinlar plastik matritsalariga ham kiritilishi mumkin. Ushbu kompozit materiallarning afzalligi shundaki, ular kapsullangan faza o'zgaruvchi material kabi saqlash joylarida plomba sifatida ishlatilishi mumkin.

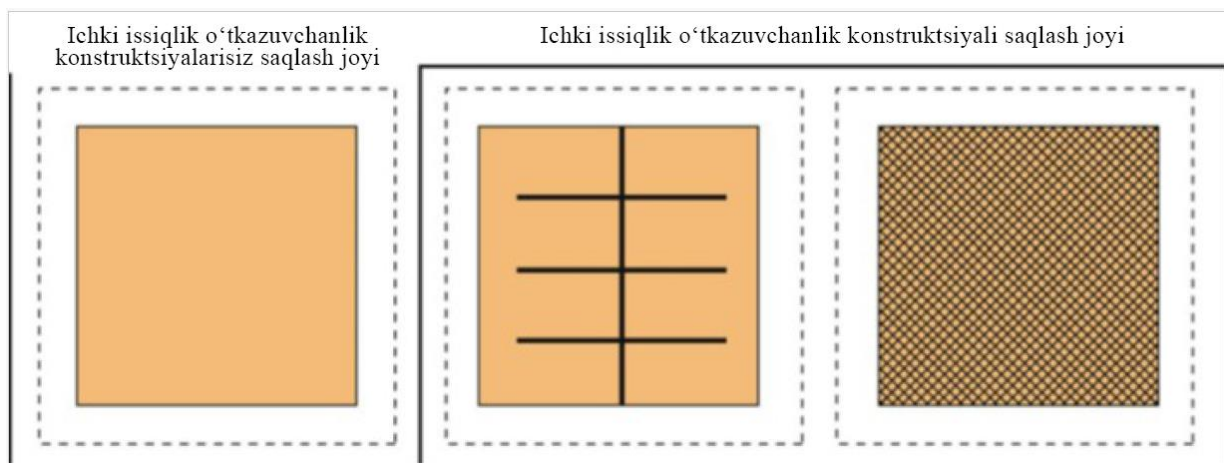
Drezdendagi Fraunhofer IFAM hozirda metall matritsadagi bog'lovchi faza o'zgaruvchi materialni tadqiq qilmoqda. Bu yerda issiqlik o'tkazuvchanligini yaxshilash uchun tolalar yoki simli konstruktsiyalar, shuningdek infiltrlangan metall ko'piklar qo'llaniladi. Ushbu jarayonlar bilan faza o'zgaruvchi materialning tashuvchi moddaga nisbatini muvozanatlash juda muhimdir. Buning sababi shundaki, faza o'zgaruvchi material hajmining nisbatini oshirish saqlash hajmini oshiradi, lekin u issiqlik o'tkazuvchanligini pasaytiradi.

Issiqlik uzatish tushunchalari

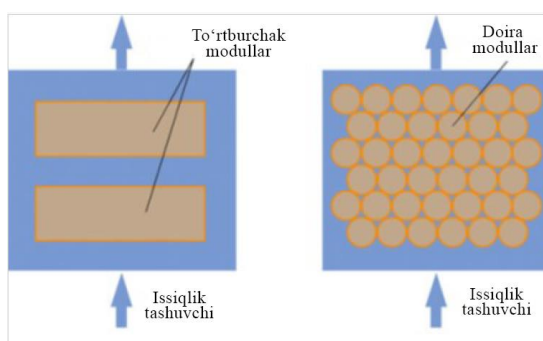
Yashirin saqlash materiallari uchun issiqlik uzatish konsepsiyalari birinchi navbatda issiqlik quvvatini maksimal darajada oshirish uchun optimallashtirilgan. Issiqlik uzatishni yaxshilash uchun turli xil texnik yondashuvlardan foydalanish mumkin. Ushbu bo'limda turli xil issiqlik uzatish tushunchalari muhokama qilinadi. Umuman olganda, issiqlik uzatish passiv yoki faol bo'lishi mumkin. Passiv issiqlik uzatish bilan, faqat erkin konveksiya faza o'zgaruvchi materialni harakatga keltiradi va issiqlik tashuvchi suyuqlik saqlash muhiti bilan aloqa qilmaydi. Issiqlik uzatish belgilangan sirtida (issiqlik almashtirgich) sodir bo'ladi. Ushbu turdagi issiqlik uzatish issiqlik o'tkazuvchanligiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan eritilgan jabhalarni hosil qilishi mumkin. 5.6.10-rasmda passiv saqlash tizimining oddiy konstruksiyalariga misollar keltirilgan. Faol issiqlik o'tkazuvchanligi bilan, saqlash materiali ham aralashtirgich tomonidan harakatda saqlanadi. Bu yerda bilvosita va to'g'ridan-to'g'ri issiqlik uzatish o'rtasida farq bor. Bilvosita zaryadlash bilan faza o'zgaruvchi material issiqlik tashuvchi suyuqlik bilan aloqa qilmaydi; to'g'ridan-to'g'ri zaryadlash bilan issiqlik tashuvchi suyuqlik saqlash muhiti orqali oqadi va issiqlik almashinuvchisi talab qilinmaydi. Ushbu issiqlik uzatish tushunchalariga asosan, issiqlik tizim chegaralari bo'ylab tashiladi. Ushbu turdagi saqlash tizimining issiqlik quvvati ichki, issiqlik o'tkazuvchan tuzilmalarni o'rnatish orqali oshirilishi mumkin. Ammo umuman olganda, imkoniyatlar past.

Bunday saqlash tizimlari odatda arzon. Hech qanday tashqi qurilmalar talab qilinmagani uchun ular yuqori saqlash zichligiga ega. Bundan tashqari, ushbu muhrlangan tizimlar bilan atrof-muhit bilan material almashinuvi yo'q. Natijada, tizim ifloslanishdan, korroziyadan va saqlash materiallarini yo'qotishdan himoyalangan. Muzlatish paketlari, shuningdek, makro va mikrokapsulalangan faza o'zgaruvchi material tizimlari ushbu issiqlik uzatish konsepsiyasidan foydalanadi.

Ushbu saqlash tizimlarining zaryadlash va zaryadlash hajmi modulli dizayn yordamida oshirilishi mumkin (5.6.11-rasm). Bu yerda makro-kapsullangan faza o'zgaruvchi material saqlash tizimini to'ldirish sifatida ishlatilishi mumkin. Ushbu yondashuvning afzalligi shundaki, faza o'zgaruvchi material oddiy va moslashuvchan tarzda bak-akkumulyator geometriyalari diapazoniga ega tizimlarga birlashtirilishi mumkin. Issiqlik tashuvchi suyuqlik saqlash tizimi va faza o'zgaruvchi material to'ldirish orqali oqadi. Ushbu turdagi saqlash tizimining umumiy sig'imi katta aloqa maydoni bilan oshiriladi.



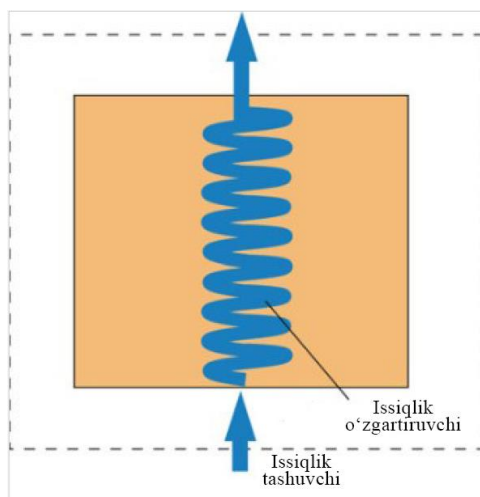
5.6.10-rasm. Ichki issiqlik o'tkazuvchan tuzilmalari bo'lgan va bo'lmagan oddiy saqlash tizimlari.



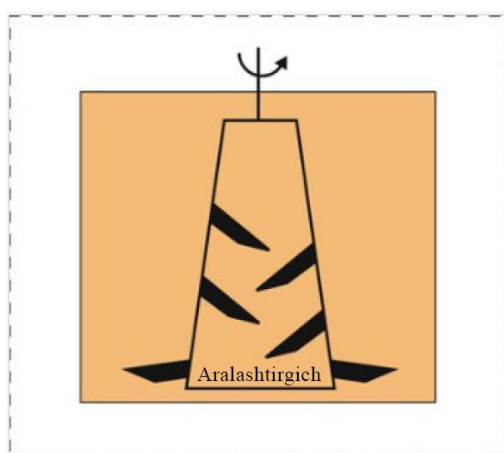
5.6.11-rasm. Modulni saqlash tizimi; chapda: plastinka modullari; o'ngda: to'p modullari (tugunlar).

Ammo, ko'pincha turli modullar orqali oqim notekis bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, issiqlik o'tkazuvchanligi barcha alohida modullar bo'ylab izchil emas. Kerakli qo'shimcha inkapsulyatsiya materiallari, shuningdek, saqlash tizimidagi faza o'zgaruvchi material ulushini kamaytiradi, o'ziga xos quvvat va quvvatni pasaytiradi. 5.6.11-rasmda ushbu konsepsiyaning asosiy dizayni tasvirlangan. Modulli saqlash tizimlari Yaponiyada keng tarqalgan. U yerda elektr energiyasining eng yuqori soatlik narxlar tufayli konditsioner uchun sovuq ko'pincha kechasi saqlanadi. To'ldirishdan tashqari, ventilyatsiya kanallariga o'rnatilgan faza o'zgaruvchi material plitalari ham ushbu issiqlik uzatish konsepsiyasidan foydalanadi.

Passiv zaryadlashning eng oddiy shakli ko'pincha sezgir saqlash tizimlarida qo'llaniladi. Bu yerda faza o'zgaruvchi material uchun maxsus mo'ljallangan geometriyaga ega issiqlik almashtirgich saqlash tizimiga birlashtirilgan. Issiqlik o'tkazuvchanlik xususiyatlari, shuningdek, talab qilinadigan quvvat va quvvat odatda issiqlik almashtirgichning geometriyasini aniqlaydi. Ushbu konsepsiyaning afzalligi shundaki, saqlash materiallarining yuqori ulushi (90% dan ortiq) o'rnatilishi mumkin. Buning kamchiliklari - eritmaning oldingi shakllanishi, issiqlik uzatish qarshiligini oshirish va tuz-gidratlar bilan ajralib chiqish tendensiyasi. 5.6.12-rasmda ushbu turdagi saqlash tizimining asosiy dizayni ko'rsatilgan.



5.6.12-rasm. Ichki issiqlik almashtirgichli saqlash tizimi.

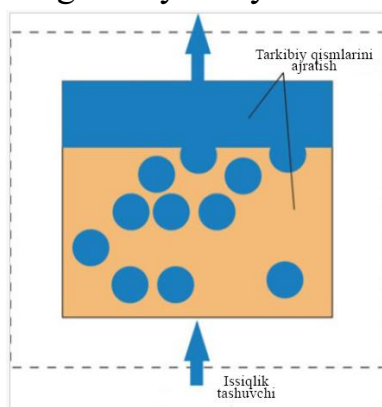


5.6.13-rasm. Ichki aralashtirgichli faol, bilvosita saqlash tizimi.

Ichki aralashtirgich va oʻrnatilgan issiqlik almashtirgichga ega saqlash tizimlari (5.6.13-rasm) bilvosita, faol issiqlik uzatish tushunchalaridan foydalanadi. Bu yerda afzallik, masalan, tuz gidratlari bilan ajralishning kamayishi, shuning uchun siklning barqarorligini oshiradi. Doimiy qoʻzgʻalish yomon issiqlik uzatish koeffitsientlari bilan qattiqlashuv jabhasining shakllanishiga toʻsqinlik qiladi; bu barqaror quvvat sarfini va quvvat chiqishini taʼminlaydi. Ammo umumiy samaradorlik dvigatelning qoʻshimcha quvvat sarfi bilan kamayadi.

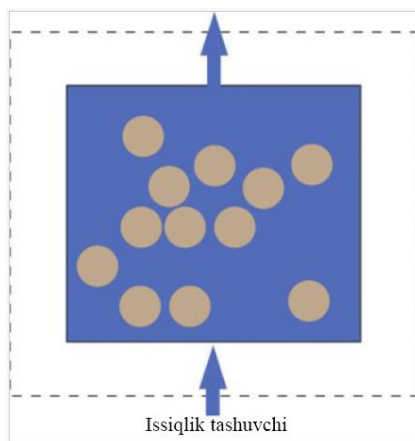
Bu yerda yechim aralashtirgichni issiqlik almashtirgich sifatida ham ishlatishdir. Alohida issiqlik almashtirgich saqlash materialining ulushini kamaytiradi, bu esa saqlash tizimining issiqlik quvvatini kamaytiradi. Yana bir variant - butun bak-akkumulyatorni aylantirish, shunda ichki aralashtirgich endi kerak emas. Toʻgʻridan-toʻgʻri kontaktli saqlash tizimlari faol, toʻgʻridan-toʻgʻri issiqlik uzatish tushunchalaridan foydalanadi. Bu yerda issiqlik tashuvchi suyuqlik saqlash materiali orqali oqadi, uni bir vaqtning oʻzida aralashtirib yuboradi. Bu jarayon alohida komponentlarning, ayniqsa tuz-gidratlar bilan ajralishini oldini oladi. Issiqlik tashuvchi suyuqlikni ushlab turish vaqti saqlash tizimining geometriyasini, shuningdek, ikkita material oʻrtasida talab qilinadigan zichlik farqini oʻzgartirish orqali faza

o'zgaruvchi materialning issiqlik uzatish koeffisientlariga mos kelishi uchun sozlanishi mumkin. Ammo bu yerda barcha issiqlik tashuvchi suyuqliklardan foydalanish mumkin emas, chunki materiallar bevosita aloqada va bir-biri bilan aralashishi mumkin. Hech qanday issiqlik almashtirgich talab qilinmaganligi sababli, to'g'ridan-to'g'ri kontaktli saqlash tizimlari ixcham va yuqori quvvatga ega. Ammo bu tizimlarni tartibga solish qiyin va faza o'zgaruvchi materialning to'liq qotib qolishiga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Bu holat quvvatni pasaytiradi. Oqilona issiqlikni saqlashga imkon beruvchi faza o'zgaruvchi materialning to'liq qotib qolishi faqat katta texnik o'zgarishlar bilan (masalan, aylanma yo'lni o'rnatish orqali) mumkin. Ammo aloqa maydoni kamayganligi sababli, bu ham imkoniyatlarni kamaytiradi. 5.6.14-rasmda to'g'ridan-to'g'ri kontaktli saqlash tizimining asosiy dizayni ko'rsatilgan.



5.6.14-rasm. To'g'ridan-to'g'ri aloqa saqlash tizimi.

Issiqlik tashuvchi suyuqlik va fazani o'zgartiruvchi materialning aloqa qilishiga imkon beruvchi yana bir saqlash konsepsiyasi aralashmalar hisoblanadi. Fazani o'zgartiruvchi material qotib qolgan bo'lsa ham, aralashmalarni nasos orqali tortish mumkin. Bu shuni anglatadiki, aralashmalar issiqlik energiyasini saqlash va bir vaqtning o'zida issiqlik yoki sovuqni tarqatish uchun ishlatilishi mumkin. Ushbu ilovalarda ular odatda fazani o'zgartirish aralashmalari deb ataladi. Muz aralashmalari bilan issiqlik tashuvchi suyuqlik va fazani o'zgartirish uchun ishlatiladigan material bir xil moddadan tayyorlanadi.



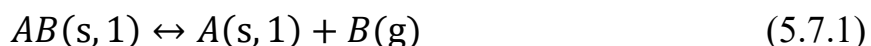
5.6.15-rasm. Aralash saqlash tizimi.

Emulsifikatorlar bilan birlashtirilgan turli xil gidrofillikdagi moddalarni o‘z ichiga olgan emulsiyalardan ham foydalanish mumkin. Bunga qo‘shimcha ravishda, aralashmaning hali ham nasos bilan tortilishini ta‘minlash uchun issiqlik tashuvchisi suyuqligiga mikro-kapsullangan fazani o‘zgartirish materiali mutanosib ravishda qo‘shilishi mumkin. Ammo bu holda, nasosning inkapsulyatsiyaga zarar yetkazmasligi uchun ehtiyot bo‘lish kerak. Qo‘llanmalarda fazani o‘zgartiruvchi materialning ulushi odatda 20 dan 40% gacha yoki istisno hollarda 60% gacha. Issiqlik tashuvchi suyuqlikning ulushi qanchalik past bo‘lsa, yopishqoqlik shunchalik yuqori bo‘ladi. Yuqori yopishqoqlik ko‘proq nasos quvvatini talab qiladi. Bu o‘z navbatida xarajatlarni oshiradi. Moddalar kompozitda tashilganligi va natijada harorat darajasi nisbatan o‘zgarmasligi sababli, bu tizimlar an‘anaviy tushunchalarga qaraganda kamroq eksergiya yo‘qotishlariga ega. Bu aralashma saqlash tizimlari juda yuqori quvvatga ega bo‘lishi mumkinligini anglatadi. 5.6.15-rasmda loyni saqlash tizimining asosiy dizayni ‘rsatilgan.

5.7. Termokimyoviy-energiya saqlash tizimlari

Termokimyoviy-energiya saqlash tizimlari qaytariladigan kimyoviy jarayonlar yoki fizik sirt reaksiyalarining reaksiya energiyasidan foydalanadi. Ular, ayniqsa, yuqori energiya zichligiga ega. Jarayonning qaytarilishi bu yerda asosiy omil hisoblanadi. Bundan tashqari, energiya issiqlik emas, balki reaksiya energiyasi sifatida saqlanadi. Natijada, zaryadlash vaqtida termal yo‘qotishlar bo‘lmaydi. Texnik jihatdan hech bo‘lmaganda, bu juda uzoq vaqt saqlashga imkon beradi. Ammo iqtisodiy sabablarga ko‘ra, termokimyoviy saqlash tizimlari kamdan-kam hollarda amalga oshiriladi. Bo‘shatish paytida reaksiya sheriklari qayta birlashtirilganda, ekzotermik reaksiya saqlangan energiyani chiqaradi. Quyidagi muhokama termokimyoviy energiyani saqlash tizimlarini uchta toifaga ajratadi: kimyoviy jihatdan qaytariladigan jarayonlar, adsorbsion saqlash tizimlari va yutilishni saqlash tizimlari.

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlarida, ideal holda, kondensatsiyalangan AB birikmasining endotermik va teskari dissotsiatsiyasi natijasida ikkita reaksiya mahsuloti paydo bo‘ladi: kondensatsiyalangan reaksiya mahsuloti A va kondensatsiyalangan reaksiya mahsuloti B gazsimon shaklda. s, l va g qisqartmalari reaktivlarning, ya‘ni qattiq, suyuq va gazsimon agregat holatlarini ko‘rsatish uchun ishlatiladi.:



Reaksiya mahsulotlarini osongina ajratish mumkin, chunki ular turli agregat holatlarida. Bu, shuningdek, mahsulotlarni yo‘qotishlarsiz yoki teskari reaksiyalar xavfisiz saqlashga imkon beradi. Ammo energiyani saqlash zichligi gazlarni saqlash uchun zarur bo‘lgan hajmga kamayadi. Bu muammoni odatda gaz fazasini kondensatsiya qilish yoki gazsimon komponentlarni atmosferaga chiqaradigan va

keyin kerak bo'lganda ularni atmosferadan qayta so'rib oladigan “ochiq” tizim yordamida hal qilish mumkin.

Qaytariladigan kimyoviy jarayonlar

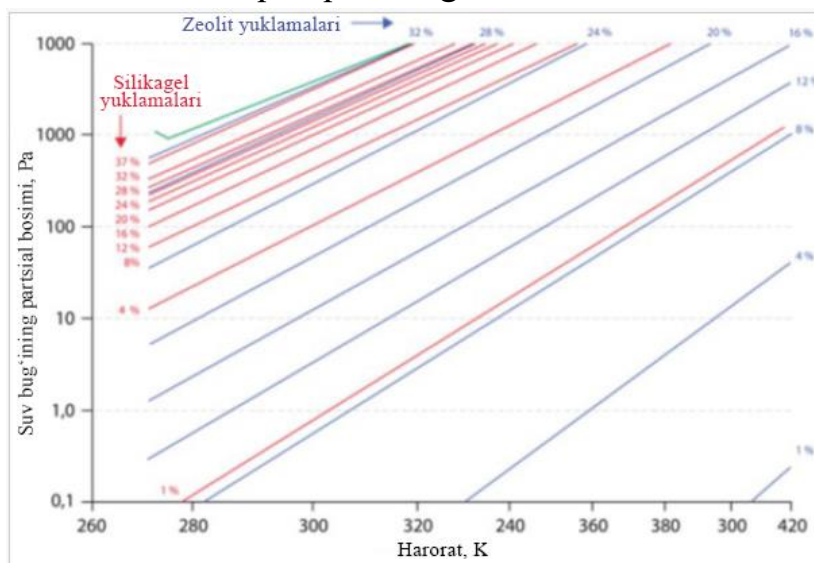
Asosan, termokimyoviy-energiya saqlash tizimlari har qanday qaytariladigan kimyoviy reaksiyadan foydalanishi mumkin. Bu yerda hal qiluvchi mezon mahsulot va hosilalar termodinamik muvozanatda bo'lgan muvozanat haroratidir. Saqlash-tizimining zaryadsizlanishi (ekzotermik reaksiya) muvozanat haroratidan past haroratda sodir bo'ladi. Ammo zaryadlash (endotermik reaksiya) yuqori haroratlarda sodir bo'lishi kerak.

Adsorbsion saqlash tizimlari

Adsorbsiya - bu odatda g'ovak adsorbent yuzasida molekulalarning (adsorbatlarning) fizik to'planishi. Kimyoviy reaksiyalardan farqli o'laroq, belgilangan muvozanat harorati yo'q. Chiqarilgan issiqlik adsorbentdagi to'planish joylarida o'zgaruvchan bog'lanish energiyasi bilan belgilanadi va natijada doimiy emas. Adsorbsion saqlash tizimining saqlash zichligi adsorbatning bug'lanish entalpiyasi, adsorbat va adsorbent o'rtasidagi bog'lanish kuchlari va zaryadlash va tushirish harorati o'rtasidagi yuk ko'taruvchisi bilan belgilanadi.

