

I.A. YULDOSHEV, M.Q. SULTONOV,
F.M. YULDASHEV



QUYOSH ENERGETIKASI

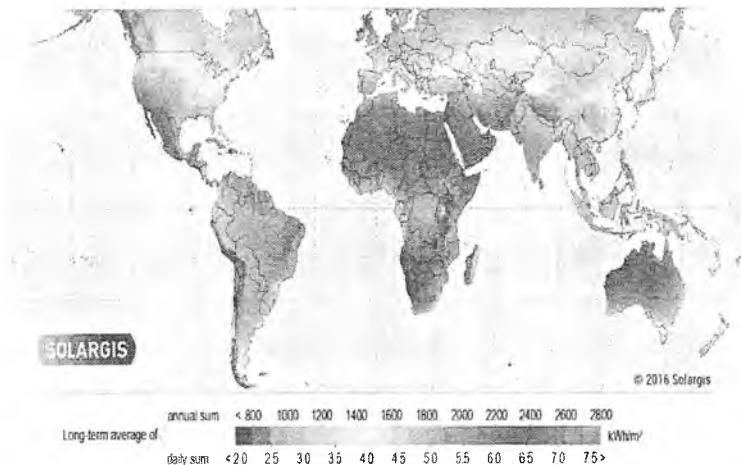
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM
VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

I.A YULDOSHEV, M.Q SULTONOV, F.M YULDASHEV

QUYOSH ENERGETIKASI

DARSLIK



Toshkent-2022

“Quyosh energetikasi” fanidan:[Matn] darslik/. Yuldoshev I.A.,
Sultonov M.Q., Yuldashev F.M. -Toshkent:"Bookany print,"2022. -338bet

Darslik o'quv rejasidagi “Quyosh energetikasi” fani bo'yicha ToshDTU ning 6071100 va 70711001- “Muqobil energiya manbalari” ixtisosliklari bo'yicha kunduzgi bo'lim bakalavrlari va magistratura mutaxassisliklariga ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda foydalanish uchun mo'ljallangan.

Bu darslikda “Quyosh energetikasi” fani bo'yicha asosiy qonuniyatlar, tushunchalar, quyosh nurining fizik xususiyatlari, kosmosda va Yer sharoitida gorizont va gorizontga qiya joylashgan qabul qilgich maydonchaga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi va energiyasining potensil resurslarini, shuningdek berilgan $S(\text{km}^2)$ hududida, $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada Quyosh energiyasining yalpi rusurslarini hisoblash usullari, yarimo'tkazgich materiallar asosidagi quyosh elementlari, ularning zamonaviy holati va istiqbollari, Quyosh fotoelektrik stansiyalari va tizimlari to'grisida zarur ma'lumotlar keltirilgan va Yer sharoitida Quyosh energetik qurilmalaridan maqsadli foydalanish usullari va energetik xarakteristikalari, shuningdek Quyosh energetik qurilmalar asosidagi yangi texnik ishlanmalar holati batafsil yoritilgan. Bu darslikdan Energetika yo'nalishidagi barcha talabalar, yosh mutaxassislar, tadqiqotchilar foydalanishi mumkin.

*Toshkent davlat texnika universiteti Ilmiy uslubiy kengashining qaroriga binoan
nashr qilindi.*

Taqrizchilar:

- | | |
|--------------|--|
| T.Sh.Gayibov | Toshkent davlat texnika universitetining “Elektr stansiyalari, tarmoqlari va tizimlari” kafedrası mudiri, professor, t.f.d. |
| J.S. Axatov | O'zR FA “Fizika-Quyosh” IShB Fizika texnika institute “Quyosh issiqlik va energetik qurilmalar” laboratoriyasi mudiri, katta ilmiy xodim, t.f.d. |

ISBN:978-9943-8542-2-2

© Yuldoshev I.A.,Sultonov M.Q., Yuldashev F.M.

© "Bookany print,"-2022

SHARTLI BELGILAR

Quyosh energetikasi

R , $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ – Quyosh nurlanishi oqim zichligi yoki qabul qilgichning (QQ) 1 m^2 maydonchasiga tushayotgan quyosh radiatsiyasi (QR) quvvati;

E , $\left(\frac{kW \cdot soat}{m^2 \Delta t}\right)$ – Δt vaqt intervalida Quyosh nurlanishi yoki Quyosh radiatsiyasi oqimi yoki 1 m^2 QQ maydonchaga tushayotgan quyosh nurlanishi (QR) ning quvvati;

R^G , E^G – Yer yuzasida gorizonttal QQM tushayotgan QN energiyasi va quvvati;

R^β , E^β – gorizontga β burchak ostida qiyalangan QQM tushayotgan QN energiyasi va quvvati;

R_Σ , $R_{to'g'ri}$, R_{dif} , R_{aks} – yig'indi, to'g'ri yunalgan, diffuz (sochilgan) va Yer yuzasidan akslangan QN quvvati;

E_Σ , $E_{to'g'ri}$, E_{dif} , E_{aks} - yig'indi, to'g'ri yunalgan, diffuz (sochilgan) va Yer yuzasidan akslangan QN energiyasi;

ρ , n.b.; $0 \leq \rho \leq 1$ – Yuza albedosi yoki yuzaning akslantirish qobiliyati;

T_{ss} , (Δt) – berilgan Δt vaqt ichida Yerda Quyosh porlashining davomiyligi (soat yoki Δt vaqt intervalida Quyosh porlashining yig'indi vaqti; sutka davomida Quyosh chiqishidan botishigacha bo'lgan vaqt)

R_0 , E_0 – Yer atmosferasidan tashqi chegarasida kosmosda QN energiyasi va quvvati;

AM_m – optik atmosfera massasi – m (n.b.);

T_{ss}^0 , T_{ss}^{fakt} – Yer yuzasida berilgan nuqtada Quyosh porlashining nazariy va xaqiqiy davomiyligi;

φ_A^0 , ψ_A^0 – Yer yuzasida berilgan A nuqtaning shimoliy kengligi va sharqiy uzunligi;

R_m, E_m – m optik atmosfera massasida Quyosh nurlanishiga perpendikulyar bo‘lgan to‘g‘ri oqim energiyasi va quvvati;

δ^0 , (*grad.*) – Quyoshning og‘ish burchagi;

ω^0 , (*grad.*) – Quyoshning soat burchagi;

θ^0 , (*grad.*) – Quyosh yoki QN tushish burchagi;

θ_z^0 , (*grad.*) – Quyosh yoki QN zenit burchagi;

α^0 , (*grad.*) – gorizontga nisbatan balandlik burchagi;

a^0 , (*grad.*) – Quyoshning azimuti;

γ^0 , (*grad.*) –QQM ning azimuti;

k_0 , (*n. b*) – atmosferaning shaffoflik koeffitsienti;

QE – Quyosh elementi;

QM –Quyosh moduli;

QB – Quyosh batareyasi;

QEQ –Quyosh energetik qurilmasi;

FEQ, FES – Fotoelektrik qurilma yoki fotoelektrik stansiyasi;

QQM – Qabul qilgich maydoncha;

QN – Quyosh nurlanishi;

FEIQ – Fotoelektrik issiqlik qurilmasi

KIRISH

Quyosh energetikasi qayta tiklanadigan energetikaning eng istiqbolli tarmoqlaridan biridir. U butun dunyodagi neft, gaz, ko‘mir va boshqa energiya resurslarining energiyasidan ortiq bo‘lgan ulkan energetik salohiyatga ega. AQSH, Yaponiya, Xitoy va Evropa mamlakatlarida amalga oshirilayotgan turli xil dasturlar ham ushbu sohaning rivojiga o‘z hissasini qo‘shmoqda.

Quyosh fotoelektrik bozori 20 yildan ortiq vaqt davomida tez suratlarda o‘shib bormoqda. Fotoelektrik tizimlarning jamlanma quvvati 1992-yilda 0,1 GW dan 2010-yilda 40 GWgacha oshdi. Bu o‘shish asosan xarajatlar va narxlarning sezilarli darajada qisqarishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu o‘z navbatida ishlab chiqarish ko‘lamining oshishi, texnologiyaning yaxshilanishi va Quyosh elementlarining samaradorligini oshishi bilan bog‘liq. Ushbu sohada bozor rivojlanishini prognoz natijalariga ko‘ra, 2014 yilda jahon fotoelektrik bozorining rivojlanishini 46,3-96,8 milliard dollar atrofida bo‘ldi. Turli rivojlanish ko‘rsatkichlariga ko‘ra 2014-yilda salohiyat talabi 49 GWga oshdi, bu 2009-yilga nisbatan olti barobar ko‘pdir.

Jahonda Quyosh kollektorlari, shuningdek, fotoelektrik qurilmalar bozorida ishlab chiqarishning o‘shishi ortib bormoqda. Xitoy Quyosh kollektorlari ishlab chiqarish va qo‘llash bo‘yicha jahonda etakchi o‘rinda turadi. Quyosh suv isitgichlari Isroilda keng rivojlanish topdi, chunki bu yerda qonunchilik asosida Quyosh suv isitgichlar bilan jihozlangan turarjoy binolari qurish amalga oshirilmogda.

So‘nggi yillarda respublikamizning iqtisodiyot tarmoqlarida va ijtimoiy sohasida energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar amalga oshirildi. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi birinchi Prezidentining «Muqobil energiya manbalarini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi 2013 yil 1 martdagi Farmoni va «2015 — 2019 yillarda iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada energiya sarfi hajmini qisqartirish, energiyani tejaydigan texnologiyalarni joriy etish chora-

tadbirlari Dasturi to'g'risida»gi 2015 yil 5 maydagi Qarori ijrosini ta'minlash yuzasidan keng ko'lamli ishlar olib borilmoqda.

Namangan viloyatining Pop tumanida Koreya Respublikasining Savdo, sanoat va energetika vazirligi ko'magida 2014 yilning dekabr oyida quvvati 130 kW bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasi qurildi va ishga tushirildi, ushbu stansiya yagona elektr energetikasi tarmog'iga ulangan va yiliga 234,3 ming kW soat elektr energiyasi ishlab chiqarish quvvatiga ega.

Surxondaryo, Namangan va Navoiy viloyatlarida yirik quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish bo'yicha loyihalar tayyorlanmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M. Mirziyoevning 2017 yil 26 mayda qabul qilingan №3012 sonli "2017 — 2021 yillarda iqtisodiyot tarmoqlarida va ijtimoiy sohada qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish va energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari" to'g'risidagi Qarorlari ijrosida gidroenergetikaning quvvatini 601,9 MW, Quyosh energetikasi quvvatini 300 MW, shamol energetikasining quvvatini 102,0 MW, umumiy holatda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish quvvatini 1003,9 MW ga oshirish ko'zda tutilgan va amalga oshirilmoqda.

Hamma qayta tiklanuvchi energiya turlarining ichida quyosh energiyasidan foydalanish O'zbekiston mintaqasida juda qulay bo'lib uning yalpi salohiyati 98,6% ni tashkil etadi. Bu energiyadan unumli foydalanish azaldan ajdodlarimizdan bizgacha etib kelib qon-qonimizga singib ketgan, chunki uzoq tumanlarimizda hanuzgacha quyosh energiyasidan meva-sabzavotlarni quritishda, qishga chorva mollari uchun em-xashaklarni quritishda, suvni oftobda qizitish va boshqa maqsadlarda foydalanib kelinadi.

Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining texnik salohiyati 180 million tonna neft ekvivalentini tashkil etib yillik energiya resurslariga bo'lgan talabdan uch marta ortib ketadi.

Mamlakat iqtisodiyoti sohasida quyosh energiyasidan keng va samarali qulay bo'lgan foydalanish sohasi bu yarimo'tkazgichli o'zgartirgichlar orqali quyosh nurlanishini to'g'ridan-to'g'ri elektr

energiyasiga o'zgartirish va aholi kommunal-turmush ob'ektlaridagi issiq suv ta'minoti tizimlarida quyosh kollektorlari yordamida past potentsialli issiqlikdan suv qizitish maqsadlarida foydalanish maqsadga muvofiq sanaladi..

Ma'lumotlarga ko'ra, umumiy aholi yashaydigan uylarga nisbatan ko'p qavatli bo'lmagan aholi uylari 76 % ni tashkil etib ularga umumiy tabiiy gaz chiqimi (15100 million m³) dan faqatgina issiq suv ta'minoti uchun 3000 million m³ tabiiy gaz sarf etiladi. Toshkent shahrining Mirobod tumanida 2016 yil dekabr oyida "Oybek ko'chasi 40", "Oybek ko'chasi 42" da 2 ta ko'p qavatli aholi turar joylarining tom qismida geliokollektorlar bilan individual gaz qozonlari tizimini tajriba sinovi uchun o'rnatildi. Issiqlik ta'minoti tizimining hisobi "Quyoshli issiq suv ta'minoti" va KMK2.04.16-98 "Suv ta'minoti va kanalizatsiya" loyihasiga binoan olib borildi. Issiq suv ta'minotiga maksimal suv sarfi 3,5 m³/soat, o'rtacha soatlik sarf 1,4 m³/soat, aholi yashash joyiga 200,0 kW issiqlik quvvatini tashkil etardi. Loyihada issiq suv ta'minotida suvni tayorlash bino tomida o'rnatilgan Quyosh kollektorlari yordamida amalga oshirish ko'zda tutilgan edi. Issiqlik ta'minotining ikkilamchi manbai bo'lib issiqlik quvvati 306 kW bo'lgan tomidagi mahalliy qozon hisoblanadi.

Qozon majmuasidagi geliokollektorlarning ish faoliyatida xaqiqiy gaz sarfi 36 m³/sutka tashkil etdi. Shunday qilib sutka davomida tabiiy gazni tejash 75 m³/sutkani, foizli munosabatda tejash 67 % ni tashkil etdi.

Dunyo tajribasini umumlashtirib, O'zbekiston mintaqasida qayta tiklanuvchi energiya resurslarini tahlil etib aytish mumkinki, elektr va issiq suv ta'minotida Quyosh energiyasidan foydalanish O'zbekiston sharoitida iqtisodiy jihatdan to'liq o'zini oqlaydi.

Shu nuqtai nazardan O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-sonli "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori, O'zbekistonda yoqilg'i-energetika ta'minotini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan elektr energiyasining Respublikaning

umumiy energetikasidagi ulushi 2025-yilda 20 % ni 2030-yilga kelib esa 25 % ni tashkil etishi kerak. Respublika bo'yicha umumiy energetika quvvati 29,3 GW ga yetishi rejalashtirilayotganini hisobga olsak, qurilishi rejalashtirilayotgan Quyosh, shamol elektrostansiyalarining yaqin yillarda ishga tushirilishi maqsadga muvofiq bo'lardi.

Ushbu darslikda Quyosh elektr stansiyalari va Quyosh energetik qurilmalari rejimlari va quyosh energetikasi kursidagi asosiy tushunchalardan boshlab aniq hisoblar parametrlarigacha bo'lgan ma'lumotlar, Yerda Quyosh nurlanishidan foydalanish bo'yicha aniq ko'rsatmalar berilgan.

Quyosh energetikasi kursi – elektr, issiqlik va energiyaning boshqa turlarini olish uchun kosmosda va Yerda quyosh nurlanishi energiyasini foydalanish texnik vositalarini, metodlarini va ilmiy asoslarini ishlab chiquvchi ilm-fan va texnikaning bir sohasi hisoblanadi va mamlakat iqtisodiyotida quyosh energiyasidan samarali foydalanish mashtablari va sohasini aniqlab beradi.

O'quv qo'llanmada taqdim etilgan materiallar ToshDTU ning va turdosh OTM ning 6071100-“Muqobil energiya manbalari” (Quyosh va shamol energetikasi) ixtisosliklari bo'yicha bakalavr ta'lim yo'nalishi, 70711001 - “Muqobil energiya manbalari” (turlari bo'yicha) magistratura mutaxasislari uchun mo'ljallangan.

Shuningdek ushbu o'quv qo'llanmasi Energetika sohasidagi ko'pgina yo'nalishlarda tahsil oluvchi talabalar uchun foydali darslik bo'lib xizmat qiladi.

I BOB. YER VA KOSMOSDA QUYOSH NURLANISHI

1.1. Quyosh haqida umumiy ma'lumotlar

Quyosh nurlanishining manbasi – Quyosh hisoblanib (1-rasm) bir yil davomida Quyosh kosmik fazoga $1,3 \cdot 10^{24}$ kaloriya energiyani nurlantiradi. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa 147 dan 152 mln. km (o'rtacha – 149,6 mln. km) gacha o'zgaradi. Bu masofa bir astronomik birlik ($1 \text{ a.b.} = 1,496 \cdot 10^8 \text{ m}$, taqriban 150 mln. km) ham deb nomlanadi. Bunda qachon ellips sohasida quyoshga nisbatan yaqin joylashgan bo'lsa, unda u juda tez (30,3 km/s atrofida), qarama-qarshi holatda sekinroq (29,3 km/s atrofida) tezlik bilan harakatlanadi. Shu tufayli xaqiqiy quyoshli sutkalarining davomiyligi Yerdan doimo o'zgarib turadi.

Quyoshning kattaligi (diametri) uning ko'rinma diametri va ungacha bo'lgan masofa orqali aniqlanadi. Osmon jismlarining ko'rinma diametri esa, qaralayotgan osmon jismining (jumladan Quyoshning) Yerdan uzoqligiga bog'liq bo'ladi. Quyosh atrofida aylanayotgan sayyoramiz ham undan turlicha masofada bo'ladi. Yer Quyoshdan eng uzoq masofada (perigeliyda) bo'lganida Quyoshning ko'rinma diametri $32^{\circ}35''$, eng yaqin masofada (afeliyda) bo'lganda esa, uning ko'rinma diametri $31^{\circ}31''$ ga teng bo'ladi. Yer Quyoshdan o'rtacha uzoqlikda (149600000 km) bo'lganda Quyoshning ko'rinma radiusi $16^{\circ}02''$ ni, bu ma'lumotlar asosida aniqlangan uning chiziqli radiusi: $R_0 = 696000 \text{ km}$ ni, hajmi esa $V_0 = 1,41 \cdot 10^{27} \text{ m}^3$ ni tashkil qiladi.



1-rasm. Quyoshning umumiy ko‘rinishi

Bunday katta hajmdagi shar ichiga Yer kattaligidagi sharchalardan qariyb 1 million 304 mingtasi joy bo‘lib ketadi.

Quyoshning massasi: $M=2 \cdot 10^{33}$ kg bu kattaliklar orqali aniqlangan o‘rtacha zichligi: $\rho= 1,41 \text{ g/sm}^3$; Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi: $g= 247 \text{ m/s}^2$ ni tashkil qiladi.

Quyoshda eng ko‘p tarqalgan elementlar vodorod va geliy hisoblanadi. Vodorod va geliyning ulushlari mos ravishda taxminan 92,1% va 7,8% ni tashkil etadi. Shuningdek Quyosh tarkibida 0,1% atrofida boshqa elementlarning mikroskopik konsentratsiyasi mavjud bo‘lib ular temir, nikel, kislorod, azot, kremniy, oltingugurt, magniy, uglerod, neon, kalsiy va xromdan iborat.

O‘rtacha quyosh nurlanishi oqim zichligi $200\text{-}250 \text{ W/m}^2$ yoki $1752\text{-}2190 \frac{\text{kW}\cdot\text{soat}}{\text{m}^2\cdot\text{yil}}$ tushganda Yer sathining butun yuzasiga taxminan $(0,85\text{-}1,2) \cdot 10^{14} \text{ kW}$ yoki $(7,5\text{-}10) \cdot 10^{17} \text{ kW}\cdot\text{soat/yil}$ to‘g‘ri keladi.

Quyoshning tuzilishi

Quyoshning harorati 6000°C dan (sirtida) 15000000°C gacha (markaziy qismida) bo‘lgan plazma shardan iborat bo‘lib, uning ichki va tashqi qismlari fizik tabiatiga ko‘ra bir-biridan farqlanuvchi turli qatlamlarga bo‘linadi.

U qatlamlar quyidagicha nomlanadi:

1. *Quyoshning yadro reaksiyalari ro'yi beradigan markaziy qismi* yadrovii reaksiya zonasi deb yuritiladi va Quyosh markazidan $0,3 R_{\odot}$ gacha o'z ichiga oladi.

2. *Nurlanish energiyasini tashuvchi zona.* Bu zonada nurlanish muvozanati kuzatilib, energiyani tashish protsessi, nurlanishni yutish va so'ngra qayta nurlanish bilan davom etadi. Bu zona taxminan $0,3 - 0,8 R_{\odot}$ oraligini o'z ichiga oladi.

3. *Konvektiv zona.* Bu qatlam Quyosh radiusining taxminan $0,8-1,0 R_{\odot}$ qismini tashkil qiladi. Bu zonada energiya asosan konvektiv yo'l bilan tashiladi.

Quyosh atmosferasi

Quyoshning tashqi uch qatlami - fotosfera, xromosfera va toj uning atmosferasini tashkil qiladi. Oddiy ko'z bilan yoki teleskop orqali kuzatilganda, Quyosh atmosferasining eng pastki qatlami fotosferanigina ko'rish mumkin. Xromosfera va Quyosh toji maxsus teleskoplardagina kuzatiladi.

1. **Fotosfera.** Fotosfera qalinligi 300 kilometr ga yaqin bo'lib, boshqa qatlamlarga nisbatan yaxshi o'rganilgan fotosfera quyidagi ob'ektlarni kuzatish mumkin: granulyasiya (donadorlik), mash'allar va Quyosh dog'lari.

Quyosh granulyasiyasi birinchi marta XIX asr oxirlarida Jansen (Medon) va A.P.Ganskiy (Pulkovo) tomonidan olingan fotografiyalarda ko'rish mumkin.