Absorbsion saqlash tizimlari

To'planish yordamida adsorbsiyadan farqli o'laroq, so'rilish bilan molekula changni yutish bosqichiga o'tadi. Bu jarayonda adsorbat erituvchiga (absorbent) erigan eruvchan materialdir. To'g'ri aytganda, hech qanday kimyoviy jarayonlar sodir bo'lmagani uchun, so'rilish kimyoviy jarayon emas. Buning o'rniga, bu suyuqlashtirish jarayoni. Absorbentlar suyuqlikdir (masalan, suv bug'ini o'ziga singdira oladigan tuz eritmaları), ammo adsorbentlar qattiq, mikrog'ovak materiallardir.



5.7.1-rasm. Silikagel/suv va zeolit/suv uchun izosterlar diagrammasi.

Yutish bilan energiyani saqlash zichligi absorbatning molyar massasi, absorbentning yaqinligi va agregat holati va absorbat bilan belgilanadi.

Termokimyoviy jarayonlar uchun saqlash materiallari

Termokimyoviy jarayonlar uchun qo'llaniladigan saqlash materiallari ham uchta toifaga bo'linadi: kimyoviy jihatdan qaytariladigan reaksiyalar uchun materiallar, adsorbsion materiallar va yutilish materiallari. Termokimyoviy saqlash tizimlarida sodir bo'ladigan reaksiyalarni ularning reaksiya muvozanatlari bo'yicha tasniflash mumkin.

Bu muvozanatlar odatda bosim va harorat bilan belgilanadi. Magniy oksidi va suv kabi ma'lum bir moddaning kombinatsiyasi bilan ma'lum bir reaksiya muvozanatiga ma'lum bir harorat va bug'ning qisman bosimida erishiladi. Ushbu muvozanatlar quyidagicha nomlanadi:

- izotermalar (bir xil haroratdagi egri chiziqlar);
- izobarlar (bir xil bosimdagi egri chiziqlar);
- izosterlar (suv miqdori bir xil bo'lgan egri chiziqlar).

5.7.1-rasmda bir xil suv tarkibidagi egri chiziqlar ko'rsatilgan. Maksimal tarkib izosterlar bug' egri chiziqlariga yaqinlashganda olinadi. Keyin havo bug' bilan to'yingan bo'ladi. Bu shartlar suv tarkibini maksimal darajada oshiradi. Silikagel uchun 37%, zeolit uchun esa 32% ni tashkil qiladi. Ushbu turdagi adsorbsion tizimlar bilan shuni ta'kidlash kerakki, izosterlarning ko'payishi suv tarkibiga qarab o'zgaradi. Bu, odatda, kimyoviy reaksiyalar bilan bog'liq emas.

Diagramma shuni ko'rsatadiki, doimiy bosimda pastroq tarkibni olish (saqlash uchun ishlatilganda zaryadlash jarayoniga teng) silika jelga qaraganda zeolit bilan sezilarli darajada yuqori haroratni talab qiladi. Ammo zeolitni tushirish haroratning oshishiga olib keladi.

5.7.1-jadval

Kimyoviy qaytariladigan reaksiyalar uchun materiallar

Reaksiya turi	Tenglama	Muvozanat harorati (1 bar) °C	Energiyani saqlash zichligi kVt·s/kg
Tuz-gidrat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$	122	0.463
	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	174	0.091
Gidroksid	$\text{Mg}(\text{OH})_2 \leftrightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	268	0.372
	$\text{Ca}(\text{OH})_2 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	521	0.373
Karbonat	$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$	896	0.463
	$\text{BaCO}_3 \leftrightarrow \text{BaO} + \text{CO}_2$	1,497	0.298
Metall gidrid	$\text{MgH}_2 \leftrightarrow \text{Mg} + \text{H}_2$	293	0.834

Katalitik reaksiyalar	$\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{SO}_2 + 0.5\text{O}_2$	767	0.340
Bug' o'zgarishi	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	687	1.672

5.7.2-jadval

Adsorbsion materiallar

Adsorbent	Maksimal tarkib $\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{adsorbent}}$	Adsorbsion entalpiya $\text{kVt}\cdot\text{s}/\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}$	Energiya zichligi $\text{kVT}\cdot\text{s}/\text{kg}_{\text{adsorbent}}$
Zeolit 13X	0.32	0.964	0.308
Silikagel qurituvchi shariklari	0.37	0.758	0.280

Qaytariladigan kimyoviy reaksiyalar

Kimyoviy qaytariladigan reaksiyalar uchun saqlash materiallari atrof-muhit haroratidagi muvozanat harorati va reaksiyada aylanadigan energiya miqdori bilan farqlanadi. Bu parametrlar 5.7.1-jadvalda keltirilgan. Bu yerda sanab o'tilgan energiyani saqlash zichligi reaktivlarning massasiga asoslanadi va ular erishish mumkin bo'lgan maksimal darajalarni ko'rsatadi. Bariy karbonatning bariy oksidiga reaksiyasi 1497 °C gacha bo'lgan eng yuqori haroratga olib keladi. Nazariy jihatdan eng yuqori energiya saqlash zichligi metan va suvning uglerod oksidi va vodorodga bug' reformatsiyasi natijasida hosil bo'ladi. Ideal holatda, bu yerda zichlik 1 672 $\text{kVt}\cdot\text{s}/\text{kg}$ ni tashkil qiladi. Ammo issiqlik energiyasini saqlash tizimlarida bunday turdagi reaksiyalarni amalda qo'llash hali ham keng qamrovli rivojlanish va tadqiqotlarni talab qiladi.

Adsorbsiya

Adsorbsion jarayonlar termokimyoviy saqlash reaksiyasining bir turi sifatida tasniflanadi. Eng keng tarqalgan adsorbentlar zeolit va silikageldir. 5.7.2-jadvalda bir qator materiallar uchun maksimal suv miqdori va energiya zichligi ko'rsatilgan. Shuningdek, bu yerda sanab o'tilgan energiyani saqlash zichligi maksimal erishish mumkin bo'lgan darajalarni ko'rsatadi.

Adsorbsion jarayonlarda adsorbentlarning asosiy mezoni materialning o'ziga xos sirt maydonidir. Yer yuzasida qancha ko'p suv to'planishi mumkin bo'lsa, saqlanishi mumkin bo'lgan energiya miqdori shunchalik ko'p bo'ladi. 5.7.3-jadvalda har xil adsorbsion materiallarning o'ziga xos sirt maydonlari grammiga m^2 ga teng.

5.7.3-jadval

Adsorbsiya uchun materiallar va ularning sirt maydonlari

Adsorbent	Kimyoviy molekulyar formula	Maxsus sirt maydoni m^2/g
-----------	-----------------------------	---

Alyuminiy oksidi	Al_2O_3	100-400
Adsorber slomalar	Masalan, stirol	100-800
Silikagel	SiO_2	500-800
Uglerod molekulyar g'alvir	C (antrasit)	500-1,000
Zeolit	Al_2O_3 , SiO_2	800-1,200
Faollashgan uglerod	C	800-2,000

Lekin erishish mumkin bo'lgan tushirish harorati maxsus adsorbsion entalpiya yoki bog'lanish energiyasi (adsorbsiya entalpiyasi minus bug'lanish entalpiyasi) bilan belgilanadi. Bu shuni anglatadiki, ba'zi sharoitlarda ma'lum adsorbentlar juda katta miqdordagi suvni o'zlashtira oladi. Suv adsorbent bilan juda erkin bog'langanligi sababli, saqlash tizimi tomonidan chiqariladigan foydali issiqlik miqdori nisbatan kichik.

5.7.4-jadval

Absorbsion materiallar

Adsorbent	Absorbatsiya qilish	Absorbsiya entalpiyasi $\text{kJ/mol}_{\text{absorbate}}$	Molyar massa $\text{g/mol}_{\text{absorbate}}$	Energiyani saqlash zichligi $\text{kVt}\cdot\text{s/kg}_{\text{absorbate}}$
$\text{H}_2\text{O(l)}$	LiBr(s)	49.04	86.85	0.157
$\text{H}_2\text{O(l)}$	$\text{NH}_3\text{(g)}$	34.18	17.03	0.558
$\text{H}_2\text{O(l)}$	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{(l)}$	95.28	98.08	0.270

Absorbsiya

5.7.4-jadvalda turli changni yutish moddalari ularning molyar massalari, yutilish entalpiyalari va energiyani saqlashning nazariy zichligi bilan birga keltirilgan. Adsorbentlar, umuman olganda, juda past bog'lanish energiyasiga ega. Bu qattiq adsorbentlarga qaraganda tushirish vaqtida kichikroq harorat ko'tarilishiga olib keladi.

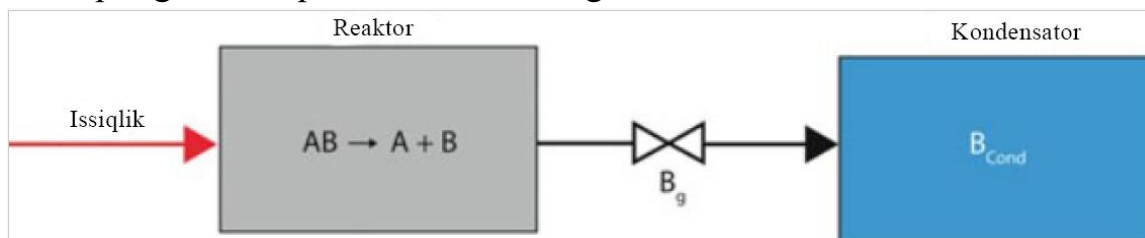
Dizaynlar

Yashirin (latent) issiqlik saqlash tizimlari bilan solishtirganda, termokimyoviy saqlash obyektlarining dizaynlari sezilarli darajada murakkabroq. Issiqlik almashinuvidan tashqari, materiallar ham almashtirilishi kerak. Bundan tashqari, materiallar issiqlik qo'shilgan yoki chiqarilganda bir vaqtning o'zida ajratilishi yoki almashtirilishi kerak. Bu yerda muammo issiqlik va materiallarni uzatish samaradorligini maksimal darajada oshiradigan ixcham saqlash obyektlari dizaynini ishlab chiqishdir. Keng ma'noda, termokimyoviy-energiya saqlash obyektini loyihalashning ikkita lentasi mavjud: muhrlangan va ochiq tizimlar.

Muhrlangan tizimlar, odatda, har qanday turdagi gazsimon komponentlardan foydalanishga imkon beruvchi vakuumli muhrga ega havosiz tizimlardir. Reaksiya uchun vakuumda juda past bosim talab qilinadi. Ammo gazsimon komponentlar zaryadlash jarayonidan keyin tizimda saqlanishi kerak. Saqlash uchun zarur bo'lgan

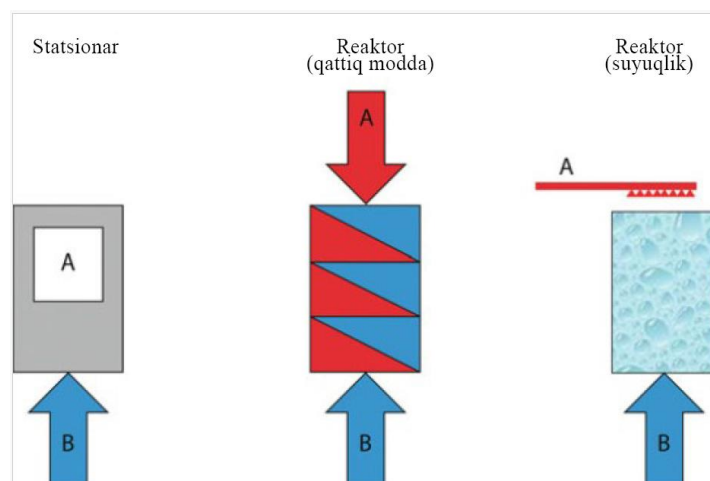
hajmni kamaytirish uchun B komponentlari siqilishi mumkin. 5.7.2-rasmda ushbu turdagi kondensatorning asosiy dizayni ko'rsatilgan.

Teskari reaksiya uchun B komponentlari yana bug'lanishi kerak. Bu bug'lanish jarayoni atrof-muhit issiqligini talab qiladi va ko'p jihatdan saqlash moslamasining foydali energiyasini yoki quvvatini aniqlaydi. Agar ular termal zaryadlangan bo'lsa, muhrlangan tizimlar reaktordagi reaksiya entalpiyasini chiqarish orqali issiqlikni ta'minlashi yoki kondensatorda bug'lanish issiqligini yutish orqali sovuqni ta'minlashi mumkin. Zeolit/suvning moddiy birikmasi bilan, masalan, kondensator tomonidan ishlab chiqarilgan sovuq muz hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin.



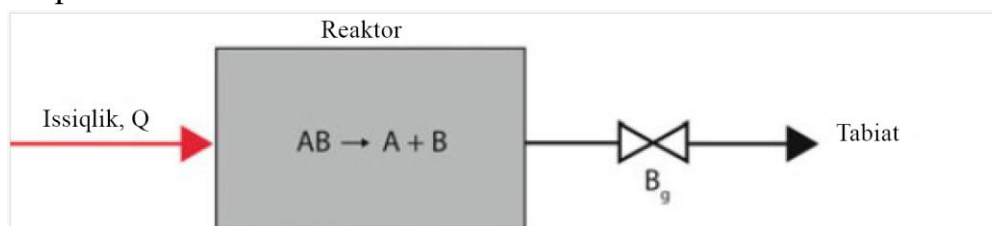
5.7.2-rasm. Gaz komponentli kondensator dizayni.

Ochiq tizimlarda bu komponentlar atmosferada bo'lishi kerak. Ular zaryadlash vaqtida chiqariladi va keyin zaryadsizlanish vaqtida qayta so'riladi. Ochiq tizimlar bilan turli dizaynlardan foydalanish mumkin. Ular eng oddiy va eng kam xarajatli bo'lganligi sababli, qattiq yotoq dizaynlari eng keng tarqalgan. Adsorbent bu yerda plomba shaklida bo'ladi. Adsorbat (odatda suv bug'i) u orqali atrof-muhit bosimida oqadi (5.7.3-rasm). Boshqa reaktor konstruksiyalari qattiq yoki suyuq sorbentning massa oqimini adsorbat oqimi bilan almashtiradi. Ushbu reaktorlarning afzalligi shundaki, quvvat va saqlash quvvati ajratilgan. Quvvat reaktorning o'lchamiga qarab belgilanadi, lekin sig'im sorbentni saqlash idishining o'lchamiga qarab belgilanadi. Amalda, bu turdagi reaktorlar odatda faqat suyuqlik reaksiyasi birikmalari bilan qo'llaniladi. Qattiq zeolitdan foydalanadigan adsorbsion saqlash tizimlarida, masalan, hosil bo'lgan mexanik kuchlanish zeolitni reaktorga tashishda katta muammo tug'diradi. Ochiq adsorbsion tizimlar bilan saqlash tizimi ichidagi gaz komponentlari B uchun umuman saqlash kerak emas. Ideal holda, ular atrof-muhit havosida vaqtincha saqlanishi mumkin bo'lgan atmosferaning tarkibiy qismlaridir. Bu energiyani saqlash zichligini olib tashlangan hajmning ulushiga oshiradi (bu gaz komponentlarini saqlash uchun ishlatilgan). Ammo shuni yodda tutish kerakki, ochiq adsorbsion saqlash tizimini zaryadsizlantirish uchun atmosferada gazzimon komponentlar B ning etarli konsentratsiyasi mavjud bo'lishi kerak. (5.7.4-rasm).



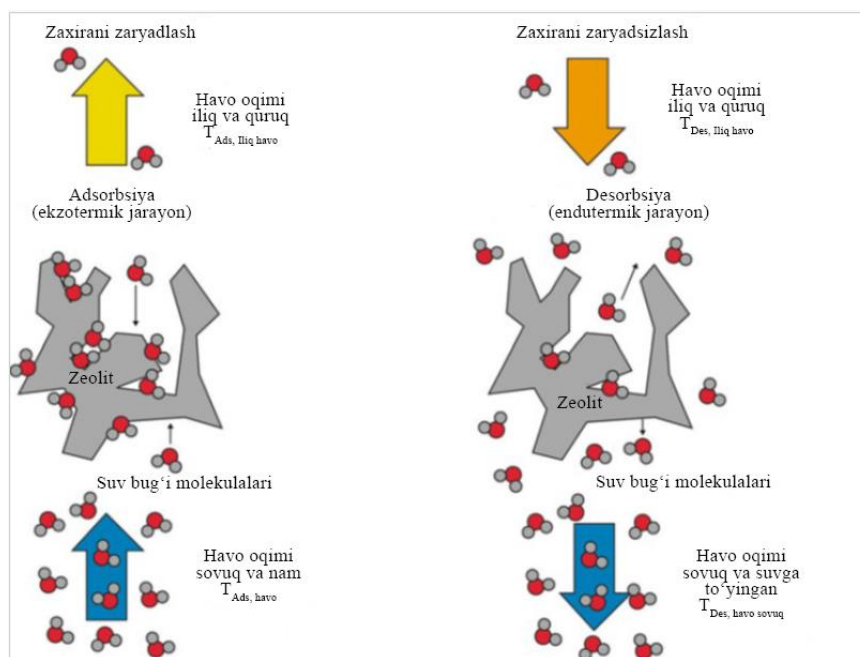
5.7.3-rasm. Har xil ochiq, termokimyoviy saqlash inshootlari dizaynlari.

Zeolit/suv tizimi ochiq, adsorbsion saqlash dizaynining eng keng tarqalgan turi hisoblanadi. Bu kimyoviy reaksiyadan ko‘ra ko‘proq jismoniy jarayon. Ushbu saqlash tizimining ishlash printsiplari mikro g‘ovakli zeolitda elektrostatik kuchlar ta‘sirida suv bug‘ining adsorbsiyasiga asoslangan (5.7.5-rasm). Bu jarayon saqlash tizimida zaryadsizlanish jarayoni sifatida ishlaydi. Bu yerda adsorbsion entalpiya issiqlik shaklida chiqariladi.



5.7.4-rasm. Atmosfera-gaz komponentlarini loyihalash.

Saqlash tizimini zaryad qilish uchun qo‘shimcha issiqlik talab qilinadi. Bu issiqlik zeolitda to‘plangan suvni chiqaradi va keyin bug‘lanadi. Ishlab chiqarilgan bug‘ tashuvchi vosita sifatida havo yordamida atmosferaga chiqarilishi mumkin, bu esa vaqtincha saqlash zaruriyatini yo‘q qiladi. Ammo saqlash tizimini bo‘shatish uchun yetarli darajada nam havo oqimi mavjud bo‘lishi kerak. Natijada, bu issiqlik saqlash tizimi quritish jarayonlari uchun juda mos keladi. Bu jarayon allaqachon ko‘plab zamonaviy idishlarni yuvish mashinalarida qo‘llaniladi. Samarali termokimyoviy saqlash tizimini loyihalash bo'yicha tadqiqotlar hozirgi vaqtda yangi saqlash materiallarini ishlab chiqishga qaratilgan. Bu yerda maqsad talab qilinadigan haroratlarda reaksiya entalpiyasini (yoki sorbsiya entalpiyasini) maksimal darajada oshirishdir.



5.7.5-rasm Zeolit/suv saqlash tizimi.

Sorbsiyani saqlash tizimlari bo'yicha tadqiqotlar hozirda qo'llanilayotgan adsorbentlarni optimallashtirishga, shuningdek, AlPO, SAPO va MOF kabi yangi adsorbent sinflarini ishlab chiqishga qaratilgan. Germaniya va boshqa mamlakatlar olimlari suyuq va qattiq adsorbent birikmalarini (kompozitsion materiallar deb ataladi) ham tadqiq qilmoqdalar. Sorbsiya jarayonlaridan tashqari, tadqiqotchilar yuqori haroratli ilovalar va mavsumiy issiqlik saqlash uchun qo'llaniladigan boshqa kimyoviy reaksiyalarni ham o'rganmoqdalar.

Tegishli materiallar birikmalari, shuningdek, qo'llash sharoitida ularning barqarorligi va qarish mexanizmlarini aniqlash uchun sinovdan o'tkazilmoqda.

Saqlash materiallaridan tashqari, tadqiqotning yana bir muhim yo'nalishi - termokimyoviy saqlash tizimi reaktorini loyihalash. Bu yerda maqsad issiqlik quvvatini optimallashtirish va ideal holda xarajatlarni kamaytirishdir, masalan, zarur bo'lgan yordamchi energiyani minimallashtirish. Har xil turdagi saqlash reaktorlari uchun ularning potensial afzalliklarini baholash uchun modellashtirish vositalari ishlab chiqilmoqda.

5.8. Issiqlik akkumulyatorlari

Ma'lumki energiya manbalarining yerdagi zaxiralari chegaralangan. Agar yoqilg'ining bir yil davomida sarf qilish darajasi 2000 yillarga mo'ljallangan miqdorda (25 milliard tonna) olinsa va undan hozirgi darajada foydalanib borilsa, ularning zaxirasi 140-150 yil davomida iste'mol qilishga yetishi mumkin. Bu tarixan juda qisqa muddatdir, albatta.

Shuning uchun ham yoqilg'i energetika balansini 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, Talimarjon 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 keying yillarda quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan qurilmalarning kompleks dasturiga asosan 20 dan ortiq quyosh qurilmalarining loyihasi ishlab chiqildi. Jumladan, geliotexnik olimlar Qrimda energiya ishlab chiqarish darajasi 500 MVt soat bo'lgan quyosh qurilmalarini ishga tushurdilar. O'zbekiston fanlar akademiyasi Fizika-texnika instituti tomonidan yaratilgan yuqori temperaturada ishlaydigan quyosh peshi amaliy sinovdan o'tkazilib ishlab chiqarishga tavsiya etildi.

Xalq xo'jaligida, ayniqsa qishloq xo'jaligida quyosh energiyasidan foydalanish borasida bir qator quyosh qurilmalar qurilib sinovdan o'tkazildi. Jumladan, quyosh energiyasi hisobiga ishlaydigan geliosovitgichlar, xonalarni 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 chuchutgichlari, chigit nurlantiruvchi konsentratorlar, quyosh quritgichlari, quyosh issiqxonalari va parniklari hamda shularga o'xshash qurilmalarni kiritish mumkin.

Markaziy Osiyoning, xususan, Respublikamizning janubiy hududlarida parnik va issiqxonalarni quyosh nuri yordamida isitish va shuning hisobiga bir qism yoqilg'ini tejash imkoniyati mavjuddir. Masalan, geografik kengligi 39° bo'lgan joylarda isitiladigan issiqxonalarning bir kvadrat metr ekin maydoni uchun 1 yilda 2500-3500 kg shartli yoqilg'i (toshko'mir) yoki 110-120 m³ gaz sarflanadi.

Demak, quyosh energiyasidan ratsional miqdorda foydalanish, 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 ishlatiladi.

Shuning uchun ham bu yerda 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 kecha-yu kunduz davomida amalga oshrilishi uchun ularga issiqlik akkumulyatorini joylashtirish kerak bo'ladi.

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 uzun bo'lganligi uchun quyoshdan energiya tushish davri ham uzun (yer sirti 14 soat davomida yoritilib turadi), qish oylarida esa qisqa (yer sirti 9 soat davomida yoritilib turadi) bo'ladi. Qish oylari quyoshning ogish burchagi manfiy qiymatlarni olgani uchun uning balandligi ham kamayadi. Demak, energiya ko'proq olishi 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.

Masalan, Qarshi tumani 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:

$$Q_m = K^m Q_0$$

K - atmosferaning tiniqlik koeffitsienti, m - quyosh nuri o'tadigan atmosfera massasi.

Ma'lumki, atmosferaning massasi 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 hududlarida 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 qurilma 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 tizimlarida asosan ikki xil akkumulyatordan foydalaniladi: 1- oʻziga issiqlikni qabul qilib oluvchi - issiqlik sigʻimli akkumulyatorlar, 2) kimyoviy (izotermik) akkumulyatorlar.

Issiqlik akkumulyatorlarda issiqlik toʻplovchi modda sifatida tuproq, qayroq tosh, gisht, suv, beton, qum kabilar ishlatiladi.

5.8.1-jadvalda issiqlik sigimli akkumulyatorlarda foydalanish mumkin boʻlgan moddalarning baʼzi bir konstantalari (doimiy miqdorlari) berilgan.

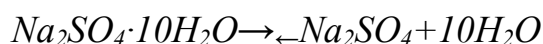
5.8.1-jadval

Moddalar	λ , W/t °C	C, Kj/Kg °C	α , kg/m ³	$\alpha \cdot 10^2$ m ³ /s
Suv	1,2	1	2500	0,2
Shagʻal	0,361	0,22	1840	0,00136
Beton	1,280	1,20	2000	0,00494
Pishiq gʻisht	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 koʻrinib turibdiki, issiqlik sigʻimli akkumulyatorlar uchun eng qulay modda suv ekan, chunki suvning issiqlik sigʻimi boshqa moddalarga qaraganda kattadir.

Olimlarning tekshirishiga koʻra, qayroq toshli akkumulyatorlardan foydalanayotgan toshlarning diametri 2,5-3,5 sm boʻlishi kerak ekan. Aks holda issiqlik qabul qiluvchi yuza kamayib, akkumulyatorlarda gidravlik qarshilik kattalashadi va havoni haydaydigan ventilyatorlar quvvatini oshirishga toʻgʻri keladi.

Kimyoviy akkumulyatorlarda issiqlik toʻplanishi va qaytib berilishi toʻplovchi moddalarning agregat holatlari oʻzgarishiga asoslangan boʻladi. Maʼlumki, moddalar agregat holatlarining oʻzgarishi doimiy temperaturada sodir boʻlgani uchun bunday akkumulyatorlar “izotermik akkumulyatorlar” deb ham yuritiladi. Masalan, sulfat natriy kristallogidрати kimyoviy oʻzaro reaksiya natijasida issiqlikni akkumulyatsiyalaydi:



Bunda, uning temperaturasi 32,3 °C da saqlanadi va sekinlik bilan tarkibida suv miqdori yoʻqolib qiziydi. 5.8.2-jadvalda toʻplovchi (akkumulyatsiyalovchi) modda sifatida foydalanish mumkin boʻlgan baʼzi noorganik tuzlar gidratlarning yashirish issiqligi keltirilgan. Issiqlik sigʻimli akkumulyatorlar bilan kimyoviy akkumulyatorlarni solishtirish shuni koʻrsatdiki, ularda bir xil miqdorda issiqlik toʻplash uchun turli hajmli modda olish zarur va teskarisiga 1m³ hajmli modda turli xil energiya toʻplaydi. Masalan: 303 K da 1m³ suvda 126000 kJ/m³ ; natriy sulfati dehidratida 357000 kJ toʻplanadi. Bu suvda toʻplanadigan energiyadan qariyb 62,8

marta ko‘p demakdir. Shuni ko‘rsatib olish kerakki, geliouylar va gelioissiqxonalarni isitish uchun qurilgan akkumulyatorlarda issiqlik eltuvchi modda sifatida asosan issiq nam havodan, ba’zi hollardagina suvdan foydalaniladi.

5.8.2-jadval

Aralashma	Erish harorati, T, K	Erishilgan issiqlik, kJ/kg
$CaCl \cdot 6H_2O$	302-303	214,3
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	305-319	260,8
$Na_2CO_3 \cdot 12H_2O$	309	266,5
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	313-315	200
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	305	243,5
$Na_2SO_4 \cdot 5H_2O$	322-325	200

Uylarni isitish uchun mo‘ljallangan issiqlik akkumulyatorlaridan gelioparnik va gelioissiqxonalarda ham keng foydalanish mumkin. Quyosh energiyasini elektr akkumulyatorlarida ham to‘plash mumkin. Elektr akkumulyatorlari quyosh elektrostansiyalari hududida 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 energiya 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 akkumulyatomi 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 energiya 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, gelioquritkich va boshqa qurilmalarda issiqlik-texnikaviy hisoblash ishlarini olib borish hamda barcha qoplama devorlar uchun issiqlik oqimining kam yo‘qotilishini ta’minlash kerak.

Tajribada ma'lum bo'lishicha, gelioissiqxona va gelioquritgichning janubga qaratilgan tiniq yuzalari bir qavat shisha yoki polietilen plyonka bo'lsa, qurilma tezda sovib qoladi. Shuning uchun, bunday gelioqurilmalarning shimol tomoni bir necha qatlamdan iborat issiqlik o'tkazmaydigan 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.

$$\sum Q_y = Q_m + Q_n + Q_\varphi + Q_t$$

bu yerda, $\sum Q_y$ - jami yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_m - shisha yuza orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; $Q_m - Q_n$ - issiqxonaning tiniq bo'lmagan yuzasi orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_φ - asos orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori; Q_t - tirqishlar orqali yo'qotiladigan issiqlik miqdori.

Bunday hollarda jami yuzalarning issiqlik uzatish koeffitsienti $K=1,2-1,9 \text{ Wt/m}^2\text{K}$ bo'lsa issiqlik yo'qolishi minimal miqdorda bo'lishiga erishiladi.

Tajribalar ko'rsatishicha, gelioissiqxonalarning tiniq yuzalari orasidagi qatlam qalinligi 4 sm va 6 sm li 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:

$$\sum Q_{ak} + Q_{tup} + Q_{ekin} \quad (5.8.1)$$

bu yerda, Q_{ak} - qayroq toshli issiqlik akkumulyatorda 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 , 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:

$$Q_{ak} = XF_k(t_1 - t) \quad (5.8.2)$$

bu yerda, X - Shaku davri bo'yicha issiqlik uzatish koeffisienti, $t_1 - t_n$ davridagi akkumulyator kanalida qizdirilgan havoning o'rtacha temperaturasi, F_k - kanallning ichki sath (yuzasi) maydoni; t' - kanal devorlarining o'rtacha temperaturasi.

Akkumulyatorning to'liq ish davri

$$T = \tau_H - \tau_{ox} \quad (5.8.3)$$

bu yerda, τ_H – akkumulyator zaryadkasi davri, τ_{ox} - akkumulyatorning elektrsizlanish davri. X ning koeffisientini aniqlash uchun Rummel formulasini qo'llaymiz: ζ – akkumulyator yonma-yon turgan kanallar o'rtasidagi masofa.

Ψ - Gerber funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Psi(F_o) = \sqrt{\frac{F_o}{2\pi}} \sqrt{\frac{ch \sqrt{\frac{4\pi}{F_o} - \cos \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}}}}{ch \sqrt{\frac{4\pi}{F_o} + \cos \sqrt{\frac{4\pi}{F_o}}}}} \quad (5.8.4)$$

bu yerda, F_o - Fure va Rovna kriteriysi. $F_o = \frac{\alpha\tau_0}{X^2}$ funksiyani devorlaridan foydalanish koeffisientidan hisoblanadi va 0,92-0,24 chegarasida (atrofida) namoyon bo'ladi: Tuproq va beton uchun u 0,68 ga teng. ζ - Rummel formulasi bilan hisoblanadigan o'lchovsiz koeffisient.

$$Q_{max} - Q_{min} = \zeta(Q_H - Q_{ox}) \quad (5.8.5)$$

Bu yerda, $Q_H - Q_{ox}$ va $\tau_H - \tau_{ox}$ - davrda davrdagi akkumulyatordagi kanal devorlari yuzining o'rtacha temperaturasi. $Q_{max} - Q_{min}$ - qizitish va sovitish davrining oxirida kanal devorlarining maksimal va minimal temperaturasi.

Butun isitish zichligi orqali zaryadlash va zaryadsizlash davrida akkumulyator devorlari va havo o'rtasida issiqlik almashinuvida ishtirok etadigan umumiy issiqlik miqdorini quyidagi formulada ifodalanadi:

$$a) \text{ zaryadlash davrida } Q = \alpha\tau_H F_e(t-Q) \quad (5.8.6)$$

$$b) \text{ elektrsizlash davrida } Q = \alpha\tau_{ox}(Q-t) \quad (5.8.7)$$

bu yerda, F_e - kanal devorlarining yuzasi. Bu formulaga kiradigan α va α' issiqlik uzatish koeffisienti quyidagi teoremdan (nazariyadan) foydalanib aniqlash mumkin.

Issiqlik akkumulyatori ichida uning yuzasiga (sirtida) havo bilan tarqaladigan issiqlik uzatilishini hisoblash uchun Bio $B_i = \frac{\alpha d}{\lambda}$ va Pekle $P_e = \frac{\sigma d}{a}$ kriteriysini qo'llaymiz. Bu yerda, d - kanal diametri, α -v havoning ms dagi harakat tezligi, α - temperatura uzatuvchanlik koeffisienti.

Temperatura uzatuvchanlik koeffisienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C_p \gamma_e} 9 \quad (5.8.8)$$

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'lanishini olamiz.

$$B_i = f(P_e) \quad (5.8.9)$$

bunda,

$$\gamma = \frac{\lambda}{d} f\left(\frac{\sigma d}{q}\right) \quad (5.8.10)$$

Nusselt tadqiqotlari bo'yicha:

$$\gamma = c\lambda^{0,4}d^{-0,21}(\sigma c\gamma)^{0,79}$$

Demak,

$$f = \left(\frac{\sigma d}{q}\right) = C \left(\frac{\sigma d}{q}\right)^{0,79} \quad (5.8.11)$$

bu yerda, C – koeffisient taxminan 18 ga teng.

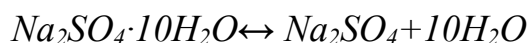
X va C_l , γ kattalikdagi bosim va nam havo temperaturalarini Shaku qizqartirib quyidagi holatga keltirildi.

$$\gamma = \frac{3\sigma^{0,8}}{4\sqrt{d_m}} (k\text{kal}/m^2\text{soat } ^\circ K) \quad (5.8.12)$$

Bu yerda, d_m – kanalning ekvivalent diametri.

5.9. Kimyoviy issiqlik akkumulyatori

Kimyoviy akkumulyatorlarda issiqlik to'planishi va qaytib berilishi to'plovchi moddalarning agregat holat o'zgarishiga asoslangan bo'ladi. Ma'lumki, moddalar agregat holatlarning o'zgarishi doimiy temperaturada sodir bo'lgani uchun bunday akkumulyatorlarni izotermik akkumulyatorlar deb yuritiladi. Masalan, sulfat natriy kristalli kimyoviy o'zaro reaksiya natijasida issiqlikni akkumulyatsiyalaydi.



Bunda uning temperaturasi 32,3 °C da saqlanadi va sekinlik bilan tarkibidagi suv miqdori yo'qolib qiziydi. 5.9.1-jadvalda akkumulyatsiyalovchi modda sifatida foydalanish mumkin bo'lgan ba'zi noorganik tuzlar gidratlarning yashirin issiqligi keltirilgan.

5.9.1-jadval

Aralashma	Erishish temperaturasi T, K	Erishilgan issiqlik, q _k kj/kg
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	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	243,5
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	322-325	200

Issiqlik sig'imi akkumulyatorlar bilan kimyoviy akkumulyatorlarni solishtirish shuni ko'rsatdiki, ularda bir xil miqdorda issiqlik to'plash uchun turli hajmli modda olish zarur va aksincha $1m^3$ hajmli modda turli xil energiya to'playdi. Masalan, 303 K da $1m^3$ suvda $120\,000\,kJ/m^3$, natriy sulfati dekagidratidan qaryib 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 akkumulyatori quyosh elektrostansiyalari hududida 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 qaryib yarmini akkumulyatorlarni zaryadlashga berish kerak. Keyingi yillarda ikki komponentali kompozitsion kimyoviy akkumulyatorlar tuzli gidratlardan tayyorlanib keng qo'llanilmoqda.

Quyidagi 5.9.2-jadvalda qo'llaniladigan kompozitsion tuz gidratlaridan ayrimlarining tarkibi tuzilishi va issiqlik fizikaviy xarakteriskalari keltiriladi.

5.9.2-jadval

Issiqlik akkumulyatori sifatida ishlatiladiga organik bo'lmagan birikmalar va kompozitsiyalar

Tarkibi, nisbiy mas %	$T_m\,^{\circ}C$	$\Delta H_m/J/g$	$\rho,$ g/sm^3
$CaBr_2 \cdot 6H_2O$ (55) $CaCl_2 \cdot 6H_2O$	14,7	140	-
$Ca(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (51ch55)/ $LiNO_3 \cdot 3H_2O$	16,5	250	-
$LiNO_2 \cdot 3H_2O$ (52ch55)/ $LiNO_2 \cdot 3H_2O$	17,2	220	-
$CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (41,5ch52,5)/ $4H_2O$ (5,8ch9,7)/ $LiNO_3 \cdot 3N_2O$	22,3	265	-
$LiNO_2 \cdot 3H_2O$ (55ch55)/ $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	24,2	230	-
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (45) $Zn/(NO_3)_2 \cdot H_2O$	25	130	1,93
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (55ch55)/ $CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	29,2	130	-
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (55ch45) $CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	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 akkumulyatorining optimal variantini chiziqli bo'lmagan dinamik jarayonlarini va ularning funksional xarakteristikasini aniqlab, issiqlik-akkumulyator sifatida samarali foydalanishga erishish muammolli masalalardandir.

Issiqlik akkumulyator sifatida foydalaniladigan materiallar, jismlar kimyoviy elementlarning birikmalari va kompozitsion materiallardan gelioissiqxonalarda, geliouylarda va boshqa past potentsiali 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 issiqxonalari uchun polietilen plyonkalar to'ldirilgan nam tuproq, qora mazut va bitumlar bilan ishlov berilgan toshlar qum va metallarning qirindilarining yig'indisi, turli o'lchamli bochkalar va plastmassa bitumlar to'ldirilgan suv, transformatorlarda ishlatib bo'lingan yog'larida optimal o'lchamlarda hajmiy sig'implarda akkumulyatorlar tayyorlab, ulardagi issiqlik akkumulyatsiyalanish miqdorini hisoblash muhimdir.

Quyosh uylari uchun esa hozirgi paytda turli xil qurilish materiallardan ham issiqlik akkumulyatorlar sifatida foydalanilmoqda. Geilouylar uchun qurilish materiallarini issiqlik to'plovchi g'ishtlardan, organik bo'lmagan kimyoviy elementlarning birikmalaridan, shuningdek issiqlik akkumulyator sifatida foydalanish mumkin bo'lgan jismlarning issiqlik fizikaviy 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'rsatdiki, quyosh qurilmalarida sutkalik issiqlik sig'imli akkumulyatorlar va kimyoviy akkumulyatorlardan 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 hajmi ortiqcha issiqlik miqdorining $t_{yo'q}$ 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'lchamlaring akkumulyatsiyalanishdagi issiqlik almashinuviga ta'siri bo'lmaydi, faqat V - hajmiy va kimyoviy jismning sovish yuzasi F ga va $d\tau$ vaqtga bog'liq bo'ladi va fazoviy o'tish jarayonida beriladigan issiqlik miqdori

$$dQ = JF(t - t_c)dt \quad (5.9.1)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda, J - kimyoviy element yuzasidan quyosh qurilmasiga issiqlik berish koeffitsienti, $K\text{Kal}/\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{K}$; $\Delta t = t - t_c$ - kimyoviy muz eritmasidagi temperature farqi, $^{\circ}\text{C}$. Demak, kimyoviy elementlar birikmasidan tuzilgan tuz erish jarayonida uning temperaturasi pasayib boradi va natijada, $d\tau$ vaqt oralig'ida tizimning hajmiy issiq saqlash tarkibining o'zgarishi

$$dq = -V\gamma c dt \quad (5.9.2)$$

ga teng bo'ladi va kimyoviy issiqlik akkumulyatoridan quyosh qurilmalariga r vaqt oralig'ida beriladigan issiqlik miqdori

$$\tau = \frac{V}{F} \frac{\gamma c}{L} \ln \frac{t}{t_{kuy}} \quad (5.9.3)$$

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 ISSIQLIK QURILMALARI

6.1. Quyosh suv chuchitgich qurilmalari. Quyosh suv chuchitgich qurilmalarining turlari va har xil konstruksiyalari

Ilmiy-texnika taraqqiyoti natijasida insoniyat ro'baro kelgan energetik, oziq-ovqat va ekologik muammolar kabi global muammolar orasida ichimli suv muammosi eng dolzarb muammo sifatida oldinga surilmoqda. Kelajakda organik yoqilg'ilarni (eng avvalo neft va gazni) o'rnini yadroviy energiyalar yoki noan'anaviy, qayta tiklanadigan quyosh, gidravlik, shamol, geotermal, to'lqin energiyasi manbalari bilan almashtirish mumkin. Bularning barchasi mutaxassislariga energiyani ishlab chiqarish bo'yicha ertangi kun va uzoq kelajakka optimistik nazar bilan qarashga imkon beradi.

Sho'r suvlarni chuchiltirish suvning tarkibida mavjud bo'lgan turli xil tuzlarni yoki aksincha sho'r suv tarkibidan nuqul toza suv molekulalarini chiqarib olish yo'li bilan amalga oshiriladi. Suv chuchiltirish qurilmalari ikki guruhga bo'linadi. I guruh qurilmalarda chuchiltiriluvchi suvning agregat holati o'zgartiriladi, II guruh qurilmalarda esa o'zgartirilmaydi. I guruhga termik va muzlatish, II guruhga kimyoviy, membranali, ekstraksion, adsorbsion va biologik usulda chuchiltirish qurilmalari kiradi. Sho'r suv tarkibidagi tuz molekulalarining soni suv molekulalari soniga nisbatan ancha kam (30–100 marta) bo'lgani tufayli suvdan tuzlarni chiqarib olish usuli nazariy jihatdan tejamkor tuyulsa-da, lekin shu paytgacha yaratilgan va tajribadan o'tkazilgan qurilmalarda bu usul texnologik va iqtisodiy jihatdan o'zini oqlay olmagan.

Arab olimi Mas'udiy (IX asr oxiri–957-yil) atmosferada suv aylanishi to'g'risida Aristotel bergan g'oyani tajriba o'tkazish orqali tasdiqlagan edi. U juda oddiy va ishonchli tajriba o'tkazdi: dengiz suvini bug'latdi va bu bug'lardan toza kondensat oldi. Bu tajriba sho'r suvlarni chuchiltirish bo'yicha o'tkazilgan birinchi tajriba edi.

Sho'r suvlarni chuchiltirishda distillash usuli eng samarali usul hisoblanadi. Jahonda chuchiltirilayotgan umumiy suv miqdorining 96 foizi distillash, 2,9 foizi elektrodializ, 1 foizi giperfiltratsion va 0,1 foizi boshqa tur (muzlatish, ion almashuv...) qurilmalarda hosil qilinmoqda.

Bu borada quyosh suv chuchitgichlari-ning hissasi hozircha 0,05 foizni (taxminan 7000 m³/sutka) tashkil yetmoqda. Distillash suvning agregat holatini o'zgarishi bilan bog'liq. Suv qaynaganda uning erkin molekulalari issiqlik va tebranma harakat tufayli molekular bog'lanish kuchlarini yengadigan darajada energiya oladilar va suv sirtidan uchib chiqadilar. Suvning bug'lanish sirti suv molekulalari o'ta oluvchi va tuz ionlari o'ta olmaydigan filtr rolini o'ynaydi.

Hosil bo'lgan bug' tarkibida amalda tuz bo'lmaydi, shu sababli u kondensatsiyalanganda toza suv hosil bo'ladi. Issiqlik ta'sirida chuchiltirishning bu usuli distillatsiya nomini olgan. Ixtiyoriy distillatsion chuchiltirish qurilmasi bir-birovi bilan bevosita bog'liq bo'lgan bug'latgich va kondensatordan tashkil topgan.

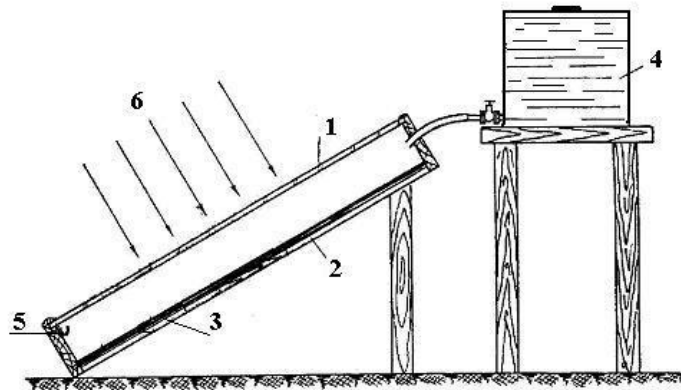
Hozirgi davrda jahonning turli mintaqalarida yoqilg'i va atom energiyasi hisobiga ishlovchi bir qancha yirik distillash qurilmalari barpo etilgan. Ular jumlasiga Gonkongdagi Syangan ($180000 \text{ m}^3/\text{sutka}$), Shevchenko ($130000 \text{ m}^3/\text{sutka}$), Yaponiyadagi Oita ($10000 \text{ m}^3/\text{sutka}$), Italiya mutaxassislari barpo etgan Sardiniya ($36000 \text{ m}^3/\text{sutka}$) kabi o'nlab majmualarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

Sho'r suvlarni quyosh energiyasi yordamida distillash yo'li bilan ham chuchildirish mumkin. Bu usul ayniqsa elektr energiyasi yetib bormagan, aholi kam va tarqoq joylashgan cho'l va sahrolarda asqotadi. Shuningdek, quyosh suv chuchitish qurilmalaridan ehtiyojga qarab aholi zichroq joylashgan hududlarda ham yakka tartibda foydalanish mumkin.