Fotosfera, oddiy ko'z bilan kuzatilganda, ko'rinadigandek bir tekis ravshanlikdagi sirtidan iborat bo'lmay, asalari uyasini eslatuvchi donador strukturaga ega. Bu donadorlik-granulyasiya ("granul"-grekcha so'z bo'lib donadorlik demakdir) deb yuritiladi. Granulyasiyani kuchli ajrata olish qobiliyatiga ega bo'lgan yirik teleskoplarda, kuzatish uchun sharoit yaxshi bo'lganda (Yer atmosferasi changlardan xoli, xavoning turli yo'nalishlaridagi oqimi juda kamayganda) ko'rish mumkin bo'ladi. Keyingi yillarda granulyasiya xaqidagi tasavvurlar Yer atmosferasidan tashqarida-strotosferada kuzatish natijalari bilan boyitildi. Quyoshni va

boshqa osmon jismlarini o'rganish maqsadida strotosferaga uchirilgan astronomik stansiyalar, granulyasiya donalarining kattaligi, fizik tabiati va ularda gaz massasi oqimining xarakteri bilan tanishtirdi. Bu uchishlar bilan sobiq SSSRda V.A. Krat rahbarligidagi guruh, AQSHda esa M.Shvarsshild rahbarligidagi guruh shug'ullandi. 1970 yilda uchirilgan "Stratoskop - P" Quyosh stansiyasi yordamida olingan granulyasiyaning spektriga ko'ra, granulyasiyadagi donadorlik- konvektiv yacheykalar bo'lib, ularning markaziy qismida gaz oqimining ko'tarilishi ($v=0,2$ km/s) uning chegarasi bo'ylab esa qayta tushishi kuzatiladi. Yacheykalarining kattaligi 300 km.dan 1000 km.gacha, ba'zan undan kattaroq xam bo'ladi. Granullarning shakli fotosferaning dog'li sohalarida, dog'ning radial yo'nalishi bo'yicha cho'zinchoq bo'lishi, granul bo'ylab ko'tarilayotgan plazma oqimi, Quyosh dog'ining magnit maydoni ta'siriga berilishidan darak beradi. Granulalar fotosferada yo'qolib va yangidan paydo bo'lib turadi. Ularning o'rtacha "yashash davri" 6-7 minutdan oshmaydi.

Fotosferada kuzatiladigan mash'allar, ravshanligi jixatdan ajralib turadigan zanjirsimon ob'ektlardir. Spektral analiz, mash'allarning ravshanligi fotosferanikidan 10-20 % ga ortiq ekanligini ko'rsatadi. Mash'allarni faqat Quyosh ko'rinma diskining chekkalari yaqinidagina kuzatish mumkin, disk markazi atrofida esa ular deyarli ko'rinmaydi. Buning sababi, Quyosh diski markazida nurlanish, uning chuqurroq oblastlaridan chiqayotganligi tufayli chetlariga nisbatan kuchliligidadir. Mash'allar magnit maydonga ega bo'lib, maydon kuchlanganligi 50-100 Erstedni tashkil qiladi. Fotosferaning muammolarga boy ob'ektlaridan biri Quyosh dog'laridir.

Quyoshning harorati

Astrofizikada murakkab masalalaridan biri-osmon jismlarining haroratini aniqlashdir. Ma'lumki, harorat modda xolatini xarakterlaydigan asosiy kattalik bulib, uning fizik xususiyatlari ko'p jixatdan haroratiga bog'liq buladi. Astrofiziklar uchun bu masalaning qiyinchiligi shundaki, ular, birinchidan; Yerdagi tajribalardagi kabi tekshirilayotgan jismga bevosita o'rnatilgan maxsus jihozlar yordamida haroratni o'lchash

imkoniyatiga ega emaslar va ikkinchidan, osmon jismlarining haroratini aniqlashda, ko'p xollarda, osmon yoritgichlari nurlanishlarini absolyut qora jism nurlanishi deb qarab va uning qonunlarini qo'llab haroratni aniqlaydilar. Biroq xaqiqatda bu qonunlarni qo'llash yoritgichlar uchun xar doim xam o'rinli bo'lmaydi, chunki eslatilgan qonuniyatlar termodinamik muvozanatda bo'lgan nurlanadigan muxit uchungina o'rinlidir. Shu tufayli topilgan kattaliklar ma'lum xatoliklarni o'z ichiga oladi. Shunga qaramay, yulduzlar va xususan Quyosh haroratini aniqlashda, ma'lum shartlar bilan **Plank, Stefan-Bolsman va Vinning** siljish qonunlaridan fodalaniladi. Quyosh spektrida, energiyaning to'liq uzunligi bo'yicha taqsimlanish egriligida, maksimum nurlanish $\lambda=4300 \text{ A}^\circ$ to'liq uzunligiga to'g'ri keladi. Bu kattalik orqali aniqlangan harorat: $\lambda_{\max}T=0,29 \text{ grad/sm}$ formulaga ko'ra aniqlangan harorat $T=6744^\circ\text{K}$ chiqadi.

Quyoshning 1 sm^2 yuzasidan 1 sekundda chiqadigan energiya miqdori:

$$\varepsilon_0=6,26 \cdot 10^{10} \text{ erg/s}\cdot\text{sm}^2$$

u holda Stefan-Bolsman qonuni orqali aniqlangan samarali harorat $\varepsilon_0=\sigma T_{\text{eff}}^4$ formuladan

$$T=5760 \text{ }^\circ\text{K}$$

bu yerda, SGS birliklarida $\sigma=5, 670367(13) \cdot 10^{-5} \text{ erg/s sm}^2 \text{ grad}^{-4}$.

Jismning samarali harorati deb, shunday absolyut qora jismning haroratiga aytiladiki, uning 1 sm^2 yuzasining butun spektr bo'yicha chiqargan energiyasi, berilgan jismning 1 sm^2 yuzasidan chiqadigan energiyaga teng bo'ladi. Ravshanlik harorati deyiluvchi harorat esa ma'lum to'liq uzunligi ($\lambda, \lambda+\Delta\lambda$) intervalida Plank formulasi:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad \text{dan}$$

foydalanib topiladi. Plank formulasi absolyut qora jism uchun o'rinli ekanligi e'tiborga olinsa, ravshanlik harorati quyidagicha ta'riflanadi.

Jismning ravshanlik harorati deb, uning ma'lum to'liq uzunligidagi, 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan energiyasi, shu to'liq uzunligida 1 sm^2 yuzasidan chiqadigan energiyaga teng bo'lgan absolyut qora jismning haroratiga aytiladi, Quyosh spektrining 5500°A to'liq uzunligi uchun aniqlangan ravshanlik harorati 6400°K atrofida bo'ladi.

Siyrak plazmada harorat, bu plazmani tashkil qiluvchi zarralarning kinetik energiyasi bo'yicha aniqlanadigan harorat bilan o'lchanadi va u plazmaning kinetik harorati deb yuritiladi. Plazmada zarralarning kinetik energiyasi $\frac{mv^2}{2} = kT_k$, bu yerda v - ma'lum atomning eng katta extimoliy tezligi, $k = \frac{m}{\mu} R$; m - atomning massasini, μ - molekulyar og'irligini, R -

Ridberg doimiysini xarakterlaydi. U holda $T_k = \frac{\mu v^2}{2R}$ bo'ladi.

Agar λ - atomning nurlanish tulqin uzunligini va $\Delta\lambda$ - spektral chiziqning doplercha siljishini belgilasa, unda tezlik v^* quyidagi munosabatdan topiladi: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v^*}{c}$, bu erda c - yorug'lik tezligi. Natijada oldingi formulaga muvofiq kinetik harorat quyidagi ifodadan topiladi:

$$T_k = \frac{mc^2}{2k} \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \right)^2$$

Quyosh yadro energiyasining manbalari

Quyoshni ulkan termoyadro reaktoriga o'xshatish mumkin. Uning ichki qismida har doim yadro sintezi reaksiyasi sodir bo'lib turadi. Yadrodan chiqayotgan nurlanishning spektral zichligi bir tekis emasdir. Quyoshda har sekundda o'rtacha $4 \cdot 10^9 \text{ kg}$ materiya ajralib chiqib tasavvur qilib bo'lmas energiyaga aylanadi va u elektromagnit to'liqlar ko'rinishida kosmosda nurlanadi.

Hisoblashlardan ma'lumki, Quyoshning markaziy qismidagi harorat 15 million gradusdan ortiq bo'lib, yuz milliardlab atmosferaga teng. Bunday sharoitda atomlar juda xarakatchan bo'lib, ularning tezliklari bir necha yuz kilometrga teng bo'ladi. Zichlikning katta bo'lishi esa, atom va ionlarning

tez-tez to‘qnashuviga sabab bo‘ladi. Natijada ayrim katta tezlikli to‘qnashuvlar, yadro reaksiyasining vujudga kelishiga olib keladi.

Quyoshda ikki termoyadroviy reaksiya asosiy rol o‘ynaydi. Bulardan biri proton-protonli siklli reaksiya deyilib, bu reaksiya natijasida to‘rtta vodorod atomi hisobiga geliy hosil bo‘ladi. Reaksiya borishida og‘ir vodorod (deyteriy) va geliyning izotopi hosil bo‘ladi. Umuman reaksiyaning borishi quyidagicha davom etadi:



Bunday sharoitda 11 mingdan 16 ming gradusgacha bo‘lgan plazmada ajralgan energiya miqdori quyidagi ifodadan topiladi:

$$\epsilon = 9,6 \cdot 10^6 \cdot \rho \chi^2 T^4 \text{ erg/s,}$$

bu yerda ρ - zichlik (g/sm^3 larda), χ - vodorodning nisbiy miqdori.

Ikkinchi termoyadroviy reaksiya Quyosh sharoitida kamroq rol o‘ynaydi. Bu reaksiyada ham geliy, to‘rtta vodorod atomi hisobiga hosil bo‘lsada, bu protsess ancha murakkab kechib, uglerod mavjud bo‘lgandagina sodir bo‘ladi, shuning uchun ham bu reaksiya uglerod siklli reaksiya deb nom olgan. U quyidagicha kechadi:



Bu reaksiya tufayli harorati 12 milliondan 16 million gradusgacha bo‘lgan plazmada ajraladigan energiyaning miqdori ushbu ifodadan topiladi:

$$\epsilon = 10^{-23} \rho \cdot \chi \cdot z \cdot T^{20} \text{ erg/s} \quad (1.6)$$

bu yerda $z=7\chi_{CN}$, χ_{CN} - uglerod va azotning nisbiy miqdorini bildiradi. So'ngra reaksiya jarayoni quyidagicha davom etib, oxirida normal geliy ajraladi:



Bu reaksiyalar tufayli hosil bo'lgan geliy yadrosining massasi to'rtta proton massasidan 1 foizga yaqin kam bo'lib chiqadi. Bu "yo'qolgan" massa - massa defekti deb yuritiladi va ajralayotgan energiyaning asosiy sababchisi bo'ladi. Eynshteynning mashhur formulasiga ko'ra "yo'qolgan" massaga ekvivalent ajralayotgan energiyaning miqdori:

$$E=\Delta mc^2 \quad (1.11)$$

ifodadan topiladi; bu yerda Δm -massa defektini, c - esa yorug'lik tezligini ifodalaydi.

Mazkur yadro reaksiyalar asosan Quyosh markazida kuzatilib, uning yadrosidan uzoqlashgan sayin tezda so'na boshlaydi. Markazdan 0,2-0,3 R_o masofa orasida faqat proton-proton siklli reaksiya xukmron bo'ladi. Markazdan 0,3 R_o masofada harorat 5 million gradus atrofida bo'lib, yadro reaksiyalarining kechishi uchun sharoit butunlay yo'qoladi.

1.2§ Quyoshning elektromagnit tabiati. Quyosh nurining fizik xususiyatlari.

Shunday qilib Yerda Quyosh nurlanishining fizik mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin, ya'ni shaffof muhitda elektromagnit to'lqin tarzida energiyaning ko'chish jarayoni deb ataladi. Kvant nazariyasiga ko'ra elektromagnit to'lqinlar – bu fotonlar oqimi yoki vakuumda yorug'lik tezligi bilan tarqaluvchi tinch nol massaga ega elementar zarralardir.