"Issiq quti" prinsipida ishlovchi quyosh suv chuchitish qurilmalari tuzilishining oddiyligi va xizmat ko'rsatishning qulayligi bilan ajralib turadi. Sodda qilib aytganda, bu tipdagi qurilmalar "issiq quti" ichidagi nur yutgich o'rniga sho'r suv joylashgan idishni o'rnatish bilan hosil qilinadi. O'tmishda yaratilgan va zamonaviy quyosh suv chuchitgichlari bir xil prinsipda ishlasa-da, ular konstruktiv yechimlari va samaradorligi bilan bir-birovidan sezilarli farq qiladi. Qurilmaning ustki qismida qiya o'rnatilgan shaffof qoplama (shisha yoki plyonka) orqali o'tib kelgan quyosh nurlari uning tubida o'rnatilgan idishda joylashgan sho'r suvni yoki ho'llab qo'yilgan matoni qizitadi. Qizigan suvning bug'lanishi jadallashadi. Qurilma tubi va yuqori qismlaridagi temperaturalar farqi tufayli yuzaga keluvchi konvektiv oqim bilan suv bug'lari ko'tarilib, shaffof qoplamaning ostki sirtiga uriladi va bu sirtida temperatura kamera ichidagi to'yingan bug'-havo aralashmasining temperaturasidan past bo'lgani sababli kondensatsiyalanadi. Bug'larning kodensatsiyalanishidan hosil bo'lgan suv qoplama sirti bo'ylab sirg'anib maxsus yig'uvchi novchaga tushadi va undan suv yig'iluvchi idish tomon yo'naladi. "Issiq quti" prinsipida ishlovchi birinchi quyosh suv chuchitish qurilmasi 1872-yilda Chilining Las-Salinas shahrida Charlz Uilson va Xarding tomonidan bunyod etilgan. Qurilma tubi asfalt bilan qoplangan qora yog'och jo'va shaklida bo'lib, uning ustiga bir nishabli qilib shisha o'rnatilgan. Sho'r suv quyuluvchi va toza suv olinuvchi moslamalar bilan jihozlangan. Mavjud ma'lumotlarga ko'ra 4760 m^2 yuzani egallagan bu qurilmaning eng katta unumdorligi kuniga 22 700 litr (1 m^2 yuzadan 4,8 l;) toza suvni tashkil etib, 36 yil xizmat qilgan. Shundan buyon bu tipdagi konstruksiyalarni takomillashtirish bo'yicha ko'plab ilmiy-tadqiqot va amaliy ishlar amalga oshirildi. Bu sohada ayniqsa V.B.Veynberg, V.V.Veynberg, K.T.Trofimov, M.Telkes, V.A.Baum, G'.Yo.Umarov, A.N.Tekuchev, R.B.Bayramov, B.M.Ochilov va boshqa olimlarning xizmatlari kattadir.

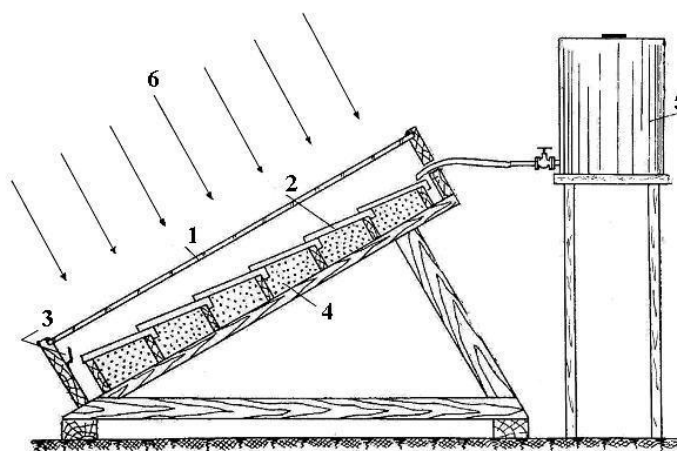
K.T.Trofimov tomonidan yaratilgan namlanuvchi sirtli quyosh suv chuchitgich janub tomonga qaratilgan holda gorizontga nisbatan 20–250 qiyalatib joylashtirilgan. Qurilma tubiga yuqoridagi bakdan tushayotgan sho'r suv bilan uzluksiz namlanib turuvchi qora rangli mato tortilgan (6.1.1-rasm). Namlanuvchi sirtli qiya quyosh suv

chuchitgichlarning samaradorligi gorizontal joylashgan shu tur qurilmalarnikiga nisbatan ancha yuqori (yoz kunlarida 6 l/m^2 gacha) bo'ladi. Bunga qurilmaning quyosh nurlariga tik joylashtirilganligi sababli namlanuvchi sirtida quyosh radiatsiyasining eng ko'p yutilishi, bug'lanish va kondensatsiya sirtlari orasidagi masofaning kamligi va yon devorlar orqali issiqlik yo'qolishining yuqori emasligi imkon yaratadi.



6.1.1-rasm. K.T.Trofimovning quyosh suv chuchitgich qurilmasi sxemasi: 1—shisha; 2—tunuka; 3—qora matodan tortilgan namlanuvchi sirt; 4—sho'r suvli idish; 5—kondensat yig'iladigan moslama; 6—quyosh nurlari.

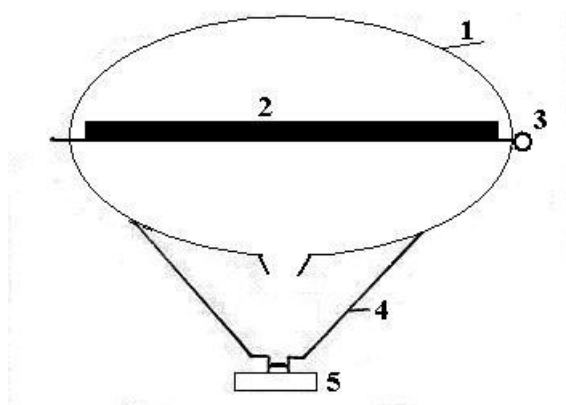
Qurilmani yasash uchun kamroq material va ishchi kuchi sarflanadi va bu narsa qurilmaning iqtisodiy samaradorligini orttiradi. Bunday qurilmalar ayniqsa individual iste'molchilar uchun qulaydir. Shu bilan birga, u matoning tez ishdan chiqishi, bakdan oqayotgan sho'r suvning miqdorini qurilma ishiga moslab boshqarish va matoning tekis namlanishini ta'minlashning qiyinligi, matodan qoldiq tuzlarni chiqarib olish bilan bog'liq bir qator kamchiliklarga ham ega. Namlanuvchi matoning hamisha qora rangda bo'lib turishi muhimdir. Tarkibida 80–90 foiz miqdorda karbon mavjud bo'lgan sintetik matolar quyosh nurlari ta'sirida bo'lganida ham uzoq vaqt mobaynida qora rangini saqlab turadi.



6.1.2-rasm. A.N.Tekuchevning quyosh suv chuchitgich qurilmasi sxemasi: 1—shisha; 2—keramik plita; 3—kondensat yig'iladigan moslama; 4—issiqlik izolatsiyasi; 5—sho'r suvli idish; 6—quyosh nurlari.

A.N.Tekuchevning quyosh suv chuchitish qurilmasi ham gorizontga nisbatan qiyalatib janub tomonga yuzi qaratilgan holda joylashtiriladi (6.1.2-rasm). Qurilma tubida yuqoridan pastga tomon qiyalatilgan holda ostki qismi izolatsiyalangan keramik plitalar terib chiqilgan. Yuqoridagi bakdan sho‘r suv yuborilganda keramik plita ho‘llanadi va quyosh nurlari energiyasi hisobidan uning tarkibidagi suv bug‘lanib chiqadi va shishaning ostki sirtida kondensatsiyalanadi. 1933-yilda Samarqandda o‘tkazilgan tajribalar qurilmaning o‘rtacha samaradorligi 3 l/m^2 atrofida bo‘lishligini ko‘rsatgan. Xuddi shunga o‘xshash quyosh suv chuchitgich qurilmasi 1960-yilda Florida shtatida M.Telkes tomonidan yaratilib ishga tushirilgan. Qurilmaning har bir kv.m uchun 13 dollardan mablag‘ sarflangan, eng yuqori samaradorligi 7 l/m^2 gachani tashkil etgan va xizmat davri 10 yildan kam bo‘lmagan.

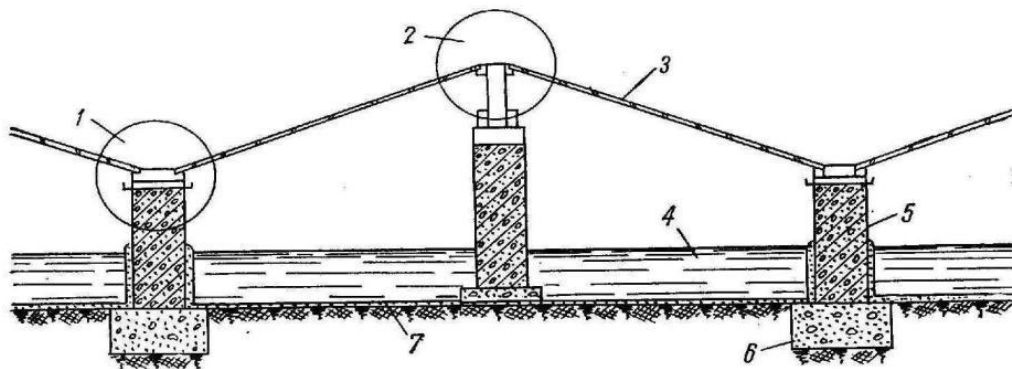
O‘tgan asrning 50-yillarida Kaliforniyada sho‘r suvlarni chuchiltirib foydalanish bo‘yicha maxsus dastur ishlab chiqilgan. Shu dastur talablariga asosan M.Telkes Chilida yaratilgan (1872-y.) Ch.Uilson qurilmasiga o‘xshash quyosh suv chuchitgichini loyihaladi. M.Telkesning quyosh suv chuchitgichi har birining bug‘lanish yuzasi $18,2 \text{ m}^2$ ($15,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$)dan bo‘lgan va quvurlar orqali tutashgan 5 ta yog‘och jo‘vali qurilmalardan iborat. Bu qurilma Uilsonning bevosita yerda joylashtirilgan bir nishabli qurilmasidan ikki nishabliligi va maxsus tayanchlar vositasida yer sirtidan balandroqda o‘rnatilgani bilan farq qiladi. Umumiy sathi 91 m^2 bo‘lgan bu qurilma jo‘valariga 10–30 mm qalinlikda sho‘r suv quyilgan. Qurilmaning eng yuqori sutkalik samaradorligi 375 l ni yoki $4,1 \text{ l/m}^2$ ni tashkil etgan.



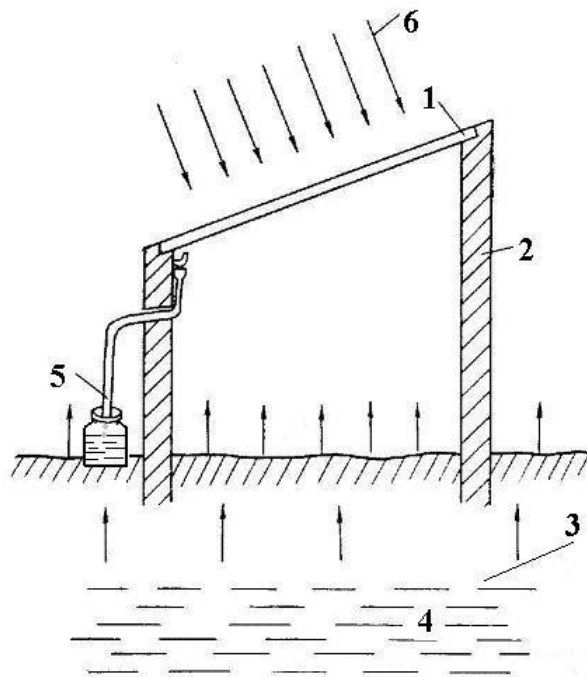
6.1.3-rasm. M.Telkesning plyonkali damlama quyosh suv chuchitgichi: 1–tiniq qoplama; 2–qora g‘ovak bug‘latgich; 3–bog‘ich; 4–chuchuk suv uchun idish; 5–chuchuk suv quyiladigan moslama.

O‘ziga diqqatni tortuvchi konstruksiyalardan yana biri yopiq havza tipidagi quyosh suv chuchitgich qurilmalari bo‘lib, ularning birinchisi 1958-yilda AQSh ichki ishlar vazirligining sho‘r suvlardan foydalanish boshqarmasi tomonidan Florida shtatida tashkil etilgan turli xil suv chuchitgichlar sinovdan o‘tkaziladigan ilmiy-tadqiqot stansiyasida yaratilgan edi (6.1.4-rasm). Qurilmani barpo etishda asosan beton, shisha, asfalt va sement qo‘llanilgan. Oldindan tayyorlab qo‘yilgan asfalt bevosita

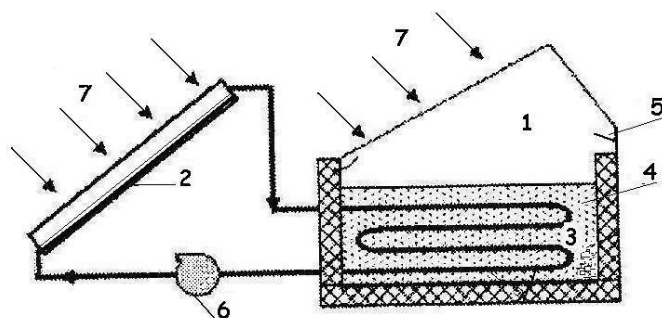
yerga qoplanib, soʻngra ustida qurilish ishlari olib borilgan. 230 m² bugʻlanish yuzasiga ega bu qurilma oltita boʻlimdan iborat. Havzaga 250–300 mm qalinlikda dengiz suvi quyiladi. Qurilmaning ustki qismi maxsus ustunlar yordamida ikki nishabli shisha qoplamalar bilan yopilgan. Hosil boʻlgan distilat plastmassa quvurlar orqali yigʻib olingan. Quyosh radiatsiyasining sutkalik miqdori 5000 kkal/m² atrofida boʻlganda qurilmaning solishtirma samaradorligi oʻrtacha 3 l/m² ni, f.i.k. 26–35 %ni tashkil etgan. Qurilmaning xizmat muddati 50 yil deb belgilangan. Koʻp suvli quyosh suv chuchitgichining oʻziga xos xususiyati shuki, u inersiyali qurilmadir, unda suvning distillashuvi tunda ham, quyoshli kunlardan keyingi bulutli kunlarda ham davom etadi.



6.1.4-rasm. Yopiq havza tipidagi quyosh suv chuchitgichining sxemasi: 1–distillangan suvni yigʻish uchun moslamalar; 2–shishaning yuqori qismi oʻrnatilgan moslama; 3–shisha qoplama; 4–shoʻr suv; 5–beton blok; 6–beton tayanch; 7–oldindan tayyorlangan asfalt qatlam.

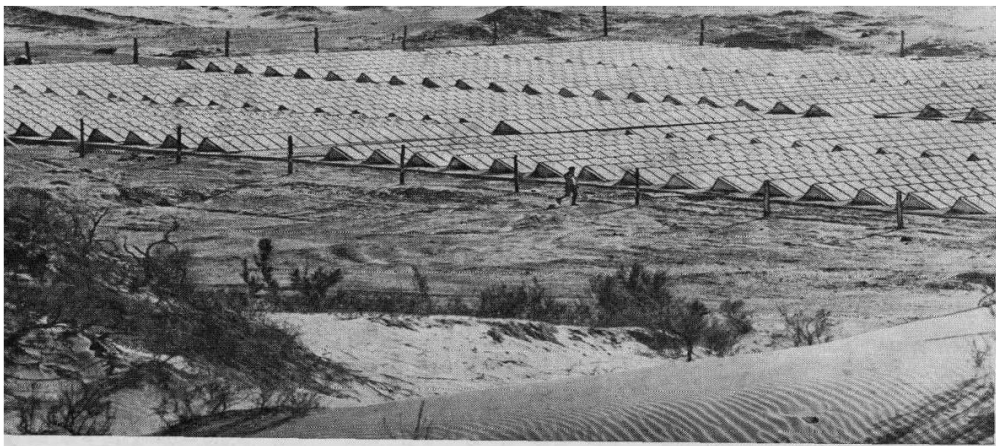


6.1.5-rasm. Tuproq tarkibidan chuchuk suv oluvchi gelioqurilma: 1–tiniq qoplama; 2–gʻilof; 3–kapillarlar; 4–nam tuproq; 5–distill suvni yigʻish uchun moslama; 6–quyosh nurlari.



6.1.6-rasm. Aktiv quyosh suv chuchitgich qurilmasi: 1–parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichi; 2– quyosh kollektori; 3–issiqlik almashtirgich; 4–sho‘r suv; 5– kondensat; 6–nasos.

M. Kobasi tomonidan taklif etilgan qurilma tuproq tarkibidan chuchuk suv olish imkonini beradi (6.1.5-rasm). Tokio yaqinida va Pokistonda o‘tkazilgan tajribalar qurilmaning samaradorligi $1,3 \text{ l/m}^2$ sutka ni tashkil etishini ko‘rsatgan. Bunday qurilma ayniqsa suvsiz cho‘l va sahrolarda qo‘l keladi. Usti qiyalatib o‘rnatilgan shisha (plyonka) bilan qoplangan quti yerdan biroz balandroq holatda joylashtirilsa, tuproq tarkibidagi sho‘r suv yuqoriga ko‘tarila borib bug‘lanadi, yopiq fazoni to‘ldiradi va shishaning (plyonkaning) ostki sirtida kondensatsiyalanadi. Havo nihoyatda issiq kunlarda shishaning temperaturasi yer sirti temperaturasidan yuqori bo‘lib qoladi va qurilma faqat kechqurun ishlaydi. Shu yo‘l bilan hosil qilingan chuchuk suv nihoyatda tozaligi bilan ajralib turadi va ochiq havzalar suviga qaraganda 10 marta kam radioaktivdir.



6.1.7-rasm. Parnik tipidagi quyosh suv chuchitgich majmuasi (Qoraqum, “Baxarden”).

Turkmaniston FA fizika-texnika institutida R.B.Bayramov rahbarligida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari asosida “Giprovodxoz” loyihalash instituti tomonidan 1962-yilda 2400 m^2 foydali yuzali parnik tipidagi quyosh suv chuchitgich qurilmasining loyihasi ishlab chiqildi. Qurilmaning 600 m^2 yuzali birinchi navbati 1968-yilda Qoraqum sahrosidagi “Baxarden” davlat xo‘jaligida barpo etildi va sinovdan o‘tkazildi.

6.2. Quyosh suv chuchitgichlarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlari

Qiya-pog‘onali quyosh suv chuchitgichining asosiy qismini usti shisha bilan qoplangan, tubida sho‘r suvni saqlash uchun mo‘ljallangan pog‘onalarga ega bo‘lgan asos tashkil etadi (6.2.1-rasm). Asos qurilmaning qanday sharoitda ishlatilishiga qarab zanglamaydigan metall, polimer materiallar yoki temir-betondan yasalishi mumkin. Pog‘onalarning balandligi suvning bug‘lanish yuzasining katta bo‘lishligi shartidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Asosning uzunligi (l), pog‘onalar soni (n), qurilmaning qiyalik burchagi (α) va pog‘onaning qalinligiga (δ) bog‘liq holda pog‘onalarning balandligi (h) quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$h = \left(\frac{l}{n} - \delta \right) \operatorname{tg} \alpha$$

6.2.1-rasmda ko‘chmas holda ishlashga mo‘ljallangan temir-beton asosli qiya-pog‘onali quyosh suv chuchitgich qurilmasining sxemasi keltirilgan. Qurilmalar qanday materialdan tayyorlanishidan qat’iy nazar, ularning barchasi bir xil prinsipda ishlaydi: qurilmaning tiniq qoplamasi – shishaga tushgan quyosh nurlarining asosiy qismi undan o‘tib pog‘onalar va ularda joylashgan sho‘r suvda yutilib issiqlik energiyasiga aylanadi. O‘z navbatida qurilmaning qizigan sirtidan chiquvchi infraqizil nurlar shisha tomon yo‘naladi, lekin shisha bu nurlar uchun tiniqmas bo‘lgani sababli ular qayta qurilma tubiga tushib qurilmada “parnik effekti”ni hosil bo‘lishiga yordam beradi. Qizigan suvning sirtidan chiqayotgan bug‘lar konveksiya tufayli ko‘tarilib shishaning ostki sirtiga uriladi va kondensatsiyalanib distil suv sifatida tarnovda yig‘ilib maxsus quvurcha orqali qurilmadan chiqarib olinadi. Qurilma mamlakatimiz sharoitida gorizontga nisbatan $30\text{--}35^\circ$ burchak bilan qiyalatib janub tomonga qaratilgan holda o‘rnatiladi. Shunda qurilmaga yil davomida eng ko‘p miqdorda quyosh energiyasining tushishiga erishiladi.

Suv chuchitgich qurilmasi tiniq qoplamasining birlik sirti orqali qurilma ichiga kiruvchi to‘g‘ri quyosh radiatsiyasi energiyasi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_{kir} = B_{kir} \cdot I \quad (6.2.1)$$

bu yerda, $B_{kir}=B_{sh}B_rB_{ch}$ - quyosh radiatsiyasining kirish koeffisienti; V_{sh} – shishaning quyosh radiatsiyasini o‘tkazish koeffisienti; V_r – romlarning mavjudligi tufayli quyosh radiatsiyasining kamayishini hisobga oluvchi koeffisient; V_{ch} – shishadagi chang va g‘uborlar orqali quyosh radiatsiyasining o‘tish koeffisienti. Bu koeffisientlarning o‘rtacha qiymatlari 6.2.1-jadvalda keltirilgan.

Qurilmaning ishchi sirtiga tushuvchi nurlanish oqimining asosiy qismi materiallarning optik xususiyatlariga bog‘liq holda qurilmaning tubi va suvda yutiladi va miqdori quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin bo‘lgan issiqlik energiyasiga aylanadi:

$$Q_1 = I_0(1 - \rho)^2 \cdot (1 - A_{sh})^2 \cdot (1 - R_s) \cdot A_{tub} \quad (6.1.2)$$

bu yerda, $I_0 = I_{to'g'ri} + kI_{tarq.}$; $I_{to'g'ri}$ - to'g'ri quyosh radiatsiyasining intensivligi, $W/m^2 \cdot soat$; $I_{tarq.}$ - tarqoq quyosh radiatsiyasi intensivligi, $W/m^2 \cdot soat$; ρ va A_{sh} - mos ravishda shishaning nur qaytarish va yutish koefitsientlari; R_s - suvning nur qaytarish koefitsienti; $A_{tub.}$ - qurilma tubining nur yutish koefitsienti; k - tarqoq radiatsiyaning qurilmaga kirish koefitsienti;

6.2.1-jadval

B_{sh} , B_r va B_{ch} koefitsientlarning o'rtacha qiymatlari

Koefitsientlar	0°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
B_{sh}	0,931	0,928	0,913	0,891	0,860	0,822	0,720	0,512
B_r	0,890	0,835	0,820	0,800	0,760	0,673	0,585	0,443
B_{ch}	0,940 – 0,960							

Qurilmaning tubi va sho'r suvning temperaturasi qolgan qismlarnikiga nisbatan yuqori bo'lganligi sababli issiqlik turli yo'llar bilan materiallarning xususiyatlari va turli qismlardagi temperaturalar farqiga bog'liq holda atrof-muhitga uzatiladi.

Quyosh nurlarining qurilma tubida va suvda yutilishi hisobiga hosil bo'lgan issiqlik energiyasi asosan suvning bug'lanishi va issiqlik yo'qolishlarini qoplashga sarflanadi.

Qurilmaning tubi orqali atrof-muhitga uzatiladigan issiqlik miqdori suv bilan atrof-muhit temperaturalar farqi ($t_{suv} - t_{tashq.}$), tubning issiqlik o'tkazish koefitsienti (λ), qalinligi ($\delta_{tub.}$) va havoga issiqlikni uzatish koefitsientiga (α) bog'liq holda quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}} (t_{suv} - t_{tashq.}) \quad (6.1.3)$$

Suvdan shishaga beriluvchi issiqlik miqdori:

$$Q_3 = [C] \left[\left(\frac{t_{suv} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{1sh} + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (6.1.4)$$

bu yerda,

$$[C] = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

suv-shisha tizimining keltirilgan nurlanish koefitsienti; C_1 , C_2 va C_3 - suv, shisha va absolyut qora jismning nurlanish koefitsientlari; t_{1sh} - shishaning ostki sirtini temperaturasi.

Suvning bug'lanishi tufayli qurilma kamerasida suv va shisha temperaturalarining (suvga va shishaga yaqin qatlamlardagi bosimlarning) farqiga bog'liq holda bug'-havo aralashmasining aylanma oqimlari yuzaga keladi. Bug'-havo aralashmasining kameradagi harakati davomida bir qism issiqlik shishaga beriladi. Bu

issiqlik miqdori bug‘lanayotgan suv va shisha orasidagi temperaturalar farqiga va aralashmaning shishaga issiqlik uzatish koeffisientiga ($\alpha_{kond.}$) bog‘liq bo‘lib quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_4 = \alpha_{kond.}(t_{suv} - t_{1sh}) \quad (6.1.5)$$

Shisha orqali o‘tuvchi issiqlik miqdori:

$$Q_5 = (t_{1sh} - t_{2sh}) \frac{\lambda_{sh}}{\delta_{sh}} \quad (6.1.6)$$

bu yerda, t_{2sh} – shishaning tashqi sirtini temperaturasi; δ_{sh} , λ_{sh} – shishaning qalinligi va issiqlik o‘tkazish koeffisienti.

Shishadan atrof-muhitga nurlanish va konveksiya orqali berilgan issiqlik quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_6 = C_{sh} \left[\left(\frac{t_{2sh}+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{tashq}+273}{100} \right)^4 \right] + \alpha(t_{2sh} - t_{tashq}) \quad (6.1.7)$$

Shunday qilib qurilmaning tubi va suv tomonidan olingan issiqlik miqdori (Q_1) uning tubi orqali issiqlik yo‘qolishlari (Q_2), shishadan nurlanish issiqligi (Q_3) va bug‘ning kondensatsiyalanishida ajraladigan issiqlik miqdorlarining (Q_4) yig‘indisi sifatida yozilishi mumkin:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (6.1.8)$$

Ikkinchi tomondan,

$$Q_6 = Q_3 + Q_4 + I_0(1 - \rho)A_{sh} \quad (6.1.9)$$

Qurilmaning f.i.k. va samaradorligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_{konv}}{I_0} \quad (6.1.10)$$

yoki,

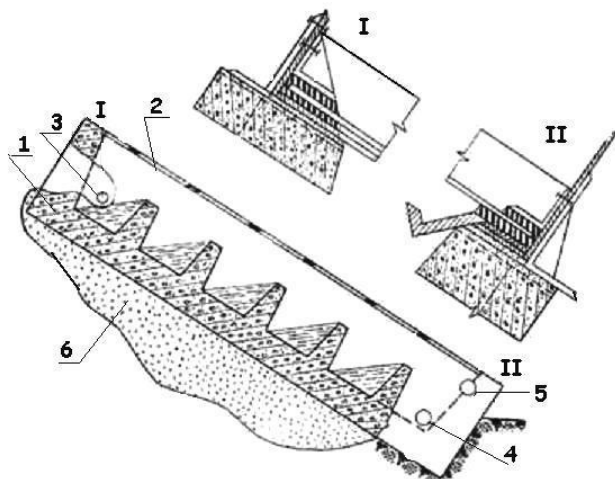
$$\eta = \frac{Q_f}{I_0} = \frac{rG}{I_0} \quad (6.1.11)$$

$$G = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{1}{r} dQ d\tau \quad (6.1.12)$$

bu yerda, r –bug‘ hosil bo‘lish issiqligi, kkal/kg, J/kg; τ –qurilmaning ishlash muddati; $Q_{konv.}$ – bug‘-havo aralashmasining konveksiya natijasida t_{suv} dan t_{1sh} gacha sovishida bergan issiqligi.

Qurilmada ro‘y beruvchi issiqlik va massa almashuvi jarayonlarini har tomonlama o‘rganish va tahlil etish, shuningdek olib borilgan amaliy tadqiqotlar natijasida qurilma tomonidan olingan quyosh energiyasining o‘rtacha 45–50 foizi

suvni bug‘latishga (foydali ishga), qolgan qismi esa qurilmani qizdirish va turli issiqlik yo‘qotishlariga sarflanadi degan xulosa chiqarishga asos bo‘ladi.

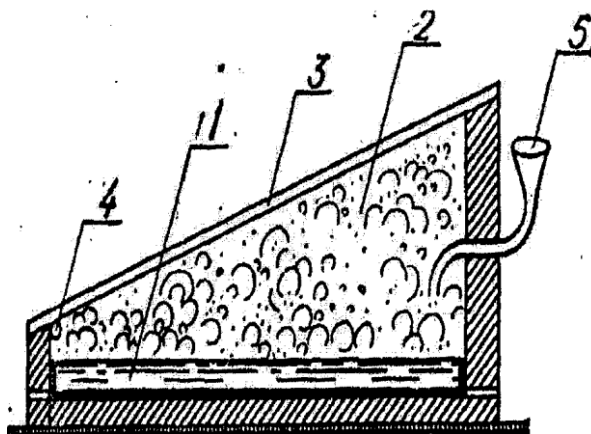


6.2.1-rasm. Qiya-pog‘onali quyosh suv chuchitish qurilmasining sxemasi: 1– qurilmaning temir-beton asosi; 2–tiniq qoplama (shisha); 3–sho‘r suv quyish uchun quvur; 4–ortiqcha sho‘r suvni chiqarish uchun quvur; 5–distill suv uchun quvur; 6– quruq qum (issiqlik izolatsiyasi); I, II–shisha va distil suv yig‘iladigan moslamani qurilmaning ustki qismida o‘rnatilishi.

6.3. Parnik turdagi quyosh suv chuchitgich qurilmalarning ish jarayoni. Quyosh suv chuchitgich qurilmasining issiqlik texnikaviy xarakteristikalarini baholash

Quyosh chuchitgichlarining eng sodda turi “issiq yashik” tipidagi bir nishobli parnik ko‘rinishidagi chuchitgich bo‘lib, uning tuzilishi (6.3.1-rasm)da ko‘rsatilgandir.

“Issiq yashik”ning ichki tomoni qaraytirilgan maxsus yassi-idish-qozonga sho‘r suv 1) varonka 5) orqali quyiladi. Bir nishobli chuchitgichda shisha sirt 3) ni janubga qaratib, butun mavsum davomida quyosh radiatsiyasining maksimal tushuvini hisobga olgan holda gorizantga ma‘lum burchak ostida quyish kerakdir. O‘rta Osiyo territoriyasi uchun gorizantga nisbatan burchak 25-30, Qarshi shahri uchun 38 gradusni tashkil qiladi.



6.3.1-rasm. Parnik tipidagi chuchitgichning tuzilish sxemasi.

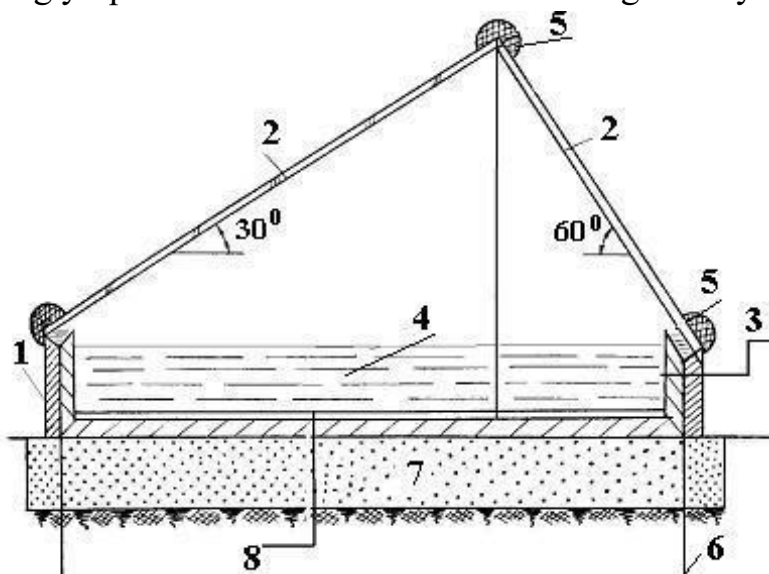
1970-yilda O'zbekiston FA fizika-texnika instituti va Buxoro davlat pedagogika institutida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari asosida va "Baxarden" qurilmasining afzallik tomonlari va kamchiliklari e'tiborga olingan holda B.M.Ochilov tomonidan Qizilqum sahrosining markaziy qismida joylashgan "Boymurodquduq" aholi punktida bug'lanish sathi 608 m^2 bo'lgan va asosan temir-beton va shishadan yasalgan parnik tipidagi quyosh suv chuchitgich majmuasi yaratildi (6.3.3-rasm). Majmua atrofi metall to'rli devor bilan o'rab olingan maydonda ikki qatorda oralarida 0,3 metrdan yo'lak qoldirilib joylashtirilgan, har birining bug'lanish yuzasi $15,6 \text{ m}^2$ ($12 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$) bo'lgan 39 ta alohida chuchiltirish qurilmalaridan tashkil topgan. Ikki qator orasidagi masofa 1,85 m.

Qurilmalar joylashtirilgan beton bilan qoplangan maydon yog'in-sochin suvlarini alohida hovuzda yig'ishga mos holda qiyalatib tayyorlangan. Qurilma ikki nishabli shisha qoplamaga ega bo'lib (6.3.2-rasm), old shisha gorizontga nisbatan 300, orqa shisha 600 burchak ostida o'rnatilgan. Barcha qurilmalar chuqurligi 29 m bo'lgan quduqdan tasmali suv chiqarish nasosi yordamida chiqarilib to'ldirilgan rezervuarga ulangan quvurlar orqali 7 sm qalinlikda sho'r suv (sho'rlik darajasi 14 g/litr) bilan to'ldiriladi.

Qurilmaning old va orqa shishalarida hosil bo'luvchi distil suv qiyalatib o'rnatilgan jo'yachalarda yig'iladi va quvurlar orqali oqib distil suv hovuziga tushadi. Qurilmalar vaqti-vaqti bilan (yilida 1–2 marta) qoldiq tuzlardan suv oqizish yo'li bilan tozalanadi. Har qaysi qurilma mustaqil ravishda boshqalariga bog'liqsiz holda ishlaydi, birida ro'y bergan nosozliklar boshqasining ishiga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi. Lekin bu nosozliklar majmuaning umumiy samaradorligini pasayishiga olib keladi.

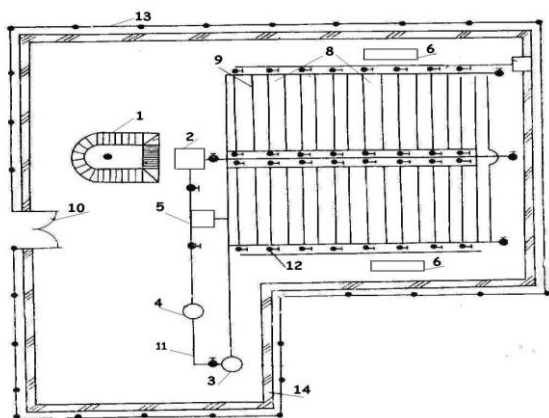
Majmuada 1970–1972-yillarda sinov ishlari olib borildi. Qurilmaning har bir kv/m hisobidan yilida 900–1000 litrgacha toza suv hosil qilish mumkinligi aniqlandi. Qurilmaning yil davomida o'rtacha kunlik unumdorligi $2,5 \text{ l/m}^2$ ni tashkil etgani holda, yozda o'rtacha $3,5 \text{ l/m}^2$ ga ko'tarilib, qishda o'rtacha $0,3\text{--}0,5 \text{ l/m}^2$ gacha tushib qoldi. Sinov natijalari bu turdagi qurilmalarning cho'l va sahroda toza suvdan 10–15 km uzoqlikda joylashgan aholi yashash joylarini toza ichimli suv bilan ta'minlashda samarali usul ekanligini ko'rsatishi bilan birga, konstruktiv jihatdan takomillashtirishga zarurat borligini ko'rsatdi: qurilmaning katta o'lchamda bo'lishi uni o'rnatiladigan joyidagina ko'p material va qo'l mehnati sarf etib qurishni talab etadi; qurilmaning gorizontal joylashgani va tiniq qoplamani ikki nishabli etib yasalganligi kondensatsiyalanish sathining quyosh radiatsiyasi tushadigan sho'r suvning sathiga (bug'lanish sathiga) nisbatan foydasiz holda kattalashib qolishiga va issiqlik yo'qotilishining oshishiga olib keladi; yerdan yuqorida joylashgan keng yuzali shishalangan qismi sahroda ro'y berib turuvchi shamol va to'fonlar ta'sirida katta

mexanik zo'riqlashlarga uchraydi va tez-tez ta'mirtalab bo'lib qoladi. Bularning barchasi qurilmaning yuqori unum va samara bilan ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

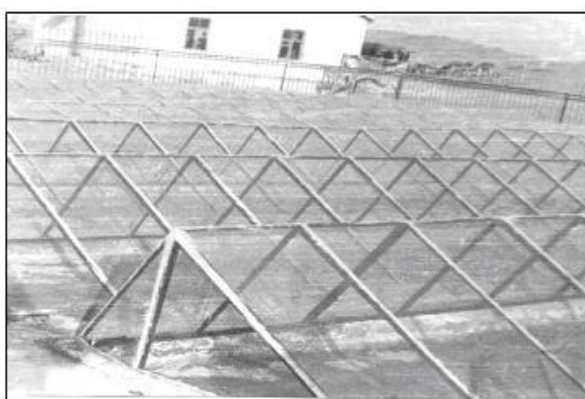


6.3.2-rasm. Parnik tipidagi ikki nishabli quyosh suv chuchitgich qurilmasining sxemasi: 1–temir-beton hovuz; 2–shisha; 3–sho‘r suv quyiladigan quvur; 4–sho‘r suv; 5–germetik; 6–distill suv oqib chiquvchi quvur; 7–quruq qum.

Shuni ta'kidlash kerakki, majmua tarkibida parnik tipidagi qurilmalar bilan bir qatorda 100 m² qiya-pog'onali quyosh suv chuchitish qurilmasi (6.3.3 b-rasmning yuqori qismiga e'tibor qiling) ham barpo etilib qiyosiy tajribalar o'tkazildi. Shunisi e'tiborliki, parnik tipidagi ikki nishabli qurilmaga xos kamchiliklar qiya-pog'onali qurilmalarda deyarli kuzatilmadi. Bu esa qiya-pog'onali quyosh suv chuchitgichlarini konstruktiv jihatdan takomillashtirish va ularni keng miqyosda ishlab chiqarishga tavsiya etish bilan bog'liq tadqiqotlar uchun asos bo'ldi.



a)



b)

6.3.3-rasm. Parnik tipidagi quyosh suv chuchitgichining (Qizilqum, Boymurodquduq ovuli) joylashuv sxemasi (a) va umumiy ko'rinishi (b). a): 1–quduq; 2–sho‘r suv uchun hovuz; 3 va 5–distill suv uchun hovuzlar; 4–ichimli suv uchun hovuz; 6–yomg‘ir va qor suvlari yig‘iladigan hovuz; 7–ortiqcha suvlar uchun hovuz; 8–parnik tipidagi quyosh suv chuchitish qurilmalari; 9–qiya-pog‘onali quyosh suv chuchitish

qurilmalari; 10–darvoza; 11–quvurlar; 12–jo‘mraklar; 13–metall to‘rli devor; 14–yo‘lak.

6.4. Quyosh quritgich qurilmalari. Ularning ish jarayoni va har xil konstruksiyalari

Quritish xalq xo‘jaligining turli tarmoqlarida ko‘plab texnologik jarayonlarning eng muhim bosqichlaridan biridir. Mashinasozlik va texnologiyaning turli sohalarida turli materiallar va mahsulotlar, jumladan, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari quritiladi. Quritish ma‘lum bir ishlab chiqarishning boshlang‘ich, oraliq yoki yakuniy bosqichidir. Energiyaga bo‘lgan talabning keskin ortishi muqobil energiya manbalaridan foydalanishga olib keladi. Bunday energiya manbalari bilan ishlovchi energetik qurilmalar foydali ish koeffitsientlari nisbatan pastligi ulardan foydalanishni murakkablashtiradi. Dunyoda aholi sonining ortishi, quritilgan oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabning ham ortishiga olib keladi. Aholiga quritilgan oziq-ovqat mahsulotlarini uzluksiz yetkazishda quyosh quritkichlarining o‘rni beqiyosdir.

Quritish jarayoni o‘z rivojida uzoq yo‘lni bosib o‘tdi - oddiydan yuqori texnologiyaga qadar. U fundamental va amaliy fanlar va texnologiyalarning rivojlanishi bilan parallel ravishda rivojlandi. Hozirgi vaqtda quritishning ham nazariy, ham amaliy jihatlarini atroflicha o‘rganilib, bu borada butun bir qator fundamental ishlar yozilgan. Quritish nazariyasi va amaliyotiga katta hissa qo‘shgan olimlar A.S. Ginzburg, P.D. Lebedev, A.V. Likov, B.S. Sajin, O. Krisher va boshqalar. Bugungi kunga qadar muhandislik va texnologiyaning turli sohalarida turli xil materiallar va mahsulotlarni, shu jumladan sanoatni quritish uchun turli usullar, qurilmalar va turli xil yordamchi uskunalarni ishlab chiqilgan. Bu jiddiy ilmiy asosga ega butun sanoatdir. Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini tabiiy quritish hamma joyda va qadimdan foydalanib kelinmoqda, hamda shu bilan birgalikda mahsulot quritish uchun yerga yoyilib, bostirma ostida osib yoki padnislarda terib quritiladi.



6.4.1-rasm. Polietilen qoplamaga ega bo‘lgan quyosh quritish qurilmasi.

Keyingi paytlarda meva-sabzavotlarni quritish uchun tezkor texnologiyalar jalb qilinmoqda. Bunday texnologiyalarning mahsulotlarni qayta ishlash sanoatiga tobora ko‘proq kirib kelayotgani yaxshi, lekin, bu vositalarning ish unumi yuqori bo‘lishi bilan birga, ular katta miqdordagi issiqlik yoki elektr energiyasini sarflaydi (masalan, 1 kg tayyor kishmish olish uchun o‘rtacha 2,25 kVt·soat elektr energiya yoki 0,675 kg shartli yoqilg‘i sarflanishi hisoblab chiqilgan), atrof-muhitga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi, mahsulotning tannarxi ortadi va sifatida tabiiylik kamayadi.

Quyosh energiyasi yordamida ishlovchi meva-sabzavotlarni quritish qurilmalarini qo‘llanilishi yuqorida qayd etilgan kamchiliklarning keskin kamayishiga olib keladi. Eng asosiysi, bu qurilmalar faqat quyosh energiyasi hisobidan ishlab, atrof-muhitni zararlamaydi, ekologik toza mahsulot olinishiga xizmat qiladi.



6.4.2-rasm. Setkali yashik tipidagi tabiiy meva quritgich.

A.B.Barzunov 1932-yilda tiniq organik plyonkadan foydalanib gelioquritgich yasagan. Issiqlik yo‘qolishini kamaytirish maqsadida qurilma tubini aluminiy varaq bilan qoplagan. Issiqlik almashinuv va havo oqimi turbulentligini oshirish uchun qurilma asosi zinasimon qilib yasalgan. Gelioqurilma havo kiritish uchun patrubka va tortim quvurlari bilan jihozlangan.