Kosmosda 1 m² yuzadan 1s davomida 4 · 10⁴ ta foton o‘tadi, uning energiyasi quyidagicha ifodalash mumkin:

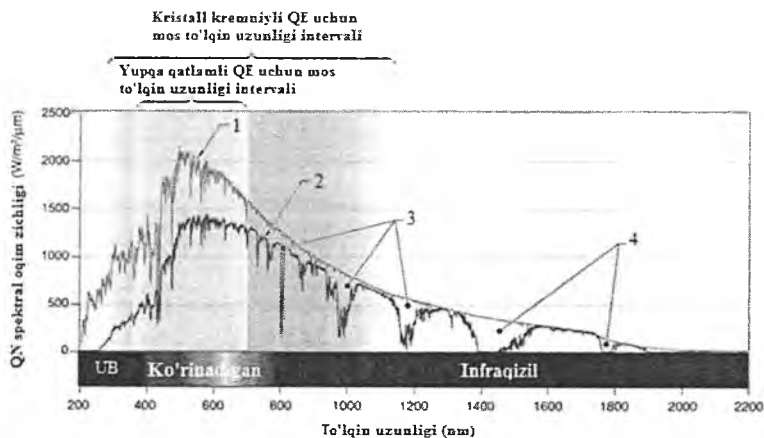
$$E_f = h \cdot \nu \quad (1.12)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1.13)$$

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} \quad (1.14)$$

bu yerda $h = 6,626176 \cdot 10^{34} \text{ J} \cdot \text{s}$, ν – elektromagnit to‘lqinlar chastotasi, λ – to‘lqin uzunligi.

Quyosh nurlanish energiyasining 99% qismi 0,1÷ 3 mkm oralig‘idagi to‘lqin uzunligiga to‘g‘ri keladi. Quyosh spektri uchta sohadan tashkil topib ular ultrabinafsha ($\lambda < 0,38 \text{ mkm}$), spektrning ko‘rinadigan qismi ($0,38 \text{ mkm} < \lambda < 0,78 \text{ mkm}$), infraqizil nurlanish ($0,78 \text{ mkm} < \lambda < 3 \text{ mkm}$) hisoblanadi.



1.2-rasm. Kosmosda va Yer atmosferasida quyosh nurlanishi spektrining taqsimlanishi

1- AM 0 sharoitida; 2 - AM 1,5 sharoitida; 3- Bu energiya oralig‘i atmosfera tarkibidagi suv bug‘lari tomonidan yutiladi; 4- Bu energiya oralig‘i atmosfera tarkibidagi suv bug‘lari va CO₂ gazi tomonidan yutiladi.

1.1-jadvalda bu uchta spektrning to‘lqin uzunliklari sohasi, energiyasi qiymatlari va ulushlari foizlarda ko‘rsatilgan.

1.2-rasmda Quyosh nurlanishiga perpendikulyar bo‘lgan 1 m² qabul qilgich maydonchaga to‘g‘ri kelgan Yer atmosferasidan tashqarida (kosmosda) va Yer sharoitida Quyosh nurlanishi spektrining taqsimoti keltirilgan.

Yer yuzasida Quyosh nurlanishi spektri kosmosdagidan sezilarli ravishda farqlanadi va ta‘sir ko‘rsatuvchi ko‘p sonli omillarga bog‘liq bo‘ladi.

1.1-jadval

Quyosh nurlanishi energiyasi	Ultrabinafsha	Ko‘rinadigan	Infraqizil
To‘lqin uzunliklar sohasi	(0,2 – 0,38 mkm)	(0,38 – 0,78 mkm)	(0,78 – 3,0 mkm)
Energiyasi (W/m ²)	88	656	623
Foizlarda	6	48	46

Quyosh nurlanishining umumiy quvvati Q to‘lqin uzunliklarining hamma diapazonida yuqori ko‘rsatilganidek $\sim 3,8 \cdot 10^{26}$ ni tashkil etadi. Quyosh energiyasining nurlanishi atrof fazoga sochilib ob‘ektgacha bo‘lgan masofaning kvadratiga teskari proparsional bo‘ladi:

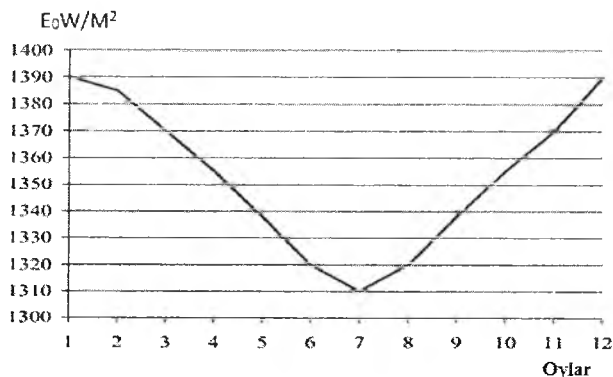
$$E = \frac{Q}{4\pi L^2} \quad (1.15)$$

bu yerda L –Quyoshdan Yergacha bo‘lgan masofa.

1.3. Quyosh doimiysi. Atmosfera massasi. Yer sirti albedosi. Vaqt tenglamasi grafigi.

Quyosh markazidan bir astronomik birlik masofada (Yer atmosferasidan tashqarida) nurlanish oqimiga perpendikulyar joylashgan 1 m² maydon orqali o'tayotgan quyosh nurlanishi oqimiga Quyosh doimiysi ($E_0 \sim 1367 \text{ W/m}^2$) deyiladi.

Ammo bu qiymat doimiy kattalik emas, xaqiqatdan ham u yil davomida o'zgarib turadi: $\pm 1,5\%$ ga vaqt bo'yicha Quyosh nurlanishi oqimining o'zgarishi hisobiga; $\pm 4\%$ ga yil davomida Yer va Quyosh o'rtasidagi masofaning o'zgarishi hisobiga amalga oshadi. Quyosh doimiysining yil davomidagi o'zgarishining orientatsiyalangan grafigi 1.3-rasmda keltirilgan.

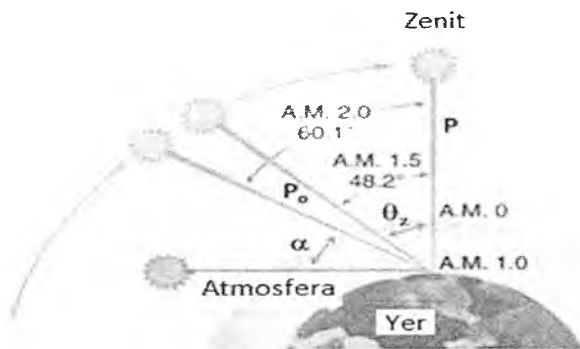


1.3-rasm. E_0 ning yil davomida o'zgarishi

Quyosh nurlanishi (QN) Yer atmosferasi orqali o'tganda kuchsizlanadi, ya'ni ultrabinafsha nurlanish ozon qatlami tomonidan, ko'rinadigan qismi esa atmosfera tarkibidagi aerosol va chang zarralari tomonidan, infraqizil nurlanish esa suv bug'lari tomonidan yutiladi. Bundan tashqari QN Yer atmosferasidan o'tganda uchta jarayon ruy beradi. QN akslanib qayta kosmosga yunalishi (34% atrofida), QN to'liqin

uzunligiga bog‘liq bo‘lmagan holda amalga oshadi. QN katta qismi Yer atmosferasi va bulutlar tomonidan akslanadi. Atmosfera tomonidan QN yutilishi esa ~19% atrofida bo‘lib (infraqizil nurlanish) issiqlikka aylanib kosmosga qayta nurlanadi. QN Yer sirtiga o‘tishi ~47% atrofida bo‘lib 20% Yer sirtidan infraqizil nurlanishi ko‘rinishida bo‘lib kosmosga qaytariladi. Faqatgina QN ning 27% energiyasi kosmosdan Yer atmosferasida energiyaga aylanib suv isitish va bug‘lantirish, atmosferaning qizishi, shamol, to‘lqin, oqimlarning hosil bo‘lishi va boshqalarga sababchi bo‘ladi.

Yer yuzasigacha etib kelgan Quyosh nurlanishi intensivligiga atmosfera ko‘rsatkichlarining ta’siri atmosfera massasi (AM) bilan aniqlanadi.



1.4-rasm. Gorizontga nisbatan har xil balandliklarda Quyosh nurlanishining atmosferadan o‘tish masofasi

$$AM = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (1.16)$$

bu yerda p -atmosfera bosimi, p_0 - normal atmosfera bosimi (101,3kPa), α – gorizontga nisbatan Quyoshning balandlik burchagi (1.4-rasm).

Yer yuzasida Quyosh nurlanishi oqim zichligi E quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = \int_0^{\infty} E_{0\lambda} e^{-\tau_{\lambda} m} d\lambda = \int_0^{\infty} E_{0\lambda} e^{\frac{-\tau_{\lambda} h}{\sin \alpha}} d\lambda = \int_0^{\infty} E_{0\lambda} P^{\frac{1}{\sin \alpha}} d\lambda \quad (1.17)$$

bu yerda τ_{λ} – to‘lqin uzunligiga bog‘liq holda atmosferada yutilish koeffitsienti, m – atmosferada QN o‘tish masofasi, h - atmosferaning balanligi, $R = \frac{E_{h\lambda}}{E_{0\lambda}} = e^{-\tau_{\lambda} h}$ - atmosfera yutilishini tafsiflovchi shaffoflik koeffitsienti.

Quyosh nurlanishining oqim zichligi va spektral tarkibi mohiyatan atmosferada QN o‘tish masofasiga, atmosferaning tarkibi va zichligiga bog‘liq bo‘ladi.

Quyosh elementlarining (QE) va fotoelektrik batareyalarning (FEB) parametrlarini o‘lchash uchun yagona standart sifatida BMT tarkibidagi Xalqaro elektrotexnika komissiyasi va Evropa hamjamiyati komissiyasi tavsiyasi bilan AM 1,5 atmosfera massasi α -41,81⁰ (normal atmosfera bosimi) kattaliklariga ega shart qabul qilingan. U uchun QN oqim zichligi 835 W/m² ga teng deb olinib Yer sharoitidagi QN intensivligi o‘rtacha qiymati bilan mos tushadi. Shuning ta‘sirida QE va FEB parametrlarini o‘lchash uchun qo‘shimcha echimlar qabul qilindi, unga ko‘ra AM 1,5 va QN integral zichligi 1000 W/m² deb olindi. AM 0 spektri kosmosga tegishli bo‘lib sun‘iy yo‘ldoshlarda, kosmik kema bortlarida QE va FEB testdan o‘tkazish mumkin. AM 1 spektri Quyosh zenitda turgan holatdagi Yer sirtidagi QN intensivligini ko‘rsatadi. Bunda QN integral zichligi ~925 W/m² bo‘lib α ~90⁰ ni tashkil etadi. Yer atmosfera massasi 1 ga teng deb olinsa, qaytgan nurning spektri Yer sirtidagi quyosh nurlanishi spektriga aynan o‘xshash deb hisoblanadi.