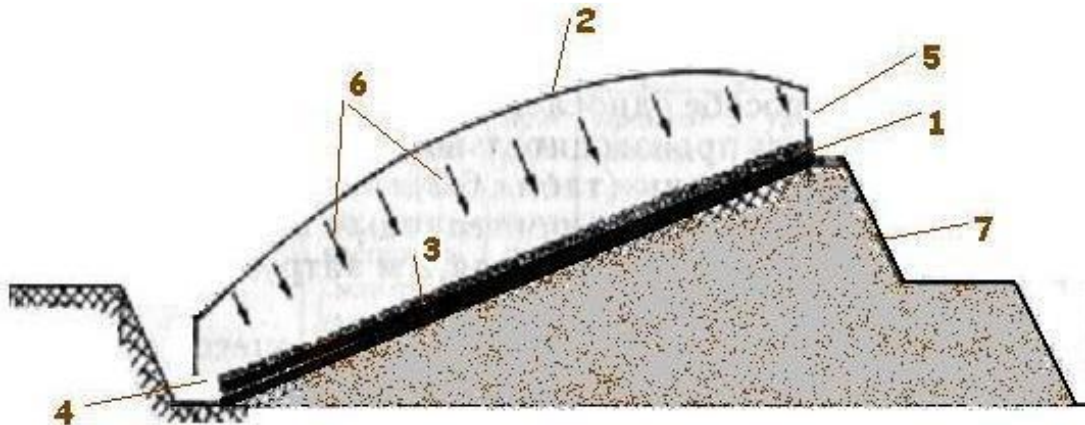
1936-yilda K.G.Trofimov tomonidan parnik tipidagi gelioquritgich sinovdan o‘tkazilgan. Bu qurilmani yasash uchun g‘isht tayanchlarga gorizont bilan 200 burchak ostida yog‘och romlar qo‘yilib usti shisha bilan qoplangan. Dastlabki ishlovdan o‘tgan mevalar har bir kv/m. ga 10 kg hisobidan chambaraklarga yoyilib qurilmaga kiritiladi. Bug‘-havo aralashmasi tabiiy tortilish yo‘li bilan chiqib ketadi. Bu qurilma uni yasash va xizmat ko‘rsatishda ko‘p mehnat talab qiladi.

O‘tgan asrning 50-yillarida A. Ismoilova tomonidan radiatsion, konvektiv va konvektiv-radiatsion gelioquritgichlarning qiyosiy tadqiqoti o‘tkazilgan va har bir usulning afzalliklari bilan birga kamchiliklari ham borligi ko‘rsatib o‘tilgan.

Xorijiy mamlakatlar, jumladan, AQSH, Germaniya, Shveysariya, Italiya, Fransiya va Rossiya kabi mamlakatlarda meva-sabzavotlardan tashqari don, o‘t-o‘lan va beda quritish uchun ham gelioquritgichlardan foydalanilayotgani to‘g‘risida

qiziqarli ma'lumotlar ko'p. Masalan, Lissabon fuqaro qurilishi Milliy laboratoriyasida qora olcha va uzumni ochiq maydonda va gelioqurilmada quritish bo'yicha qiyosiy tajribalar o'tkazilgan. Gelioquritgich kesimi to'rtburchakli cho'ziq kamera shaklida qurilgan va plyonka bilan yopilgan. Kameraning boshlanish joyi va oxirida quyosh radiatsiyasi ta'sirida havoni qizdiruvchi moslamalar, o'rta qismida esa meva yoyilgan to'rtli patnislar joylashtirilgan. Qurilmadan nam havo elektr ventilator yordamida tortilib tortim quvuri orqali chiqarib yuborilgan. Qora olcha 5 kunda qurigan, holbuki, uning ochiq maydonda qurishi uchun 22 kun kerak bo'lgan. Gelioqurilmada ishlov berilgan uzum 6 kunda, ishlov berilmagani 9 kunda qurigan, ochiq maydonda esa buning uchun mos ravishda 14 va 19 kun talab qilingan.

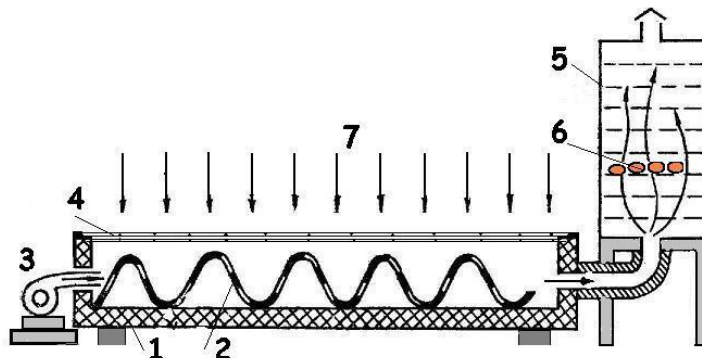
1972-yilda Avstraliyada gelio havo qizdirgichining yuzasi 448 m^2 bo'lgan tunnel tipidagi quyosh quritish qurilmasi ishga tushirilgan. Qizigan havo ventilator yordamida ustiga meva yoyilgan yupqa qora qayindan yasalgan taglik joylashgan tunnelga haydalgan. Qurilma kuniga o'rtacha 770 kg namligi 18–30 foizgacha kamaygan mahsulot olishga imkon bergan. M.Akkurt va M.K.Selkun quyosh energiyasi bilan ishlovchi quritish qurilmasiga qo'shimcha sifatida gaz yoqilg'i bilan ishlovchi qizdirgich o'rnatib tajribalar o'tkazishgan. Quritish jarayonini tezlatish yoki quyosh chiqmaganda gaz gorelkasi ishga tushirilgan. Sifatli mahsulot olinishiga va ma'lum miqdorda energiya tejashiga erishilgan. 1978-yilda Kaliforniyaning Freeno shahrida 1951 m^2 yuzali quyosh quritish qurilmasi qurilgan. Qurilma kamerasida joylashtirilgan 700 tonna qayroq tosh issiqlik akkumulatori rolini o'tab, to'plagan energiyasini 24 soatgacha vaqt mobaynida qurilmaga qayta berib turgan.



6.4.3-rasm. Plyonkali qiya quyosh radiatsion quritish qurilmasining sxemasi: 1–karkas; 2–plyonka; 3–quritiladigan mahsulot; 4–havo kiruvchi tirqish; 5–nam havo chiquvchi tirqish; 6–quyosh nurlari; 7–tayanch tuproq.

O'tgan asrning 80-yillarida O'zbekiston FA fizika-texnika instituti va Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish institutida plyonkali qiya quyosh radiasion quritish qurilmasi (QRQQ) yaratilib sinovdan o'tkazildi (6.7.3-rasm). Nur qabul qiluvchi sirt birligining arzonligi, metallning kam sarflanishi, kunduzgi energiyaning qisman akkumulatsiya qilinishi, maydonning qiyaligi sababli quyosh

radiatsiyasini gorizontal sirtga qaraganda 20–25 % ko‘p tushishligi bu qurilmaning afzalliklari sifatida qaraladi. Plyonka orqali o‘tgan quyosh nurlari mahsulot va tuproqda yutiladi. Qurilma ichidagi havoning temperaturasi atrof-muhitnikidan 300 atrofida yuqori bo‘ladi. Qurilmaning qiyaligi va qurilma ichidagi va tashqi muhit temperaturallari gradienti havoning tabiiy oqimini hosil bo‘lishiga sharoit yaratadi.

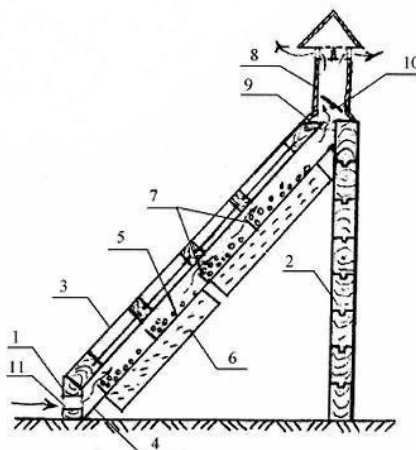


6.4.4-rasm. Konvektiv gelioquritgich sxemasi: 1–yog‘och quti; 2–qoraga bo‘yalgan ko‘p teshikli to‘lqinsimon tunika asos; 3–ventilator; 4–ikki qavat shisha; 5–quritish kamerasi; 6–quritiladigan mahsulot; 7–quyosh nurlari.

Majmuaning har biri 6 m² yuzali 20 ta qurilmadan iborat. Qurilmalar gorizontaldan 250 qiyalatib janubga qaratib o‘rnatilgan. Majmuadagi 1,5 x 1,5 x 2,0 m o‘lchamli quritish kamerasi 500–600 kg mahsulotga mo‘ljallangan. Uzlüksiz quritish rejimida har bir kv/m shishalangan yuza hisobidan kuniga 0,5–0,6 kg tayyor mahsulot olinadi. Qurilmaning unumdorligini oshirish uchun O‘zbekiston FA mexanika va inshootlar seysmologiya instituti xodimlari tomonidan tavsiya etilgan uzlukli quritish rejimi qo‘llanib ko‘rilgan. Mahsulot quritish kamerasida namligi 45–50 % ga tushguncha quritiladi, so‘ngra kameradan olinib soya joyga qo‘yiladi va ma‘lum vaqtdan so‘ng yana kamerada oxirigacha quritiladi. Quritishning dastlabki davrida mahsulot tarkibidagi kuchsiz bog‘langan namlik chiqariladi. Bunda har bir kg bug‘ni mahsulotdan chiqarish uchun 3350–4200 kJ issiqlik sarflanadi va qurilmaning f.i.k. 55–60 % ga yetadi. So‘ngra, namlikning modda bilan bog‘lanish energiyasi ortishi bilan har bir kg namlikni chiqarish uchun energiya sarfi ortib boradi va jarayon oxirida 92100–109000 kJ ga yetadi, f.i.k. esa 5–7 % ga tushib qoladi.

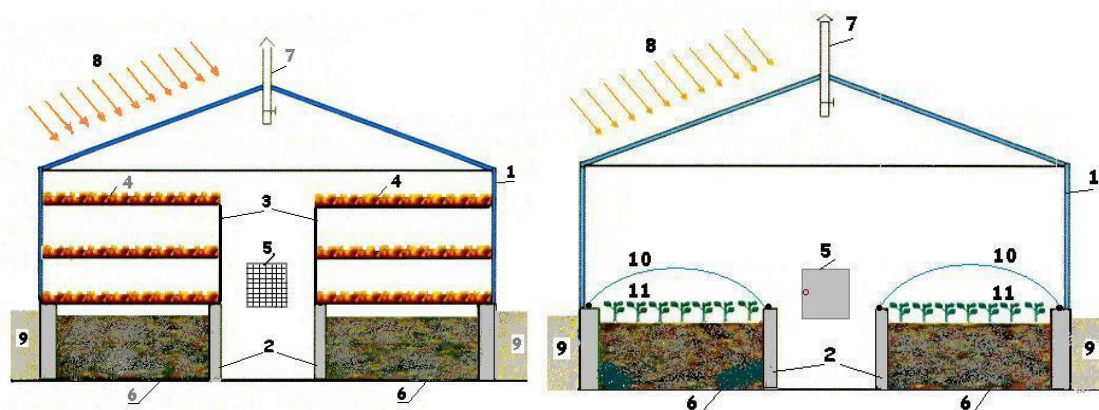
V.N. Danilin va B.D. Babayev (Rossiya) tomonidan 2001-yilda taklif etilgan gelioquritgichning sxemasi 6.7.5-rasmda keltirilgan. Qurilma bir nechta xil bo‘linmalardan tashkil topishi mumkin. Har bir bo‘linma 4 metall ramaga biriktirilgan 1 old va 2 orqa devor hamda 3 qopqoqdan iborat. Old devor va qopqoq tiniq plyonka tortilgan rom shaklida yog‘och yoki boshqa materiallardan yasalishi mumkin. Orqa devor esa sirtiga ruxlangan tunuka qoplangan taxtadan iborat. 4 ramadagi bo‘lmalarga 5 lotoklar zich holda qo‘yiladi. Lotoklar gorizontalga nisbatan joyning geografik kengligiga teng burchak ostida qiyalatib janubga qaratilgan holda o‘rnatiladi. Lotoklarning ostida ularga bevosita tegadigan holatda qilib issiqlik akkumulator

vazifasini o'tovchi modda (masalan, kristallogidrat tuzlar) solingan konteyner joylashtirilgan. Lotoklarga 7 to'siqchalar o'rnatilganki, ular quritiladigan mahsulotni qiyalik bo'ylab siljib ketmasligini ta'minlash bilan birga sirtini qirrali qiladi, bu esa havo mahsulot sirtiga yaxshiroq tegib o'tishiga sharoit yaratadi. Quritgich 9 bo'yincha orqali tortimni boshqaruvchi 10 zaslonka o'rnatilgan 8 tortim quvuri bilan tutashgan. Old devorda havo kirishi uchun bir nechta teshiklar qo'yilgan. Quritgich quyidagicha ishlaydi: 3 qopqoq ochilib 5 lotok ho'l mahsulot bilan to'ldiriladi va ustiga tiniqmas filtrli mato qo'yilib qopqoq yopiladi.



6.4.5-rasm. Issiqlik akkumulatorli qiya gelioquritgich sxemasi: 1—old devor; 2—orqa devor; 3—tiniq qoplamali qopqoq; 4—metall rama; 5—lotoklar; 6—issiqlik akkumulator rolini o'ynovchi modda solingan konteynerlar; 7—to'siqchalar; 8—tortim quvuri; 9—bo'yincha; 10—zaslonka; 11—teshiklar.

Kunduzi quyosh nurlari mato, mahsulot, lotok, konteyner va qurilma ichidagi havoni qizdiradi. Qurilma ichida havo tortimi hosil bo'ladi. Havoning tabiiy konveksiyasi va qizish birgalikda qurish jarayonini samarali bo'lishini ta'minlaydi. Kunduzi issiqlik akkumulatori moddasi qizib eriydi, kechqurun esa kristallanib o'z issiqligini qurilma ichiga beradi. Shunday qilib, quritgich kunduzi va kechqurun ishlashi mumkin.



6.4.6-rasm. "GQI-40" gelioquritgich-issiqxonasining sxemasi (yozgi va qishgi ish rejimi): 1—metall ramalarga o'rnatilgan shisha bilan qoplangan bino; 2—temir-beton

yoki pishiq g'ishtdan yasalgan o'ralar; 3—to'rli patnislar; 4—quritiladigan mahsulot; 5—to'rli darcha; 6—unumdor tuproq; 7—tortim quvuri; 8—quyosh nurlari; 9—quruq qum; 10—plyonka qoplama; 11—ko'kat va ko'chatlar.

«GQI-40» gelioqurilmasining tajribaviy namunasi shimol-janub yo'nalishida o'rnatilgan, 3 mm qalinlikdagi deraza shishasi bilan qoplangan, uzunligi 7,40 m, eni 2,62 m, markaziy qismining balandligi 2,30 m, yuqori qismidagi tiniq qoplama gorizontga 300 qiyalatib o'rnatilgan metall konstruksiyadan iborat (6.4.6-rasm). Umumiy yuzasi $13,5\text{m}^2$ bo'lgan bu o'ralar unumli tuproq bilan to'ldirilgan bo'lib, qishda ko'chat va ko'katlar yetishtirishga xizmat qiladi, yozda esa ustiga to'rli patnis joylashtiriladi va quritish maydonchasi sifatida foydalaniladi. Qurilmaning old qismida kirib chiqish eshigi, orqa qismida esa zarur hollarda havo almashtirib turilishi uchun xizmat qiluvchi 0,60 m x 0,40 m o'lchamli to'rlangan darcha qo'yilgan.

Qurilmaning ichida ikki tomonda bo'ylama o'rnatilgan 3 qavat to'rli patnislarga (umumiy maydoni 40 m^2) quritiladigan meva-sabzavotlar yuvilgan va xas-xashaklardan ajratilgan holda har bir kv/m hisobiga mahsulot turiga qarab 8–12 kg hisobida tekis yoyib chiqiladi. Qurilma “issiq quti” prinsipi asosida ishlaydi. Qurilmaning yuqori qismida zaslonkali ikkita tortim quvuri mavjud bo'lib, uning vositasida tabiiy shamollatish amalga oshadi. Tajribalar yoz-kuz mavsumida qurilma kamerasidagi havoning temperaturasi tashqi havonikidan 20–250 °C ga yuqori bo'lishligi va bu meva-sabzavotlarni quritish uchun qulay sharoit ekanligini ko'rsatdi. Shu sababli ham ventilator ishlatib majburiy shamollatish talab etilmaydi. Qishda o'ralar ichidagi tuproq tayyor holga keltirilib iste'mol qilinadigan ko'katlarning urug'i sepiladi va ustiga plyonka qoplama qo'yiladi.

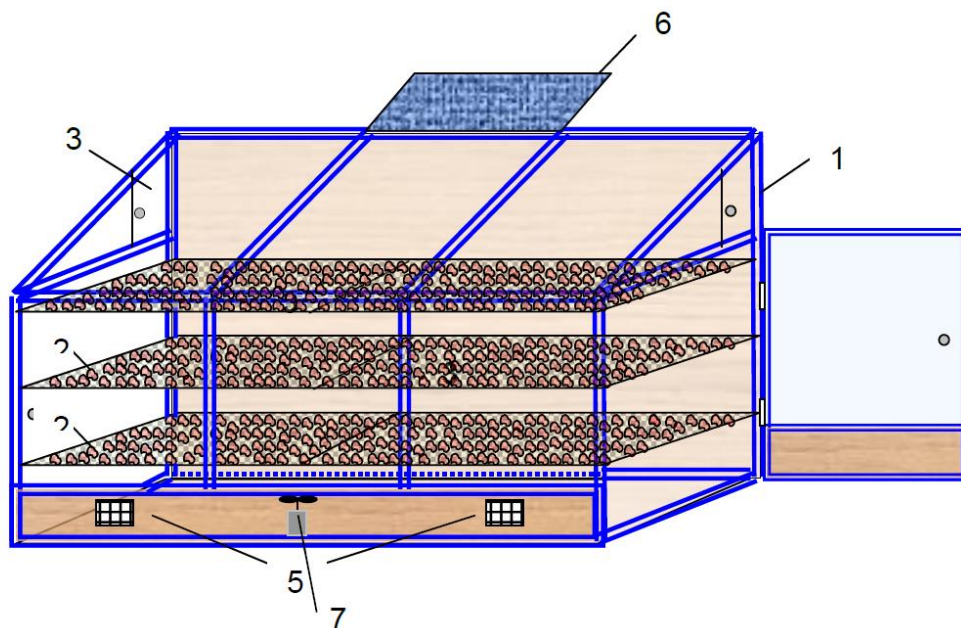
Bunday sharoit ko'katlar o'stirish uchun yetarli bo'lib, qo'shimcha isitish talab etilmaydi (qahraton qishlar bundan mustasno). Erta bahorda esa qurilmada ko'katlardan tashqari ko'chatlar yetishtirish mumkin. Qurilmalar sonini ko'paytirib (qurilma uzunligini oshirish ham mumkin) va ularni bir-biroviga parallel holda joylashtirib ixtiyoriy quritish maydonli samarador gelioquritgich-issiqxonani yaratish mumkin.

“GQI-3” gelioquritgich- issiqxona qurilmasi minitexnologiyalar sirasiga kirib, u ham quyosh energiyasi yordamida yoz-kuz mavsumida meva-sabzavotlarni hamda qish va erta bahorda ko'kat va ko'chatlar yetishtirishga xizmat qiladi. Mini quyosh meva-sabzavot quritgich-issiqxona qurilmasi yog'ochdan uzunligi 1500 mm, eni 720 mm, old qismi 600 mm, orqa devorining balandligi 900 mm yetib, oldingi devori va usti tiniq shisha bilan qoplanib tayyorlangan “issiq quti”dan iborat. Qurilmaning har ikkala tomonida shisha romli eshiklar va tabiiy shamollatishni ta'minlovchi to'rli darchalar mavjud. Qurilma kamerasida uch qator siljuvchan to'r patnislar o'rnatilgan bo'lib, ularga quritiladigan mahsulotlar yoyiladi. Har bir qator to'r patnisning yuzasi 1 m^2 ni (ikkita $0,5\text{ m}^2$.dan) tashkil qiladi. Qurilmaning umumiy quritish maydoni 3 m^2 .

Quritish kamerasida mahsulotni majburiy shamollatishni amalga oshirish uchun uning ostki qismida quvvati 4–5 Vatt bo‘lgan quyosh batareyasi yordamida ishlovchi miniventilator o‘rnatilgan.

Quriladigan mahsulot yuvib olingach, qurilma to‘r patnislariga joylashtiriladi, eshiklari va darchalari yopib qo‘yiladi. Qurilmaning shishalangan sirtlariga tushuvchi quyosh nurlarining asosiy qismi qurilma kamerasiga kirib, uning qismlari va meva-sabzavotlarda yutiladi va issiqlik energiyasiga aylanadi. Qurilma ichidagi harorat 550 °C dan orta boshlagach to‘rli darcha ochib qo‘yiladi. Mahsulotlardan ajralayotgan bug‘ aralashgan havo tabiiy shamollatish usulida konvektiv oqimlar bilan tashqariga chiqarib yuboriladi. Tajribalar majburiy shamollatishga ehtiyoj deyarli yo‘qligini ko‘rsatadi. Lekin, quyosh batareyasi o‘rnatilib, uning vositasida miniventilator ishlatilib majburiy shamollatish amalga oshirilsa mahsulotning qurish muddati 20 foizgacha qisqaradi. Mahsulotlarning barcha to‘r patnislarida bir xil qurishini ta‘minlash uchun ularning o‘rnini vaqti-vaqti bilan almashtirib turish mumkin.

Odatda mahsulotlar tarkibidan mexanik bog‘langan namlik chiqarib olinadi. Qurish jarayoni oxirida mahsulotning namligi taxminan 18–25 foizni tashkil etadi. Qandlik darajasi yuqori bo‘lgan meva-sabzavotlarda bug‘lanish suvning erkin sirtidagiga nisbatan ancha sekin boradi. Mahsulot qurigach to‘r patnislardan olinib, qurilma keyingi ish rejimiga tayyorlanadi. Rangsiz uzumlarni, shuningdek boshqa nav uzumlarni soyagi qilib quritishda qurilmaning yuqori to‘r patnisidan teparoqda va oldingi qismda qora rangli ko‘p teshikli metall ekran o‘rnatiladi. Bunda quyosh nurlari to‘g‘ridan-to‘g‘ri mahsulotga emas, balki ekranga tushadi. Qizigan ekrandan chiquvchi infraqizil nurlar mahsulotni qurishida muhim rol o‘ynaydi. Qurish jarayoni ekransiz holdagiga nisbatan 1–1,5 kunga kechiksa-da, mahsulot sifati yanada ortadi.