Yer atmosferasi o‘zining optik xususiyatlariga asosan selektiv yorug‘lik filtri bo‘lib, koinotdan kelaetgan Quyosh nurlanishini o‘zgartiradi. Agar nurlanish oqimi atmosferadan o‘tib Yer sirtiga tik tushsa, u holda nurlanish bosib o‘tgan optik masofa bir atmosfera massasiga teng deb hisoblanadi va AM 1 bilan belgilanadi. Qiya tushayotgan nurlarning optik masofasi uzunligini ularning AM 1 optik masofa kattaligiga qiyoslab aniqlash mumkin. Agar nurlanish oqimi

atmosfera ta'sirida o'zgarasa, uning optik atmosfera massasi nolga teng bo'lib, u AM 0 deb belgilanadi.

To'g'ridan to'g'ri tushayotgan Quyosh nurlanishi oqimining dengiz sathida qoq tush paytida ochiq havoda Yer sirtidagi energetik yoritilganligi $\approx 100 \text{ mW/sm}^2$ teng deb hisoblanadi.

AM 2 spektr $\alpha \sim 30^0$ gorizontga nisbatan balandlik burchagida amalga oshirilib $E \sim 691 \text{ W/m}^2$ ga teng bo'ladi.

Qiyoslash uchun quyidagi jadvalda quyosh tizimidagi sayyoralar orbitalarida quyosh nurlanishi oqimining zichligi (Quyosh doimiysi) 1.2-jadvalda keltirilgan.

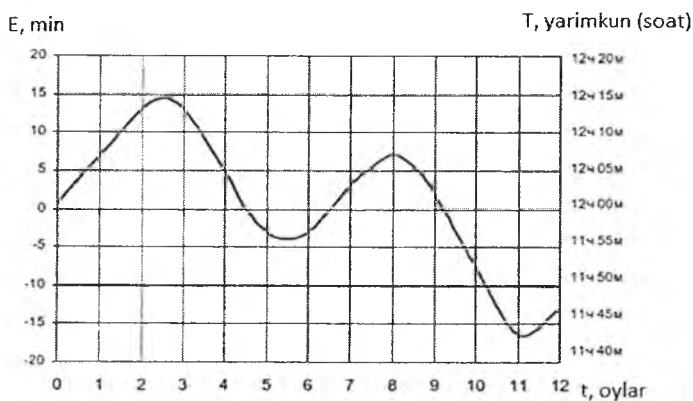
1.2-jadval

Sayyoralar	Sayyora– Yer orasidagi o'rtacha masofa	Yer sutkalarida yil davomiyligi	Quyosh nurlanishi oqimining zichligi Q.d mW/sm^2	
Merkuriy	$57,91 \cdot 10^6$ km	88	6,67	903
Venera	$108,21 \cdot 10^6$ km	225	1,91	258,6
Yer	$149,6 \cdot 10^6$ km	365	1,00	135,3
Mars	$227,94 \cdot 10^6$ km	687	0,4367	58,28
Yupiter	$778,3 \cdot 10^6$ km	4333	0,037	5,0
Saturn	$1427 \cdot 10^6$ km	10760	0,011	1,49

Yer sirti albedosi deb, uning sirtidan o‘rab turuvchi atrof muhitga qaytgan nurlanish oqimining, unga tushayotgan oqimga nisbatiga aytiladi. Sirtidan diffuz qaytish uchun hisoblangan Yer albedosining o‘rtacha qiymati 0,34 ga teng.

Insolyasiya deb, ma’lum geografik hududda Yer sirtiga tushayotgan quyosh nurlanishining miqdoriga aytiladi. Insolyasiya, Yer-Quyosh tizimida masofaning mavsumiy tebranishlariga, geografik kenglikka, hududning muhitiga va atmosfera massasiga bog‘likdir. Insolyasiyani odatda Quyosh nurlanishining kunlik, oylik, yillik o‘rtacha miqdori bilan ko‘rsatiladi.

Hozirda Yerda o‘rtacha Quyosh sutkasi deb nomlanadigan tushuncha bo‘lib uning davomiyligi har doim bir xil va 24 soatga teng. O‘rtacha Quyosh deb nomlangan o‘lchov vaqti o‘rtacha Quyosh vaqti, haqiqiy Quyosh bo‘yicha – haqiqiy Quyosh vaqti deb ataladi. Ular o‘rtasidagi farq vaqt tenglamasi deyiladi. Oxirgisining qiymati har kuni astronomik kalendarlarda beriladi. Vaqt tenglamasining o‘zgarish grafigi 1.5-rasmda keltirilgan. Unda keltirilgan egri chiziq haqiqiy yarim kunlikda o‘rtacha vaqtни ko‘rsatadi (Gorizontga nisbatan Quyosh markazining balandlik maksimumi).



1.5-rasm. Vaqt tenglamasi grafigi. Egri chiziq haqiqiy yarim kunlikda o‘rtacha vaqtни ko‘rsatadi.

O'rtacha va haqiqiy vaqt har yili bir biri bilan 15.04, 14.06, 1.06, 24.12 larda teng bo'ladi. Vaqt tenglamasining maksimumi 11.02 (+14' 22'') da, minimumi esa 2.11 (-16'24'') sodir bo'ladi. Quyoshga nisbatan Yerning burchakli o'lchami – 32'.

1.4. Kosmosda va Yerda (φ^0, ψ^0) nuqtada ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN asosiy va qo'shimcha omillari va uning ta'siri

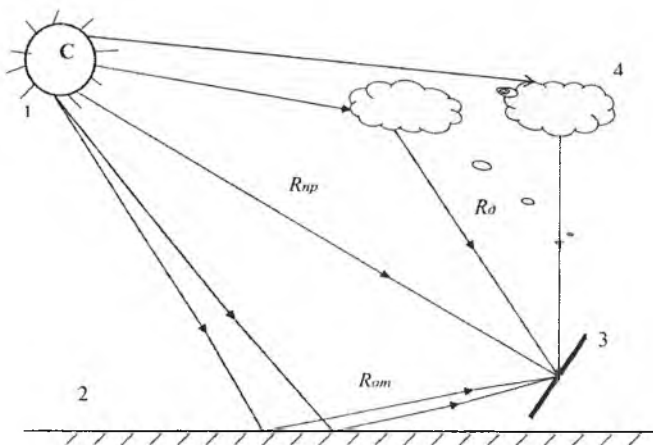
Kosmosda Quyosh energiyasi to'g'ri yo'nalgan quyosh nurlanishi oqimi deb atalgan to'g'ri chiziq ko'rinishidagi yorug'lik dastasidan iborat.

Yer yuzasida ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonga QN uch xil Quyosh energiyasi oqimidan iborat ko'rinishda tushadi. Yer yuzasida vaqtning (t) har momentida qabul qilgich maydongacha QN yig'indi oqimi $R_{\Sigma}(t)$ quyidagicha

$$R_{\Sigma}(t) = R_t(t) + R_{dif}(t) + R_{aks}(t) \quad (1.18)$$

bu yerda, to'g'ri yo'nalgan quyosh energiyasi oqimi – $R_t(t)$; atmosfera tarkibidagi bulut, aerozol, chang zarralari tomonidan diffuz yoki sochilgan – $R_{dif}(t)$; Yer sirtidan QN bir qismining akslangan holatda qaytishi – $R_{aks}(t)$.

Agar qabul qilgich maydonga kosmosda joylashgan bo'lsa, $R_{\Sigma}(t)$ faqat $R_t(t)$ dan tashkil topgan oqim hisobiga amalga oshadi, Yer sharoitida esa ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi. Bu birincha navbatda qabul qilgich maydonning Quyoshga nisbatan geometrik joylashuviga bog'liq bo'ladi.

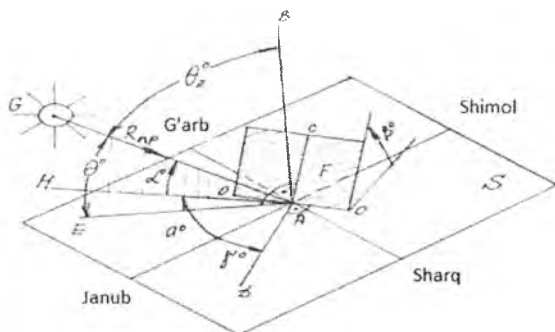


1.6-rasm. Yer yuzasida QN asosiy tashkil etuvchilari

1-Quyosh, 2- Yer yuzasi, 3- Qabul qilgich maydon, 4- bulut, aerosol, chang.

Bu fikrlarni isbotini 1.7-rasmda keltirilgan chizma, ya'ni Yerda A (koordinatalari φ^0_A – shimoliy kenglik, grad., ψ^0_A – sharqiy uzunlik, grad.) nuqtada janubga nisbatan qiyalangan ixtiyoriy orientatsiyalangan yassi qabul qilgich maydonchada ko'rish mumkin.

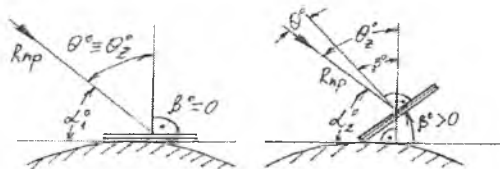
1.7-rasmning shartli belgilanishlari: S – β^0 burchak ostida janubga qiyalangan ixtiyoriy orientatsiyalangan F yassi qabul qilgich maydoncha joylashgan. Yerdagi A (φ^0 , ψ^0) nuqtadagi gorizonttal maydoncha, OO – F va S tekisliklarning kesishish chizig'i, $AD \in S$ va $AD \perp OO$; $AC \in F$ va $AC \perp OO$; $AE \perp F$; $AB \in S$; G-Quyosh; $AN \in S$ va AN chiziq AG ning S dagi proeksiyasi bo'ladi.



1.7-rasm. Yerda yassi qabul qilgich maydonning Quyoshga nisbatan geometriyasi

$R_{np}(t)$ ga nisbatan F qabul qilgich maydoncha uchun quyidagi burchaklarni bilish o'ta muhimdir. Θ^0 -GA va F ga perpendikulyar o'rtasidagi burchakka teng bo'lgan Quyosh tushish burchagi; ($\gamma^0=0$ bo'lsa maydoncha janubga qat'iy orientatsiyalangan bo'ladi, $\gamma^0 < 0$, ya'ni $-90^0 \leq \gamma^0 < 0$ bo'lsa g'arb tomonga orientatsiyalangan bo'ladi). α^0 -Gorizontga nisbatan Quyoshning balandlik burchagi, a^0 – Quyoshning azimuti yoki GA proeksiyasi va janub yunalishi orasidagi burchak, α^0 va γ^0 bir biri bilan mos tushishi mumkin. Θ_z – Quyosh yoki QN ning zenit burchagi.

1.8-rasmda gorizont ($\beta^0 = 0$) va qabul qilgichning qiyalangan ($\beta^0 > 0$) holatlari uchun Θ^0 va Θ_z^0 o'rtasidagi munosabat keltirilgan. Ma'lumki, qachonki $\beta^0 = 0$ bo'lsa Θ^0 va Θ_z^0 bir biriga teng bo'ladi, ya'ni $\Theta^0 = \Theta_z^0$.



a)

b)

1.8-rasm. Θ^0 va Θ_z^0 ning o‘zaro munosabati: a) Qabul qilgichning gorizontal ($\beta^0 = 0$) va qiyalangan ($\beta^0 > 0$) holatlari uchun

1.8-rasmda shunday shart qabul qilinganki, Quyoshning balandligi ikkala a va b holatlar uchun bir xil, ya’ni $\alpha^0_1 = \alpha^0_2$. Ammo qabul qilgich maydonchaga tushayotgan Quyosh energiyasining miqdori $R(t)$ (1.19-formula) har xildir.

$$R(t) = R_{\perp}(t) \cos \theta^0(t) \quad (1.19)$$

Aniqki, bu holat uchun $R(t)$ ning qiymati a holatga nisbatan kattadir. Umuman olganda, ko‘pgina hollarda qabul qilgich maydonchaga tushayotgan to‘g‘ri yunalgan QN tushuvi $\Theta^0(t)$ qiymati bilan aniqlanadi.

Hisob davri $T = t_k - t_0$ (ya’ni $\beta^0(t) = \beta^0$, $\gamma^0(t) \neq \gamma^0$) hisobiga va $\beta^0 \neq 0$, $\gamma^0 \neq 0$ ega bo‘lgan doimiy vaqt davomida A (φ^0 , ψ^0) nuqtada qabul qilgich maydonchani Yer o‘qi atrofida va Quyosh atrofida orbita bo‘ylab Yerning tekis harakatlanish sharoiti uchun istalgan vaqt momentida t nazariy hisoblab topish mumkin.

$$\begin{aligned} \cos \theta^0(t) = & \sin \beta^0 \cdot [\cos \delta^0(t) \\ & \cdot \{ \sin \varphi^0_A \cdot \cos \gamma^0 \cdot \cos \omega^0(t) + \sin \gamma^0 \cdot \sin \omega^0(t) \} - \\ & - \sin \delta^0(t) \cdot \cos \varphi^0_A \cdot \cos \gamma^0] + \cos \beta^0 \cdot [\cos \delta^0(t) \cdot \cos \varphi^0_A \cdot \cos \omega^0(t) + \\ & \sin \delta^0(t) \cdot \sin \varphi^0_A], \end{aligned} \quad (1.20)$$

(1.20) tenglamani bir qancha trigonometrik o‘zgartirishlardan so‘ng qo‘yidagicha tasvirlash mumkin:

$$\cos \theta^0(t) = (A - B) \cdot \sin \delta^0(t) + [C \cdot \sin \omega^0(t) + (D - E) \cdot \cos \omega^0(t)] \cdot \cos \delta^0(t), \quad (1.21)$$

bu yerda $A = \sin \varphi^0_A \cdot \cos \beta^0$; $B = \cos \varphi^0_A \cdot \sin \beta^0 \cdot \cos \gamma^0$; $C = \sin \beta^0 \cdot \sin \gamma^0$; $D = \cos \varphi^0_A \cdot \cos \beta^0$; $E = \sin \varphi^0_A \cdot \sin \beta^0 \cdot \cos \gamma^0$.

Quyoshga nisbatan qabul qilgich maydonchani joylashishining ba'zi xarakterli holatlari uchun (1.20), (1.21) formulalarni sodda ko'rinishga keltirish mumkin:

Qabul qilgich maydonchani gorizontal holatda joylashishi, ya'ni $\beta^0=0$:

$$\cos\theta^0(t) = \cos\vartheta_z^0(t) = \cos\omega^0(t) \cdot \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\delta^0(t) + \sin\varphi_A^0 \cdot \sin\delta^0(t). \quad (1.22)$$

Qabul qilgich maydoncha Yer yuzasiga perpendikulyar joylashgan bo'lsa, ya'ni $\beta^0=90^0$:

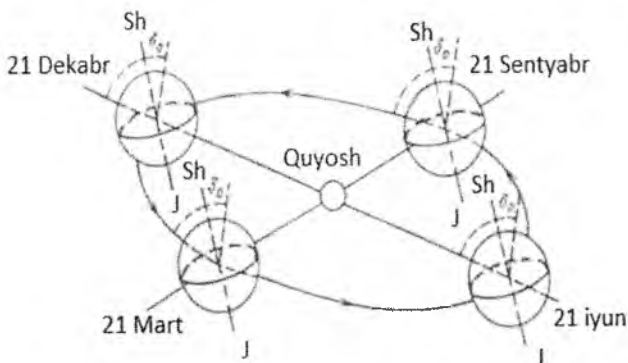
$$\cos\theta^0(t) = \cos\delta^0(t) \cdot \{ \sin\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \cdot \cos\omega^0(t) + \sin\gamma^0 \cdot \sin\omega^0(t) \} - \sin\delta^0(t) \cdot \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \quad (1.23)$$

Qabul qilgich maydoncha Yer yuzasida janubga qat'iy qiyalangan bo'lsa, ya'ni $\beta^0>0$ va $\gamma^0=0$:

$$\cos\theta^0(t) = \sin(\varphi_A^0 - \beta^0) \cdot \sin\delta^0(t) + \cos(\varphi_A^0 - \beta^0) \cdot \cos\delta^0(t) \cdot \cos\omega^0(t) \quad (1.24)$$

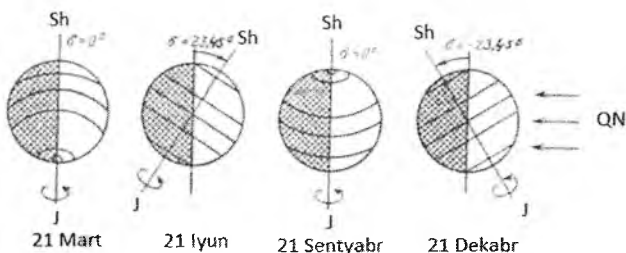
Yuqorida ko'rsatilgan hamma formulalar uchun $\theta^0(t)$ hisobi uchun ikkita o'ziga xos bo'lgan parametr qatnashmoqda: $\delta^0(t)$ va $\omega^0(t)$ -mos ravishda Quyoshning og'ish va soat burchagi hisoblanadi.

Yerda qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN tushuviga kuchli ta'sir etadigan va joriy vaqt momenti t yoki vaqt intervali Δt uchun Quyoshga nisbatan Yer sharining o'zaro joylashishini hisobga olib bu parametrlarni hisoblash usullarini ko'rib chiqamiz.



1.9-rasm. Quyosh atrofida Yerning aylanish sxemasi. Yer yuzasidagi o'rta chiziq – Ekvator

1.9-1.10 rasmlarda mosravishda yil davomida Quyosh atrofida Yerning aylanish sxemasi va yilning har xil sutkalarida Yer yuzasining Quyosh nurlanishi bilan yoritilish sxemasi tasvirlangan.



1.10-rasm. Yilning har xil vaqtlarida

Yer yuzasining Quyosh nurlanishi bilan yoritilish sxemasi. 0° ; $\pm 23,45^{\circ}$; $\pm 66,55^{\circ}$ kengliklar qayd etilgan. Quyosh og'ish burchagi δ o'zgarishi ko'rinarli tarzda keltirilgan. QN oqimi strelkalar bilan ko'rsatilgan.

Ma'lumki, Yer shari $a=0,033$ ga teng eksentrisitetga ega bo'lib Quyosh atrofida elliptik orbita bo'ylab harakatlanadi. Bunda shartli ravishda Yer o'qining qiyalik yunalishi fazoda qat'iy ravishda Quyosh

atrofida harakatlanayotgan Yer tekisligining normaliga $23^{\circ}27' = 23,45^{\circ}$ burchak ostida joylashadi. Bu holatda Quyoshga to'g'ri yunalgan chiziq va Yer ekvatori tekisligi (Ekvatorial tekislik) orasidagi burchak Quyoshning og'ishi deb ataladi. U son jihatdan Quyosh atrofida Yerning aylanish tekisligiga o'tkazilgan normal va Yerning aylanish o'qi yo'nalishi orasidagi burchakka teng (1.10-rasm). Shimoliy yarimsharda δ^0 burchak yil davomida 21 dekabr uchun $-23^{\circ}27'$ dan, 21 iyun uchun $+23^{\circ}27'$ gacha, quyoshli teng kunliklar 21 mart va 23 sentyabr uchun nolga teng bo'lib o'zgaradi. $\delta^0(t)$ ning maksimal qiymati δ^0 orqali belgilanib $23^{\circ}45'$ ga teng.

Quyoshning og'ishi berilgan kun uchun Kuper formulasidan aniqlanadi:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (1.25)$$

bu yerda $n - 1$ yanvardan boshlab hisoblanadigan yil kunning tartib nomeri. $n -$ sifatida odatda yil oylari I-XII uchun oy kunning o'rtacha hisob nomeri olinadi. 284 – 21 martdan 31 dekabrgacha bo'lgan sutkalar soni; 360^0 – bir yil ichida Quyosh atrofida Yerning to'liq aylanib chiqish qiymati.

Quyida n va δ uchun I-XII oy davomida qiymatlari keltirilgan.

1.3-jadval

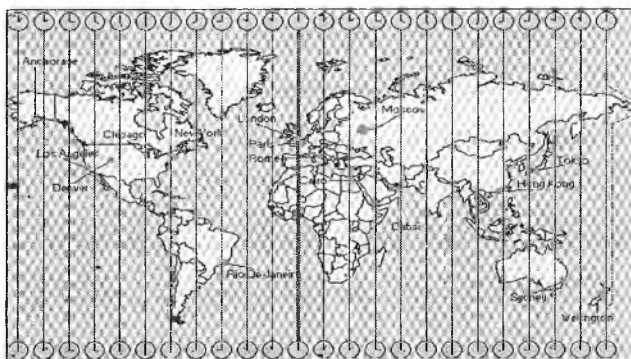
n	17	47	75	105	135	198	228	258	288	318	344
δ,	-	-13	-2,4	9,4	18,8	21,2	13,5	2,2	-9,6	-	-23
grad.	20,9									18,9	

(1.21) formulada $\theta^0(t)$ hisoblash uchun shuningdek ω^0 – Quyoshning soat burchagi, ya'ni qaralayotgan nuqtada A (φ^0, ψ^0) quyoshli yarim kunlik vaqtdan boshlab Yerning burilishi hisobiga hosil bo'lgan burchak tushuniladi.

$$\omega^0(t) = \frac{15^0}{\text{soat}} \cdot (t - t_{\text{ya.kun}}) + E(t) + (\psi_A^0 - \psi_{\text{hudud}}^0) \quad (1.26)$$

bu yerda t, soat – qaralayotgan vaqt momenti (sutkalarda); $t_{\text{ya.kun}, \text{soat}}$ - A (φ^0, ψ^0) nuqta mos tushadigan shu soat hududida quyoshli yarim kunlik mahalliy vaqti; $E(t), \text{minut}$ – vaqt tenglamasi grafigidan tuzatish; ψ_A^0 - A nuqtada geografik uzunlik; ψ_{hudud}^0 – mahalliy yarim kunlik xaqiqiy Quyoshli yarim kunlik bilan mos tushadigan shu meridional tekislikning geografik uzunligi; $\frac{15^0}{\text{soat}}$ – Yer o‘z o‘qi atrofida 1 soat davomida buriladigan burchak;

Nazariy jihatdan Yer shari 24 ta soatli mintaqalarga bo‘linib hisobi Buyuk Britaniyadagi nol meridiandan (Grinвич) boshlanadi. Har bir soatli zonaning “kengligi” 15^0 ga teng (uzunligi bo‘yicha). Har bir soatli zonada nazariy jihatdan mahalliy quyoshli yarim kunlik xaqiqiy quyoshli yarim kunlik bilan mos tushadigan ψ_{hudud}^0 koordinataga ega ba’zi o‘rta meridian mavjud.