6.4.7-rasm. “GQI-3” gelioquritgich- issiqxona -issiqxona qurilmasining ishchi sxemasi: 1–shisha bilan qoplangan yog‘och karkas; 2–quritiladigan meva-sabzavotlar

yoyilishi uchun to‘r patnislar; 3, 5–tabiiy havo almashinuvini ta’minlovchi darchalar; 4–qurilmaning shishalangan eshigi; 6–quyosh batareyasi; 7–ventilator (quyosh batareyasiga ulangan).

6.5. Quyosh meva quritgichlari

Yoz va kuz fasllarida ho‘l mevalar (olma, o‘rik, uzumlar)ni sifatli qilib quritib olinadi. Meva va sabzavot mahsulotlarini quyidagi usullarda quritish mumkin:

1. Mahsulotlarni bevosita ochiq maydonlarda yig‘indi quyosh radiatsiyasi quritish.

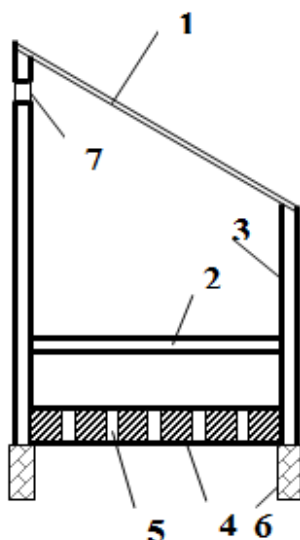
2. Mahsulotlarni sun‘iy ravishda quritadigan maxsus qurilmalarda quritish.

3. Mahsulotlarni maxsus quyosh qurilmalarida quritish.

Tekshirishlar meva mahsulotlarini maxsus quyosh qurilmalarida quritish birmuncha afzalliklarga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bu afzalliklar quyidagilardan iborat:

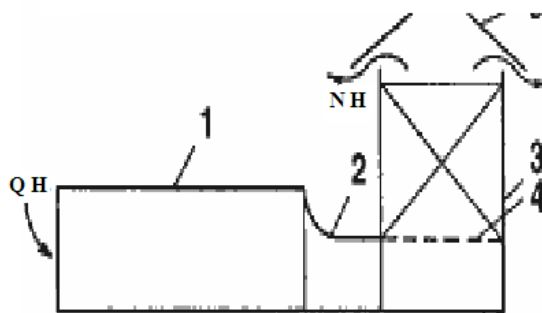
1. Quyosh qurilmalarida quritish uchun kamroq vaqt sarf bo‘ladi.

2. Quyosh qurilmalarida quritilgan mahsulotlarning sifati ochiq maydonlarda quritilgan mahsulotlarning sifatida yaxshi ya’ni quritilgan mahsulotlar tarkibida vitamin S ko‘proq bo‘lib, quritilayotgan mahsulotlar toza bo‘ladi. Quyosh quritkichlarining har xil turlari bo‘lib ularning bir-biridan materialning issiqlik o‘tkazish koeffitsientlari va quritilgan mahsulotning hajmi bilan farqlanadi. Quritkich devorlari asosan issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientlari juda kichik bo‘lgan moddalardan yasaladi. Quyosh quritkichlarining ko‘rinishlari (3.1)÷(3.9) chizmalarda keltirilgan. Havodan himoyalangan holda quritilgan qishloq xo‘jalik mahsulotlarida katta yo‘qotish hosil bo‘ladi, natijada to‘liq qurimaydi, ifloslanish, mog‘orlanish, qushlarning cho‘qishi, hasharotlar orqali ifloslanishi, shamol ta’siri kabi omillar mahsulotga isrof sarfini oshiradi.



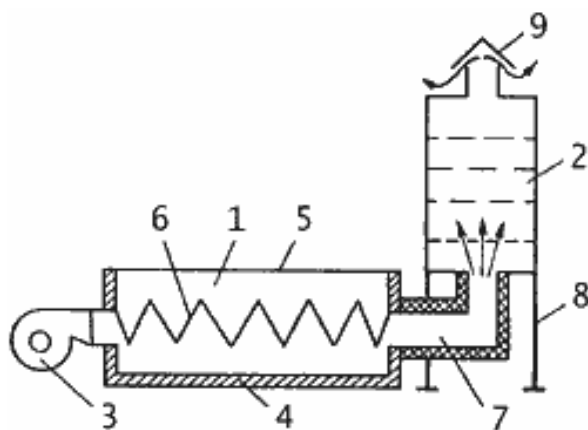
6.5.1-rasm. Nam materialni bevosita nurlantiruvchi quyosh quritgichi: 1-shaffof izolyatsiya; 2-material uchun platforma; 3-devor; 4-issqlik izolyatsiyasi; 5,7-tirqish; 6-asos.

“Issiq quti” tipidagi quyosh qurilmasini qo’llash quritkichning samaradorligini oshiradi va mahsulot yo‘qotilishini kamaytiradi. Qurish vaqtini jiddiy ravishda kamaytiradi va mahsulot sifatini yaxshilaydi, shu bilan birga vitaminlarni o‘zida saqlab qoladi. Biroq qishloq xo‘jaligida gelioquritgichdan foydalanish koefftsienti juda kichik. Ba’zi hollarda bir yilda bir necha hafta ishlatilishi ham mumkin va bu tabiiyki, quyosh quritgichi iqtisodiy samaradorligini yuqori bo‘lishini ta’minlamaydi.



6.5.2-rasm. Plyonkali quyosh- havo, isitgichli quyosh quritgichi: 1 - plyonkali quyosh- havo isitgichi; 2 - havo uzatuvchi quvuri; 3 – quritkich kamerasi; 4 – panjara; 5 - soyabon , QH-toza havo, NH-nam havo.

Quyosh quritgichlarini to‘g‘ri va qiya harakatining quyosh energiyasidan farqlaydi. Birinchi tur o‘rnatgichlarida quritish energiyasi aynan moddaning o‘zi bilan yutiladi va kameraning ichki devorlari qora rang bilan bo‘yalgan, platformada quritiladigan material joylashtiriladi. Bu turdagi quyosh quritgich 6.5.1-rasmda ko‘rsatilgan. U yuqori shaffof quyosh izolyatsiali, quritilgan materialni joylashtirish uchun teshilgan platforma yon devorlari (Janubiy devor shaffof materialdan iborat), havo kelishi uchun teshik issiqlik izolyatsiyasi asosdan iborat. Nam havoni quyosh quritgichdan yo‘qotish uchun shimoliy devorning yuqori qismida teshiklar mavjud. Ikkinchi turdagi quritgichlar qurilmasi quyosh havo isitgichi va kamerali yoki tunelli quritgichdan iborat. Kamerali quyosh quritgichida quritilgan material qatlami bo‘ylab harakatlanadi, pastdan yuqoriga to‘rli taglikda joylashtirilgan, shu vaqtda tunelli quritgichda materialni konveer bo‘ylab lentada harakatlanadi, ammo havo oqim yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan.



6.5.3-rasm. Ventilyatorli havo isitgichli kamerali quyosh quritgichi: 1 - havo isitgich; 2 - qurituvchi kamera; 3 – ventilyator; 4 - issiqlikdan izolyatsiyalangan korpus; 5 - shaffof izolyatsiya; 6 - absorber; 7 - havo uzatuvchi quvuri; 8 - tayanch; 9 –soyabon.

Kamerali gelioquritgichning bir nechta misollarini ko‘ramiz. Polimer plyonka ishlatilayotgan oddiy quritgichlar 6.5.2-rasmga qarab ishlab chiqarish mumkin. U tabiiy tortish asosida ishlatiladi. Havo plyonkali quyosh havo isitgichlarida isitiladi va u quritgich kamerasining pastgi qismiga havo uzatgichidan kelib tushadi, teshik taglikda (to‘r, panjara) nam material joylashtiriladi. Ko‘rinib turibdiki, 6.5.3-rasmda quyosh kamerali quritgich majburiy purkash yo‘li bilan amalga oshiriladi. U o‘z ichiga quyidagilarni oladi: havoni isitadigan qurilma; quritish kamerasi; ventilyator. Havo isitgichining issiqlik izolyatsiyasi qobig‘idagi shaffof izolyatsiya nurni yutuvchi, qoraytirilgan gaffirovanlangan metaldan yasalgan. Issiqlikdan izolyatsiyalangan havo yo‘naltirgichdan issiq havo qurituvchi kameraga quritilayotgan material uchun teshikli taglikka kelib tushadi, u yuqoridan soyabon bilan qoplangan va asosga o‘rnatilgan.

Ko‘rsatilgan quyosh quritkichi yuqori samaradorlikka ega. Kollektorning havoning yuqori sarfiga asosan foydali ish koefftsienti 75% ga etadi ($0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ yoki $0,13 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$), bosimning yo‘qolishi 250 Pa gacha keladi. O‘zini qoplash muddati 5 yilgacha.

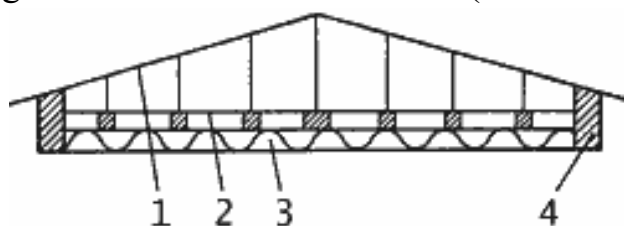
Oddiy va arzon bo‘lgan quyosh quritkichi shaffof va qora polimer plyonkalardan tayyorlaniladi, u ultrabinafsha nurlar tasiriga stabillashtirilgan. (6.5.4-rasm). Taxta karkasga 0,1 mm qalinlikdagi polietilen plyonka tortilgan, tubi esa o‘zidan (0,1 mm) qora polietilen plyonkadan tayyorlangan bo‘lib bu tub 75 mm qalinlikka ega bo‘lgan va issiqlik izolyatsiyasi uchun xizmat qiladigan bir qator po‘kak joylashtirilgan. Chetki devorlarning pastki qismiga tuproq sepilgan bo‘lib, kollektorning uzunligi va qalinligi 30 m va 4,6 m. Qizdirilgan havo diametri 1,5 m va balandligi 1,8 m bo‘lgan silindrsimon kameraga yetib keladi, unda 1,75 tonna og‘irlikdagi xalq xo‘jaligi mahsulotlari qalinligi 150 mm bo‘lgan bir nechta qavat qilib joylashtiriladi va quritiladi.

Quyosh havo kollektorining panellari vintilyatorga havo o‘tuvchi quvur yordamida biriktiriladi. Havo kollektorining nur yutuvchi yuzasi g‘adir budur matritsa bo‘lib u quyosh nurlanishini va o‘ta rivojlangan havoni qizdiruvchi kontakt yuzadan

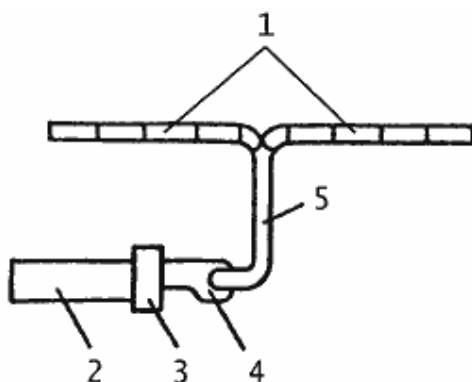
iborat. Korpusning ikki yon va orqa tomon devorlari mis qatlami bilan qoplangan temir bo'lib u issiqlik izolyatsiyasiga ega.

Shaffof izolyatsiya maxsus mustahkam polimer moddadan bo'lib u quyosh nurlanishini yuqori darajada o'tkazuvchi va ultrabinafsha nurlanishini qaytaruvchi bo'lib hisoblanadi.

Kengligi 4,2 m va uzunligi 2,5 m bo'lgan oddiy modullar odatda ketma-ketlikda joylashtiriladi. Uzunligi 14,5 m bo'lgan ikki panel bitta ventilyatorga kavsharlangan bo'lib uning yodamida aynan shu quyosh kollektoridan havoning haydalishi kuzatiladi. Shunday qilib quyosh kollektorining yassi yuzasi 120 m^2 bo'lgan quyosh quritkichi uchun quvvati 3,5 kVt bo'lgan bir dona ventilyator yetarli bo'ladi. Quritkichning bir kunlik ishchanlik qobiliyati agar quyosh nurlanishining oqim zichligi 19 MJ/m^2 bo'lsa, u holda 400 kg quritilgan mahsulot olinishi mumkin (6.5.5-rasm).



6.5.4-rasm. Plyonkali quyosh quritgichi: 1 - shaffof polimer plyonka; 2 – mevalarni yoyish uchun qora plyonka; 3 – issiqlik izolyatsiyasi; 4 - yon devorlar.



6.5.5-rasm. Modul tipidagi quyosh quritgichi: 1 – havo isitgich modulli; 2 – quritish novi; 3 – ventilyator; 4 – havo taqsimlagich; 5 – havo o'tuvchi quvur.

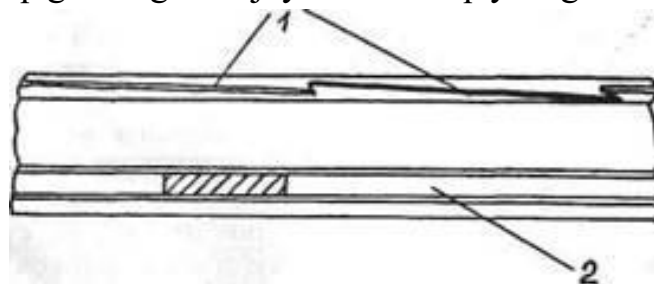
Don qizdirilgan havo bilan haydalib turadigan gorizontaal tarnovchaga joylashtiriladi. Analogik qurilmalar makkajo'xori va boshqa donli maxsulotlarni, tamaki barglarini quritishga ishlatiladi. Donning quritilishi uchun gorizontaal tarnov yoki vertikal bunkerdan keluvchi qizdirilgan havodan foydalanish mumkin. Bunda havoning temperaturasi (qavatning balandligi 4 m gacha) $2...30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ yoki $5...15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (qatlamning balandligi 1,5 m gacha) dan atrof muhitning haroratidan yuqori bo'lishi kerak. Qatlam qalinligining chegaralanishi yuqori qismida suv bug'larining kondensatsiyasining paydo bo'lish sharti bilan xavfli bo'lib, u ayniqsa yomg'irli kunlarda, havoning namligi yuqori bo'lgan kunlarda kuzatiladi. Yem va xashakning quritilishi uchun quyidagi metodlardan foydalanish mumkin: Issiq havo yordamida

quritish ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$) yoki iliq havo bilan ($40\ldots 80\text{ }^{\circ}\text{C}$); Sal qizdirilgan havo bilan shamollatish ($0\ldots 10^{\circ}\text{C}$);

Tashqi qizdirilmagan havo bilan shamollatish va xashakni tabiiy sharoitda yerda quritish. Xashakni quyosh energiyasi yordamida quritish suyuq yoqilg'i yordamida ishlaydigan qurilma bilan quritilganga nisbatan energiya sarfi kamroq bo'ladi va taxminan qizdirilmagan havo bilan quritish paytidagi energiya sarfi bilan teng bo'ladi. Sistemaga havoning temperaturasi quyoshli kunda $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga va bulutli kunda $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga ko'tariluvchi quyosh energiyali havo kollektoridan foydalaniladi. Bu holda xashakning namligi bulutli kunda 5% ga kamayadi. Quyosh energiyasi kollektori sifatida oddiy shisha qo'yilgan quyosh kollektori yoki qurilma tomining o'zi ishlatilishi mumkin. Uning tagida esa quyosh kollektorining tubi va vintilyator yordamida havo haydalib turiladi.

Qurilish o'rmon taxtalarining hajmi 65 m^3 bo'lgan issiqlik izolyatsiyalangan kamerada quritilishi mumkin. Unda 10 m^3 hajmdagi material joylashtiriladi; vintilyator yordamida havoning sirkulyatsiyasi amalga oshiriladi; havo 75 m^2 yuzaga ega bo'lgan kollektorda qizdiriladi.

Quyosh havo quritgichi o'zining oddiyligi bilan o'ziga jalb qilib, u havo sharoitlari bilan bog'liq, chunki quritish faqatgina yuqori temperatura va past namliklarda hosil bo'ladi. Agar issiqlik yetishmovchiligi bo'lsa hosil bo'ladigan maxsulot sifatsiz bo'ladi. Odatda tayyorlangan mahsulotlar bir tekis yoki bir necha qavat qilib qatlangan oddiy ipga o'tkaziladi va quyoshga osib qo'yiladi yoki oddiygina bir qator qilib fanera qog'oz taglikka joylashtirilib quyoshga teriladi.



6.5.6-rasm. Quyosh-shamolli quritqich qurilmasinig chizmasi: 1 - shisha; 2 - ikki qavatli asos.

Bu turdagi quritish uzoq vaqtni talab etadi ($4\text{--}15$ kun). Quritish paytida tayyorlanayotgan mahsulotga namlik tushmasligiga e'tibor qaratish lozim. Kechqurun esa bo'lishi mumkin bo'lgan yog'ingarchilikdan uni yopiq xonaga olib qo'yish, zarur bo'lgan hollarda chivin va boshqa hasharotlardan himoyalash maqsadida doka bilan yopib qo'yish lozim.

Quyosh-shamolli quritgich, bu usul bilan ko'plab miqdordagi uzum, o'rik va boshqa mevalar quritiladi. Bunday quritgichlardan Rossiyaning ba'zi bir hududlarida yoz oylarida va kuzning boshlarida quruq va ko'p quyosh tushadigan tomonlarida

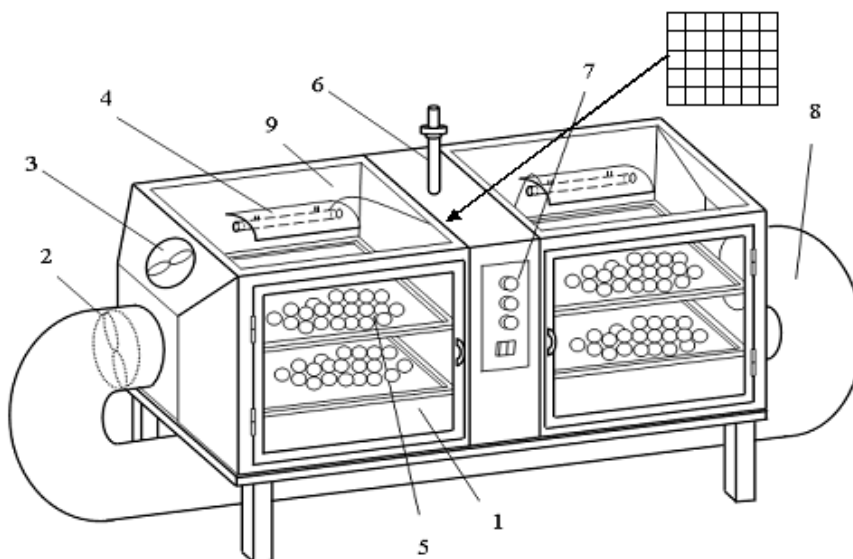
hamda, Kavkazda, Moldovada va Ukrainaning janubida foydalanish mumkin 6.5.6-rasm.

Mahsulotlarni buzilib qolish xavfi bo'lganligi uchun shimoliy mintaqalarda quyosh-shamolli quritgichlardan foydalanish chegaralangan Quyosh-shamolli quritgichning qulayligi shundan iboratki uni maxsus tayyorlangan quyosh quritgichi sifatida qo'llash mumkin. Qurilma sodda bo'lib hamma uchun qulay.

Quyosh quritgichining o'lchami va tuzilishi turlicha bo'lib materialiga qarab yoki quritiladigan mahsulotning hajmiga bog'liq bo'ladi

Quritgichning ishlash jarayoni quyosh nuri yordamida mevalarni quritishga asoslangan bo'lib, bir vaqtning o'zida ularni changdan, hasharotlardan, yomg'irdan, namdan (shudring) himoya qiladi. Mana shuning uchun qurilma shunday bo'lishi kerakki, iloj boricha ko'proq quyosh nurini o'tkazib, bir vaqtning o'zida hosil bo'lgan namlikni yo'qotishi zarur.

Quyosh quritgichlarida tempera-namlik rejimi asosan quyosh radiatsiyasi, tashqi harorati, havo namligi, quritgich turi, va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Bu omillar sutka davomida o'zgarib turadi. Shuning uchun quyosh quritgichlarning temperatura-namlik rejimini boshqarish muhim muammolardan biri hisoblanadi. Quritilgan meva va sabzavotlarning sifati quritish kamerasidagi temperatura-namlik rejimiga, mevalarga dastlabki ishlov berish va boshqa ta'sirlarga bog'liq bo'ladi. Bu masalani hal qilish maqsadida uzluksiz ishlaydigan avtomatlashtirilgan quyosh meva quritgich qurilmasi yaratilgan (6.5.7-rasm). Qurilma ichida boradigan jarayonlar avtomatik rejimda boshqariladi. Kamera ichidagi maksimal harorat 62 °C ni tashkil etadi. Reserkulyatsiya rejimida kamera balandligi bo'yicha temperatura farqi 4-6 °C ga teng bo'ladi.



6.5.7-rasm. Quritish qurilmasining prinsipial sxemasi. 1 – quritish kamerasi, 2,3 – ventilyatorlar, 4 – reflektorli IK-nurli lampa, 5 – mahsulotlar uchun poddon, 6 –

kontakt termometr, 7 – boshqarish pulti, 8 – havo oqimi aylanuvchi quvur, 9 – shisha qatlam, 10 – fotobatareya.

Bunda, issiqlik tashuvchining tezligi sekundiga 1-1,5 metrni, havoning nisbiy namligi esa 35% ga tengligi aniqlangan. Soat 14⁰⁰ dan 16⁰⁰ gacha harorat 30-34 °C gacha kamayadi. Tabiiyki past haroratda mevalarning qurish tezligi kamayadi. Kamerada mevalarning qurish tezligini bir me'yorda saqlash uchun qo'shimcha issiqlik manbai (IK-lampalardan) foydalaniladi. Harorat 35-40 °C dan pasayganda termoregulyator IK lampalarni ulaydi. Zarur bo'lsa IK lampalarni regulyator yordamida 70 °C dan katta bo'lmagan istalgan haroratda ham tarmoqqa ulash mumkin. Qurilmani uzluksiz ishlashi uchun IK lampalardan foydalaniladi. Qurilmani ishlatish uchun zarur bo'lgan energiya Quyosh energiyasini fotobatareya yordamida elektr energiyasiga aylantirib berish orqali amalga oshiriladi. Mazkur qurilmada quritilgan mevalar sifatining yuqoriligi bilan boshqa qurilmalarda quritilgan mahsulotlardan ajralib turadi. Qurilmaning har bir metr kvadrat yuzasi hisobidan mahsulotning pishib yetishi va mavsumiga bog'liq holda navbatma - navbat 25-30 kg o'rik, 10-15 kg gilos, 25-30 kg pomidor, 25 - 30 kg mayiz, 5-10 kg kovun va hokazolarni quruq holda tayyorlash mumkin.

Meva va uzumlar undan tayyorlangan qoqilarda organizm uchun zarur bo'lgan vitaminlar borki, uni doimo ma'lum miqdorda iste'mol qilib turish kerak. Jahonning nufuzli Tibbiyot Fanlar akademiyalari va xalq tabobati tavsiyalariga muvofiq inson organizmining normal rivojlanishi uchun har kuni 7 kg quruq meva yoki nahorda 5-7 dona mayiz iste'mol qilishni maslahat beradilar.

Bugungi kunda jahon sivilizasiyasida meva va uzumlarni quritishni shartli ravishda 3 yo'nalishga ajratilganini ko'rish mumkin:

- 1) ochiq havoda quyosh radiatsiyasi ta'sirida tabiiy quritish;
- 2) maxsus tayyorlangan mashinalar yordamida gaz, neft yoki elektr energiyasi yordamida quritish;

- 3) quyosh energisidan foydalanuvchi maxsus quyosh qurilmalari yordamida quritish. Olib borilgan tadqiqotlar asosida shuni aytish mumkinki, tabiiy quritish uzoq vaqt davom etadi, ob-havo noqulay bo'lsa mahsulot nobudgarchiligi bo'ladi. Sun'iy quritish uchun har bir kg mayiz uchun 0,5 kg yoqilg'i sarflanadi. Quyosh qurilmalari energiya talab qilmaydi. Lekin sun'iy quritishga nisbatan ko'proq maydonchani talab qiladi.

Hozirgi vaqtda olimlarimiz tomonidan qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritishda quyosh energiyasidan samarali foydalaniladigan qurilmalar yaratilgan, unumli ishlaydigan konstruksiyalar yaratish ustida ishlar olib borilmoqda.

6.5.1-jadval

Quritgichlar	Ochiq havoda	Radiatsion quritgich	Kamerali quritgich	Kombinatsiyalashgan
--------------	--------------	----------------------	--------------------	---------------------

Har bir m ² ga joylashiriladigan mahsulot	15-20	15-20	15-20	20-25
Qurish vaqti (sutka)	17-20	7	9	6-8
Unumdorlik kg/m ²	0,25	0,65	0,5	0,9

Quyosh quritgichlarini shartli ravishda 3 guruhga ajratish mumkin. 1-radiasion quritgich. Bunda quritiladigan mahsulot issiq quti ichida o'rnatiladi. Mevalarni qurishi bevosita quyosh nurlari ta'sirida bo'ladi. 2. Konvektiv quritgich. Bunda quritiladigan mevalar padnoslar bilan maxsus kamerada o'rnatilib quyosh-havo qizdirgichlari bilan qizdirilgan havo vintilyator yordamida kameraga yo'naltiriladi. 3. Kombinatsiyalashgan quritgich. Quyidagi 6.5.1-jadvalda turli qurilmalarda uzum quritishning taqqosiy sinash natijalari keltirilgan. Har qanday quritgichni hisoblashda dastlabki ma'lumotlar sifatida quyidagilar olinadi.

1. Quritgichning ho'l yoki quruq mahsulotga nisbatan unumdorligi.

$$\Pi_i \frac{kg}{sutka} yoki \frac{kg}{soat}$$

2. Quritgan mahsulotning dastlabki namligi W_H %;

3. Quritilgan mahsulotning oxirgi namligi %;

4. Atrof-muhit harorati °C;

5. Quritgich kamerasi ichidagi harorat °C;

6. Qurish davomiyligi τ sutka.

Quyosh quritgichi kattaliklari quyidagi formulalar bilan ketma-ketlikda hisoblanadi.

Dastlab quritish kamerasida bug'lanadigan nam miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$m = \frac{G_1 W_1 - G_2 W_2}{100} \quad (6.5.1)$$

Bu yerda: G mos ravishda materialning quritishdan oldin va quritilgan (meva) mahsulot massasi; $- W_1 W_2$ materialning quritishdan oldingi va quritilgandan keyingi namligi %.

Materialdagi (mevadagi) bunday miqdordagi namlik bug'latib yuborish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan topiladi.

$$Q = \frac{1000m}{d_2 - d_1} i_0 \quad (6.5.2)$$

bu yerda $- i_a$ quritish agenti entalpiyasi,

$$i_a = ct_0 + 0,001d(2500 + 1,81t_0) \quad (6.5.3)$$

bunda, d_1, d_2, d_0 lar quritish agentining quritish kamerasidagi, kameradan chiqadigan va quruq havoning absolyut namligidir. C - quruq havoning issiqlik sig'imi;

Quyosh radiasion – konvektiv quritgichning shaffof sirtiga tushadigan quyosh energiyasini quyidagi munosabatdan topamiz.

$$ADJS \cos i = Q_{nur} + Q_{kon} + Q_{IB} + Q_B = C \left[\left(\frac{T}{100} \right)^u - \left(\frac{T_0}{100} \right)^u \right] + \alpha(t_6 - t_0) + Q_{IB} + Q_B \quad (6.5.4)$$

bu yerda, J - quritgich shaffof sirtpga tushadigan quyosh nurlanishi (energiyasi) intensivligi Vt/m^2 . D - shisha yoki plenkaning o'tkazish koeffisienti. A - yutilish koeffisienti. T - quritgich kamerasidagi harorat. T_0 - shishaning harorati; quritgich kamerasidan va ishlatilgan havo bilan tashqariga chiqarib yuborilgan issiqlik miqdori. t_0 - havoning o'rtacha harorati. t_k - kamera harorati. α - issiqlik almashinish koeffisienti, $\alpha=5,7+3,8v$ bu yerda, v – havo tezligi.

Shisha yoki plenkaning issiqlik tavsiflari ma'lumotnomalardan olinadi. Masalan, PTEF plenkasining issiqlik tavsiflari quyidagicha:

$$D=0,88; A=0,94; \lambda_\delta=0,44 VT/MK; \alpha=8 VT/m^2k$$

plenka qalinligi $d=0,001m$; material (meva)dan zarur bo'lgan issiqlikni olish uchun kamera shaffof yuzasining kattaligi aniqlanadi. Quritgichda quritish agentini harakatlantiradigan ventilyatorni tanlash uni havo sarfi quyidagicha aniqlanadi. Meva (mahsulot) dan o'rtaga sutkalik bug'lanish miqdori quyidagicha topiladi.

$m_{orr} = \frac{m}{\tau}$; bu yerda, τ – mevalarni qurish vaqti.

Quritgichda havo sarfi L quyidagi formuladan topiladi:

$$L = \frac{1000m}{d_2 - d_1}$$

d_1, d_2 larning qiymati o'rtaga havo parametrlariga bog'liq.

Mevalarning o'rtacha qurish davomiyligini τ – ni bilgan holda butun mevalarni qurishi davomidagi havo sarfini topish mumkin.

$$L = L_{orr}\tau \quad (6.5.5)$$

L – havo sarfini bilgan holda havo hajmini quyidagi ifodadan topish mumkin.

$$L = \frac{L}{\rho} \quad (6.5.6)$$

Yuqoridan ta'kidlangandek m massali mevani quritish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini issiqlik balansidan topiladi.

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$$

bu yerda, Q_1 va Q_2 mos ravishda mevani qizdirish va bug'lanish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori. Q_3 - konveksiya tufayli yo'qolgan issiqlik miqdori; Q_4 - quritgichdan ishlatilgan havo bilan birga chiqib ketadigan issiqlik miqdori. Bu issiqlik miqdorlarini quyidagi munosobatlardan topish mumkin.

$Q_1=C_m(t_2-t_1)$ - mahsulotni qizdirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori, C - mevaning issiqlik sig'imi.

$Q_2=rm$ - mevani bug'latish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori.

$Q_3=\alpha(t_2-t_1)$ - konveksiya tufayli yo'qolgan issiqlik miqdori.

$Q_4=L(i_2-i_1)$ - ishlatilgan havo bilan birga tashqariga chiqarib yuboriladigan issiqlik miqdori.

Quritgichning sharffof yuzasi orqali kiradigan quyosh radiatsiyasi quyidagi ifodadan topiladi.

$$Q = BJS \cos i \quad (6.5.7)$$

bu yerda, i - quyosh nurlarini quritgich sirtiga tushish burchagi. Ushbu munosabatlardan foydalanib quritgichning foydali ish koeffisientini topish mumkin.

$$\eta = \frac{rm}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (6.5.8)$$

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Jo'rayev T.D. Quyosh issiqlik qurilmalari. Qo'llanma. Toshkent. Dizayn-Press, 2012. 96 b.
2. Абдурахманов А.А. Высокотемпературные солнечные установки. Курс лекций летней школы по возобновляемым источникам энергии. –Т.:АН РУз.НПО «Физика-Солнце». 2007. стр. 224–255.
3. Абдурахманов А.А. Высокотемпературные солнечные зеркально-концентрирующие системы (ЗКС) энергетического и технологического назначения. Web material – Sci/ fan. Uz. 2011.
4. Авакян А.Б., Санин М.В., Эльпинер Л.И. Опреснение воды в природе и народном хозяйстве. Москва, «Наука», 1987.
5. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. – Т.: «Фан», 1988.
6. Авезов Р.Р. Тепловое преобразование солнечной энергии и солнечные тепловые установки. Курс лекций летней школы по возобновляемым источникам энергии. – Т.: АН РУз.НПО «Физика-Солнце». 2007.стр. 58–62.
7. Авезова Н.Р. Исследование абсорбционных солнечных коллекторов с ёмкими приемниками полуцилиндрической формы. Автореферат канд.диссер.–Т.: 2004.
8. Ахатов Ж.С. Разработка и исследование солнечных парниковых водоопреснителей с многоступенчатыми рекупертивными испарительно-конденсационными камерами. Автореферат канд.диссер. – Т.: 2007.
9. Жимерин Д.Г. Энергетика. Настоящее и будущее. – М.: Знание, 1978. – 189 с.
- 10.Использование солнечной энергии при космических исследованиях /Пер. с англ. –М.: Мир, 1982. – 402 с.
- 11.Даффи Д. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии /Под ред. Малевского Ю. Н. – М.: Мир, 1977. – 409 с.
- 12.11. Мельников Ю. Ф. Светотехнические материалы. – М.: Высшая школа, 1976–151 с.
- 13.Lurasdaine E., Cherng J. C. On heat exchangers used with solar concentrators // Solar energy. – 1976. – Vol. 18, 1. – P. 197-198.
- 14.Parmol G. S., Cheema L. S. Performance and optimization of a cylindrical parabola collector //Solar Energy. – 1976. – Vol. 18, 3. – P. 150-154.
- 15.Cobble M. H. Theoretical concentrations for solar furnaces //Solar Energy. – 1961. – Vol. 5, 2. – P. 61-72.
- 16.Sharver W. W., Duffi W.S. Solar thermal electric power systems composition of lin-focus collectors //Solar Energy. –1979. – Vol. 22, 2. – P. 49-61.
- 17.Ласло Т. Оптические высокотемпературные печи. – М.: Мир, 1968. – 207 с.

- 18.Апариси Р.Р. Экспериментальная установка для получения высоких температур //Использование солнечной энергии. – М.: Изд-во РАН, 1957. – С. 151-152.
- 19.Баум В.А., Апариси Р. Р., Тепляков Д. И. Об объективной оценке точности оптических систем солнечных установок // Теплоэнергетика; под ред. Баума В. А. – М.: Изд-во РАН, 1960. – С. 142-148.
- 20.Захидов Р. А., Вайнер А. А., Умаров Г. Я. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем. – Ташкент: Фан, 1977. – 134 с.
- 21.Эргашев С.Ф. Разработка и исследование солнечной параболоцилиндрической установки с тепловой трубой в качестве теплоприемника.: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Ашхабад: НПО-Солнце, 1984. – 20 с.
- 22.С.Ф. Эргашев, А.А.Кучкаров. Бытовые солнечные водонагреватели: Монография. Фергана-2021.
- 23.Попель О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире//Учебное пособие. – Москва. Издательский дом МЭИ.2015
- 24.М.М.Mamadazimov, Sh.A.Egamberdiev Quyosh fizikasi// O‘quv qo‘llanma. O‘zMU nashriyoti.1999. 30 s.
- 25.Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика// Учебное пособие для Вузов. Москва. Издательский дом МЭИ. 2008.
- 26.Mukurjee A.K., Nivedita Thakur Photovoltaic Systems, analysis and design//2014/Dehli.
- 27.Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира. – Т.: «Фан ва технология», 2009. 464 с.
- 28.Tursunov M.N, Mamadaliev A.T Yarim o‘tkazgichli Quyosh elementlari fizikasi va texnologiyasi // O‘quv qo‘llanma. Tashkent. O‘zMU, 2002. 96-b.
- 29.Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М. Основы фотоэлектричества // – М.: Наука; 2007. – С. 258.
- 30.Обухов С. Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии// Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета. 2008. – С.140.
- 31.Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки// – М.:Энергоатомиздат, 1991. 208 с.
- 32.М.М. Мухаммадиев, К.Д. Потаенко Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Ташкент: ТашГТУ, 2005. 213 с.
- 33.Файзиев Ш.А, Собиров Ю.Б, Беков Д.Х, Махмудов С.Ш Измерение солнечных ресурсов Паркентского района Ташкентской области//Современные проблемы физики полупроводников. Материалы Республиканской научной конференции. 26–27 октября 2018 г. НУУз.
- 34.I.A. Yildoshev, M.N. Tursunov, S.Q. Shog‘uchqarov, T.R. Jamolov Quyosh energetikasi//O‘quv qo‘llanma. Tashkent. Sanostandart nashriyoti.-186 b.

- 35.А. да Роза Возобновляемые источники энергии: физико- технические основы. Перевод с английского под редакцией С.П. Малышко и О.С. Попеля. Издательский дом МЭИ. Издательский дом Интеллект. Долгопрудный-Москва 2010.
- 36.Д.С. Стребкова, Э.В. Тверьянович Концентраторы солнечного излучения. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 316 с.
- 37.J.S. Akhatov, I.A. Yuldashev, A.S. Halimov Study of thermal technical parameters and experimental investigations on PV-Thermal collector// International Journal of Engineering and Advanced Research Technology (IJEART) Volume-1, Issue-1, July 2015 pp.71-75
- 38.Твайделл. Дж., Уэйр А., «Возобновляемые источники энергии». М., Энергоатомиздат, 1990.
- 39.Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования. Учебник. – Москва: 2003. – 567 с.
- 40.Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – Санк-Петербург: Наука и техника, 2011. – 320 с.
- 41.Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
- 42.Кепко О.И., Виноградов-Салтыков В.А. Теплотехнология замкнутой системы отопления и вентиляции теплиц // Промышленная теплотехника, 2008. т.30, –№4. –С.50-55.
- 43.Клычев Ш.И., Мухаммадиев М.М., Авезов Р.Р., Потаенко К.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебник. – Ташкент: Фан ва технология, 2010. – 192 с.
- 44.Ляшков В.И., Кузьмин С.Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. -96 с.
- 45.Мухитдинов М., Эргашев С.Ф., Исакулов Ж.И. Қуёш энергиясидан фойдаланиш. Тошкент. ДТМ. 1999. -107 б.
- 46.Сибикин Ю.Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2010. – 232 с.
- 47.Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
- 48.Шодиметов К. Муқобил энергия турлари – ҳаётга!. –Т.: SHARQ NMAK, 2011. – 88 .
- 49.Қаххоров С.Қ., Самиев К.А., Жўраев Ҳ.О. Қуёш қурилмаларидаги жараёнлари моделлаштириш. Монография. –Тошкент. ITA PRESS, 2014. – 208 б.
- 50.Duffie J., Beckman W. Solar engineering of thermal processes. New York. Wiley, 1991. -919p.

51. Jo'rayev T.D. Quyosh issiqlik qurilmalari. O'quv qo'llanma. -B.: Dizayn-Press, 2012. – 107 b.
52. М.М. Мухаммадиев, Б.У. Уришев, Э.К. Мамадиёров, К.С. Джураев
Энергетические установки малой мощности на базе возобновляемых
источников энергии // Ташкент. ТашГТУ, 2015. С.161

MUNDARIJA:

KIRISH.....	4
I BOB. QUYOSH VA UNING TUZILISHI. QUYOSH NURLANISHINING TABIATI	6
1.1. Quyosh va uning energiyasi manbasi.....	6
1.2. Quyosh radiatsiyasining spektral tarkibi	9
1.3. Quyosh nurlanishi manbalari va uning o‘ziga xosligi. Asosiy tushunchalar va kattaliklar	13
1.4. Quyosh radiatsiyasining turlari va ularni o‘lchash.....	16
1.5. Gorizontal hamda qiya sirtga tushuvchi to‘g‘ri, diffuz hamda umumiy quyosh nurlanishining kunlik umumiy ko‘rsatkichlari.....	20
II BOB. QUYOSH ENERGIYASINI ISSIQLIKKA AYLANTIRISHNING FIZIKAVIY ASOSLARI	25
2.1. Issiqlik uzatish. Issiqlik uzatish prinsiplari. Issiqlik o‘tkazuvchanlik. (konvektiv issiklik uzatish).....	25
2.2. Konvektiv issiklik uzatish	31
2.3. Laminar rejimda massa, harakat miqdori hamda energiyaning saqlanish qonuniyatlari. Reynolds analogiyasi	38
2.4. Silindrik, sharsimon va quvurlarda oqim vaqtida konvektiv issiqlik almashinuvi	45
2.5. Erkin va majburiy konveksiya.....	51
2.6. Majburiy konveksiya sharoitlarida konvektiv issiqlik almashinuvi	63
2.7. Radiatsion issiqlik almashinuvi. Yuza sirtlari o‘rtasida issiqlik almashinuvi nurlanishi	68
III BOB. QUYOSH KOLLEKTORLARI VA KONSENTRATORLARI	75
3.1. Yassi quyosh kollektorlari. Yassi quyosh kollektorlarining asosiy elementlari..	75
3.2. Yassi quyosh kollektorlarining yorug‘lik yutuvchi shaffof qoplamalarining optik xarakteristiklari	78
3.3. Quyosh konsentratorlari va pechlari	81
3.4. Yassi quyosh kollektorlarining atrof-muhitga issiqlik yo‘qotilishlari	95
3.5. Yorug‘likning turli materiallarda yutilishi	102
3.6. Yuqori temperaturali quyosh qurilmalarining issiqlik hisobi	107
3.7. Vakuum trubkali kollektorlar	109
3.8. Havo qizdiruvchi kollektorlar	113
3.9. Passiv va aktiv sirkulyatsiyali quyosh suv isitgichlarining ish jarayoni.....	116
3.10. Quyosh energetik qurilmalarini tayyorlash, montaj va ekspluatatsiyasi	120
3.11. Minora turidagi Quyosh elektr stansiyalari va ularning energetik xususiyatlari	129
3.12. Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari.....	132
3.13. Kondensatsiya jarayonida issiqlik almashinuvi	133
IV BOB. PASSIV QUYOSH ISITISH TIZIMLARI.....	143
4.1. Passiv quyosh isitish tizimlari va ularning tahlili	143
4.2. Passiv uylarni qurishning ekologik jihatlar.....	149
4.3. Passiv Quyosh isitish tizimlarining kamchiliklari.....	153

4.4. Faol quyosh isitish tizimlari va ularning tahlili. Faol quyosh isitish tizimlari. .	155
4.5. Uyg'unlashgan (faol va passiv) quyosh isitish tizimlari: afzalliklari va kamchiliklari.....	161
4.6. Energofaol shaffof to'siqli insolyatsion passiv quyoshiy isitish ta'minoti tizimi	164
4.7. Issiqlik akkumulyatoriga ega bo'lmagan faol quyosh isitish tizimining statik modeli	173
4.8. Issiqlik akkumulyatoriga ega faol quyosh isitish tizimining dinamik modeli ...	176
4.9. Insolyatsion passiv isitish tizimlarida quyosh nurlanishining sutkalik ortiqcha issiqligini qisqa muddatli jamlash uchun issiqlik sig'imini aniqlash va materiallarni tanlash.....	181
V BOB. ISSIQLIK AKKUMULYATSIYA TIZIMLARI	184
5.1. Geliotizimlarda issiqlikni akkumulyatsiya qilish.....	184
5.2 Issiqlik saqlash tizimining xususiyatlari	185
5.3 Saqlash texnologiyalari	188
5.4. Termodinamika asoslari	191
5.5. Oqilona issiqlik saqlash tizimi	195
5.6. Issiqlik energiyasini yashirin(latent) saqlash	215
5.7. Termokimyoviy-energiya saqlash tizimlari	230
5.8. Issiqlik akkumulyatorlari.....	237
5.9. Kimyoviy issiqlik akkumulyatori.....	245
VI BOB. QUYOSH ISSIQLIK QURILMALARI.....	249
6.1. Quyosh suv chuchitgich qurilmalari. Quyosh suv chuchitgich qurilmalarining turlari va har xil konstruksiyalari	249
6.2. Quyosh suv chuchitgichlarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlari.....	255
6.3. Parnik turdagi quyosh suv chuchitgich qurilmalarning ish jarayoni. Quyosh suv chuchitgich qurilmasining issiqlik texnikaviy xarakteristikalarini baholash.....	258
6.4. Quyosh quritgich qurilmalari. Ularning ish jarayoni va har xil konstruksiyalari	261
6.5. Quyosh meva quritgichlari	268
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	278



Co-funded by the
European Union