1.11-rasm. Yerning soatli mintaqalari

Tabiiy holda bu zonaning ichi vaqt bo‘yicha o‘rta meridiandan farqi bor va 16 tenglamada uchinchi had sifatida $\psi_A^0 - \psi_{\text{hudud}}^0$ ko‘rinishida akslanadi. Yer sharida soatli mintaqalarning umumiy ko‘rinishi 1.11-rasmda sxematik ko‘rsatilgan. Har bir soatli mintaqada quyoshli yarim kunlik haqiqiy vaqti ψ_{hudud}^0 uzunlikga ega A nuqta uchun kunning 12 soati bilan mos tushadi.

1.5. Quyosh nurlanishi oqim zichligi va ularni o'lash uslublari haqida ma'lumotlar

Quyosh energiyasidan foydalanishni amaliy tadbir etishda boshlang'ich bosqich bu quyosh energiyasining yil davomida Yer yuzasining muayyan bir joyiga kelib tushayotgan, shuningdek Yer yuzasidan qaytariladigan faoliyatli yuzaning radiatsiya va radiatsion balans miqdorini to'g'ri o'lashdir.

Quyosh resurslarini aniqlash bevosita elektr va issiklik energiyasi ishlab chiqarish bilan bog'liq bo'lganligi sababli, quyosh energiyasida ishlovchi quyosh elektr va issiklik stansiyalari va boshqa qurilmalarini loyihalash va ko'rish uchun TIA (texnik-iqtisodiy asoslanma) ishlab chiqarishga imkon yaratadi.

Yerning radiatsion balansi, Yer yuzasining albedosi va unda joylashgan barchasi, shuningdek Quyoshning Yer yuzini yoritishi haqidagi ma'lumotlar insoniyatning hayot faoliyatiga va iqtisodiyotning ko'pgina sohalari uchun juda zarur.

Quyosh nurlanishi bilan bog'liq ma'lumotlarni aktinometrik asboblardan bajaradi, yana ularni radiometrlar deb atashadi: piranometrlar - gorizontal yuzaga to'g'ri keladigan yig'indi radiatsiyani, hamda osmondan kelayotgan yoyilma (diffuz) radiatsiyani o'lchaydi; aktinometrlar va pirlgeliometrlar - Quyoshdan va uning atrofidagi osmonning 5° radiusidagi quyosh atrofi zonasidan to'g'ri chiqayotgan quyosh radiatsiyasini o'lchaydi; albedometr - Yerning faoliyatli yuzasidan qaytarilgan quyosh radiatsiyasini o'lchaydi; balansomer - Yerning faoliyatli yuzasidagi radiatsion balansni aniqlash uchun qo'llaniladi; geliograf - quyoshning yoritish davomiyligini, ya'ni quyoshning bulutlar bilan qoplanmagan vaqtini avtomatik tarzda qayd qilish uchun ishlatiladi.

O'n yilliklar davomida aktinometrik asboblardan prinsipial jihatdan o'zgarmanligini qayd etish lozim. Shu kungacha ham termobatareyaning qoraytirilgan yuzasi quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslama sifatida xizmat qilayapti. Katta miqdordagi mikroskopik

«qabul qilgich» lari mavjud bo‘lgan notekis tarkibli qora selektiv bo‘lmagan qoplama unga tushayotgan keng oraliqdagi spektral Quyosh nurlanishining 98% yutib qoladi, ya’ni Yer yuzasiga etib kelayotgan quyosh spektrini barcha qismini qamrab oladi (0,3-2,5 mkm). Juftlashtirib payka qilingan va elektr jihatdan ketma-ket ulangan termojuftliklar yig‘masi-termobatareyalarning sezgir elementi sifatida xizmat qiladi. “Issiq” yuza orqali yutilgan Quyosh nurlanishi uning haroratini oshishiga olib keladi. “Issiq” va “sovuq” yuzalar bir xil belgilangan haroratda ushlab turilganda, ular o‘rtasidagi yuzaga kelgan harorat farqi unga to‘g‘ri proporsional bo‘lgan elektr yurituvchi kuchni (EYUK) hosil qiladi. Aktinometrik asboblarni sezgirliги har bir asbob uchun alohida o‘ziga xos, shuning uchun har bir radiometr o‘zini alohida maxsus kalibrlash koeffitsientiga ega, hattoki bir xil modeli asboblar uchun ham o‘rinlidir. Qo‘shimcha qilamizki, radiometrlarning qora qoplamalarini spektral sezgirliги 2% kamroq. Yoki boshqacha aytganda, radiometrlarning spektral oralig‘ida har bir to‘lqin uzunliги uchun qoplamani yutishi bir xil va 2% aniqlikni tashkil etadi.

Amaliyotda eng ko‘p qo‘llanishga ega piranometrlar hisoblanadi, yuqorida aytib o‘tganimizdek, ular yig‘indi (global) va yoyilgan (diffuz) quyosh radiatsiyasini o‘lchaydi. Quyosh stansiyalarining va boshqa gelioqurilmalarning aksariyat qismi yig‘indi va diffuz radiatsiyadan foydalanadi, ya’ni piranometrlar o‘lchov natijalarining iste’molchilari hisoblanadi. 1.12-rasmda piranometrlarning tashqi ko‘rinishi tasvirlangan. Piranometr termobatareyali bosh qismdan, yarim sferik shisha qolpoqdan, shtativ, quritma va soya qiluvchi ekrandan iborat. Zamonaviy piranometrlarda kvarts shishasidan qilingan qolpoqlardan foydalaniladi, chunki shisha Quyosh radiatsiyasini ma’lum qismini yutadi. Piranometrlar ko‘rsatkichlariga atmosfera ta’sirini yo‘qotish uchun zamonaviy piranometrlarda ikkita kvarts qalpoqdan foydalaniladi. Ma’lumki, o‘lchov asbobini qabul qiluvchi yuzasi va korpusi orasidagi harorat farqi kichik manfiy chiquvchi signal paydo qiladi, ko‘pincha bu noldan siljish deb ataladi. Bu effekt ichki qalpoqdan foydalanish hisobiga minimumga keltiriladi. Oxirgi vaqtda yuqorida aytilgan effektни kamaytirish uchun asboblarda ventilyasiyadan foydalaniladi, hamda sezgirlikga tuzatish

kiritish imkonini beruvchi, ichki xarorat datchigi bor bo'lgan passiv elektr kompensatsiya sxemalari o'rnatiladi.

1.4-jadvalda ba'zi piranometrlarning asosiy texnik karakteristikalari keltirilgan.

1.4-jadval.

№	Texnik xarakteristikalari	Asbob turi		
		M-80, Rossiya	SMR6, Niderlandiya	SM21, Niderlandiya
1	Spektral oraliq	300-2500nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, birinchi klass 285-2800 nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, Ikkilamchi etalon 285-2800 nm
2	Inersiya (ishlab ketish vaqti)	40 s	18 s	5 s
3	Maksimal ishchi yoritilganlik	1500 W/m ²	2000 W/m ²	4000 W/m ²
4	Sezgirlik	10-15 mkV/W/m ²	5-20 mkV/W/m ²	7-14 mkV/W/m ²
5	Termobatareyaning qarshiligi	25-35 Om	20-200 Om	10-100 Om

Amaliyotda turli xil piranometrlardan foydalaniladi, yuqorida ko'rsatilganlardan tashqari, Zontaga, EKO, Mollya-Gorchinskogo, SR-75, Bellani kabilar shular jumlasidandir. Biroq, Butun jahon Metrologiya Tashkiloti (BMT) radiatsiya ma'lumotlari Markazi ma'lumotiga asosan Kipp and Zonen kompaniyasi piranometrlaridan eng ko'p foydalaniladi O'zR FA "Fizika-Quyosh" IICHB. Materialshunoslik Institutida ham Kipp and Zonen kompaniyasining 2 ta SM21 piranometrlaridan va 1 ta SN1 pigeliometridan foydalaniladi.

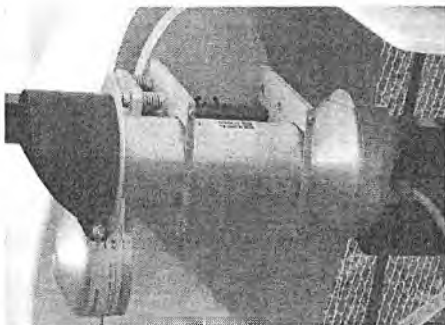
Bir qator mamlakatlarda Quyosh nurlanishini qabul qiluvchi dachiklar sifatida yarim o'tkazgich elementlari bo'lgan piranometrilar ishlatiladi. Bu AQSHda ishlab chiqarilgan Li-cor va Eppli RSP piranometrlari. Biroq BMT ulardan foydalanishni tavsif qilmaydi, chunki bu ko'rsatilgan asboblarni sezgirlik spektri nochiqli harakterga ega va ma'lumki, ularga selektivlik hususiyati xosdir. Eppli RSP asboblarini spektral oralig'i 400-1100 nm, Li-cor esa spektral oralig'i 400-700 nm (ko'rinarli spektr) va 400-1100 nm asboblar ishlab chiqaradi. Boshqa tarafdin bu asboblarini kalibrlash klassik piranometrlar bilan solishtirish yo'li bilan o'tkaziladi, chunki spektral nomoslikliklar muammosi yuzaga keladi, xatoligi esa $\pm 5\%$ tashkil etadi.

Yuqorida eslatib o'tganimizdek, Quyoshning to'g'ri radiatsiyasini o'lchaydigan asboblar, aktinometrlar va pirlgeliometrlarda to'xtalib o'tamiz. Bu ma'lumotlar minora turdagi va paraboloid ko'rinishidagi quyosh stansiyalari hamda quyosh pechlari qurilishi uchun TIA ishlab chiqish uchun foydalaniladi. Ko'rsatib o'tilgan quyosh qurilmalari, ularning mos ravishdagi qabul qiluvchi yuzalariga fokuslanadigan quyoshning to'g'ri radiatsiyasida ishlaydi.

Aktinometrlar va pirlgeliometrlarni ishlash prinsipi va Quyosh radiatsiyasini o'lchaydigan piranometrlarning ishlashiga o'xshash. Farqli asboblarini o'zining konstruksiyasida hamda ularni doimiy ravishda Quyoshga yo'naltirilgan bo'lishidadir. 1.12-rasmda AT-50 aktinometr va



1.12-rasm a) Aktinometr AT-50



b) Kipp and Zonen kompaniyasi SN1 pirlgeliometri

SN1 pirgeliometri ko'rsatilgan.

Quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslamalar aktinometr va pirgeliometr trubkalardan iborat. Diafragmalari bor trubka qabul qilgichni shamol va diffuz radiatsidan himoya qiladi. Asboblarni tashkirlarini markaziy burchagi 10° teng. Bu asboblarni qabul qilgich markazi Quyoshdan va osmonni Quyosh yoni zonalaridan 5° radiusda radiatsiya qabul qilishini bildiradi. Asboblarni derazalari kvarts shishadan tayyorlangan va Quyosh nurlanishi spektrini 97-98% o'tkazadi va qabul qilgichda yutiladi. Asbob trubkalari ichida asbobni namlik darajasini sozlab turadigan seliko-gelli yutgich mavjud.

1.5-jadvalda AT-50 aktinometrini va SN1 pirgeliometrini asosiy texnik xarakteristikalarini ko'rsatilgan.

1.5-jadval

№	Texnik xarakteristikalarini	Asbob turlari	
		AT-50, Rossiya	SN1, Niderlandiya Klassifikatsiya ISO 9060:1990, birinchi klass
1	Spektral oraliq	300-10000 nm	200-4000 nm
2	Inersiya (ishlab ketish vaqti)	<25 s	5 s
3	Ishchi yoritilganlik	40-1200 W/m ²	0-4000 W/m ²
4	Sezgirlik	<30 mkV/W/m ²	7-14 mkV/W/m ²
5	Termobatareya qarshiligi	30-100 Om	10-100 Om

AP-1, M-3 markali birinchi model aktinometrleri, Quyoshga qo'lda yo'naltiriladi, chunki ularni konstruksiyasi shu qo'l bilan shunaqa manipulyasiya harakatlarni bajarishga moslashtirilgan. Zamonaviy asboblari qoidaga muvofiq Quyoshga yo'naltirish stansiyalari bilan ishlaydi, misol uchun Kipp and Zonen 2P va Solys 2 asboblari. Hamda pirgeliometrlarni kompyuter yoki boshqa ma'lumot yig'ish tizimiga ulash mumkin. Buning uchun past kuchlanishli analogli bo'lishi lozim, ATSP (Analog-sonli aylantirgich) aniqlash imkoniyati tizimni sergiriligini W/m^2 ga 1 bit atrofida ta'minlash shart. Quyosh nurlanishini xonadan tashqarida o'lchash vaqtida aniqlash imkoniyati katta bo'lishiga ehtiyoj yo'q, chunki issiqlik muvozanati yuqligi uchun pirgeliometrlar $\pm 2 W/m^2$ gacha siljish ko'rsatadi. Dunyoda yuqorida ko'rsatilgan pirgeliometrlardan tashqari boshqa DR-01, DR-02, DR-03, Nip va boshqalar singari pirgeliometrlar ham ishlatiladi, lekin aksariyat ishlatiladigani bular Kipp and Zonen kompaniyasi asboblardir.

Aktinometrik asboblarni keyingi turi – albedometrni ko'rib chiqamiz. Ma'lumki, Albedo, bu har qanday jism yuzasini unga tushadigan nurlanishni qaytarish (yoyish) qobiliyatini tavsiflovchi kattalik. Albedometrni ishlash prinsipi osmondan va Quyoshdan yuzaga tushadigan hamda u yuzaga tushib qaytarilgan nurlanishni o'lchashga asoslangan. Bu tubdan qaralganda, Yer yuzini o'rganish uchun xavo sharlariga, keyinchalik samolyot va sun'iy yo'ldoshlarga o'rnatilgan spektrofotometrlarni birinchi aksi kabidir. Bu ma'lumotlar iqlimshunoslik, qishloq va suv xo'jaligi, qurilish va boshqa sohalardagi keng doiradagi mutaxassislariga zarur hisoblanadi.

Birinchi albedometrlar ikkita piranometrlar asosida yig'ilgan, bulardan bittasi Quyosh va osmonga qaratilgan, boshqasi tadqiqot qilinaotgan yuzaga qaratilgan. SRA 01 turdagi zamonaviy, shu jumladan portativ albedometrlar yaratilgan va tayyorlangan.

Keyingi aktinometrik asbob bu balansomer. Balansomer faoliyat yuzasidagi qoldiq radiatsion balansni aniqlash uchun qo'llaniladi. Radiatsion balans Quyoshning to'g'ri radiatsiyasiz o'lchanadi, buning

uchun balansomerni qabul qiluvchi yuzasi ekran bilan toʻsiladi. Bir vaqtning oʻzida aktinometr bilan toʻgʻri radiatsiya oʻlchanadi. Toʻliq balans olish uchun gorizontol yuzadagi toʻgʻri radiatsiya kattaligi toʻsilgan balansometrda oʻlchangan qiymatga qoʻshiladi. Koʻproq zamonaviy balansomerlar boshqa prinsippga asoslangan. Asbobda ikkita radiatsiya qabul qilgich boʻlib, bittasi yuqoriga qaratilgan va faoliyat yuzaga tushayotgan radiatsini yutadi, ikkinchi qabul qilgich pastga qaratilgan va faoliyat yuzaga tushmaydigan barcha turdagi radiatsiyalarni yutadi. Balansomer koʻrsatkichlariga shamol taʼsirini kamaytirish uchun balansomerni shtil sharoitlarida tekshirishdan oldin, shtil uchun oʻtish koʻpaytmasi deb nomlanuvchi oʻtish koʻpaytmasidan foydalaniladi. Amaliyotda balansomerlarni turli xillari ishlatiladi: CSIRO; Funka; Gira i Danklya, Shulsa, Suemi-Fransila, M-10. Zamonaviy balansomerlar kompyuter yoki maʼlumotlarni yigʻuvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

Oxirgi aktinometrik asbob – geliograf yoki uni yana Quyosh yarqirashini qayd qiluvchi deb aytiladi. Bu asboblarni oʻlchov natijalariga qisqa va uzoq muddatli ob-havo maʼlumotlari tuzish uchun, iqlimlar paydo boʻlishini oʻrganuvchi iqlimshunoslik uchun, Yer shari iqlimi klassifikatsiyasini tavsiflash, insoniyat va boshqa hayot faoliyati uchun keraklik oʻsimliklarni etishtirishni rejalashtirish va rayonlashtirish uchun qishloq xoʻjaligini bio iqlimshunosligi va agro iqlimshunosligi oʻrganish uchun statistik maʼlumotlar yigʻuvchi meteorologlar juda muhtojdirlar. Geliograf kun davomida, Quyosh bulutlar bilan qoplanmagan vaqtda quyosh yoritish davomiyligini avtomatik tarzda qayd qilish uchun xizmat qiladi. Yorugʻlik davomiyligi BMT tomonidan quyoshning toʻgʻri nurlanishi 120 W/m^2 oshmagan vaqt oraligʻi soatlarida aniqlanadi.

Koʻp oʻn yilliklar mobaynida Quyosh yoritishini aniqlash boʻyicha maʼlumot olish uchun butun dunyoda Kembella – Stoksa geliograf tizimlari ishlatilgan. Bunda shishadan yasalgan, yoysimon taglikga mahkamlangan, Quyosh nurlarini yigʻuvchi linza shar koʻrinishida boʻlgan. Quyosh nurlari shar devorlariga tushib, ularni linza singari oʻlchov boʻlinmasi 0,5 va 1 soat boʻlgan yorugʻlik sezuvchi lentaning bir nuqtaga fokuslagan. Quyosh siljishiga qarab, osmonda lentaga

fokuslangan nur to'plami harakatlanadi va u lentada kuydirilgan polosa izi qoldiradi. Quyosh bulut bilan qoplangan vaqtda polosa iz uziladi. Kun oxirida Quyosh yoritishi to'g'risida to'liq ma'lumot paydo bo'ladi, ya'ni qancha vaqt kun yorug', qancha vaqt bulutli bo'lgani haqida ma'lumot olinadi.

Hozirgi vaqtda zamonaviy va foydalanish uchun qulay bo'lgan sezgirliigi 400 – 11000 nm spektral oralig'ida bo'lgan kremniyli fotodiodlarda ishlovchi CSD, SON, PREDE, CIMEL, PUMKO-CAMMER va boshqa, quyosh yoritilganligi o'lchash datchiklari keng qo'lanilmoqda. Bu asboblarda mexanik xarakterli qismlar yo'q, 12 V o'zgarmas kuchlanishli manbada ishlaydi. CSD asbobi shular bilan birgalikda muzlashdan, qor yopishib qolishdan, shudring tushishdan himoya qiladigan va o'zida o'rnatilgan isitgichi mavjud. Mazkur asboblarni kompyuter yoki ma'lumotlarni yig'uvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

Quyosh datchigini energetik yoritilganligini o'zgartirish oralig'i turiga qarab 0,01 dan 1,3 kW/m² ni tashkil etadi. Ma'lumki, Quyosh nurlanishining Yer atmosferasiga etib keladigan zichligi o'rtacha 1,367 kW/m². Bu kattalik Quyosh doimiysi deb ataladi. Oldin ta'kidlanganidek, Quyosh nurlanishi atmosfera qatlamidan o'tayotganda o'z qiymatini ma'lum miqdorga yo'qotadi. Aslida bulutsiz kunda Yer yuzasiga etib kelgan Quyosh nurlanishi oqimi, kenglik, uzoqlik, dengiz satxidan balalik va yilga ko'ra aniq joydagi kun yarmida ko'pincha 700 dan 1300 W/m² gacha oralig'ida bo'ladi.

Gollandiyada ishlab chiqarilgan SD - quyosh datchiklarini asosiy texnik xarakteristikalarini keltiramiz.



1.13-rasm. Aktinometr AT-50.

chiquvchi signal vaqtining oʻrnatilish vaqti 1% xatolik bilan 25 s koʻp emas;

- termobatareya qarshiligi



1.14-rasm. Universal piranometr M-80.

- sezgirlik 1 kal/min. sm² 7-11 mV ;

- chiquvchi signal vaqtini oʻrnatilish vaqti 1% xatolik bilan 40 s koʻp emas;

- termobatareya qarshiligi 25 -35 Om.

Piranometr golovkasi M-115M:

- sezgirlik kW/m² 8-12 mV

- chiquvchi signal vaqtini o'rnatilish vaqti 1% xatolik bilan 35 s ko'p emas;
- termobatareya qarshiligi 30 - 40 Om.

1.6. Quyosh energiyasining kadastri va uning o'ziga xosligi

Quyosh energiyasining kadastri tushunchasi ostida Quyosh energetik quirlmalari va parametrlarini loyihalash va ularni moliyaviy-iqtisodiy samaradorligini baholash, Quyosh energiyasi potensial resurslarini baholash uchun zarur bo'lgan S (m^2 yoki km^2) hududlar uchun yoki A (φ^0_A, ψ^0_A) nuqtadagi QN bo'yicha tizimlashtirilgan ma'lumotlar tushuniladi. Qo'rsatilgan ma'lumotlarda QN ta'sir ko'rsatadigan meteorologik omillar va QN tushushining vaqt-fazoviy dinamikasi xususiyatlari aks etishi zarur. Bu ma'lumotlar asosida asosiy ta'sir etuvchi omillar hisobiga QN vaqt bo'yicha o'zgarishi – qaralayotgan vaqt qatorlari xususiyatlarini aks ettiruvchi maxsus matematik modellar ishlab chiqilishi mumkin. QN o'zgarishini aniq ifodalay olish shu yoki boshqa mamlakatda quyosh energetikasining rivojlanish istiqbollarini asoslash uchun katta ahamiyatga ega deb qarash mumkin.

XX asrning oxirgi ikki o'n yilligida va XXI asrning birinchi yillarida ma'lum bo'ldiki, atrof muhitga insoniyat faoliyatining ta'siri yaqqol namoyon bo'lmoqda. Ko'pchilik hollarda QN uchun to'g'ri yo'nalgan Quyosh radiatsiyasi qiymatining tizimli ravishda kamayishi va diffuz radiatsiyaning ortishi, bir vaqtda yig'indi QN oqimining nisbiy saqlanib qolayotganligi kuzatilmoqda. Shu bilan bir qatorda QN uchun o'tgan yillardagi kuzatishlar natijasida olingan aniq ma'lumotlarni kelgusida QN o'zgarishini prognoz qilishda qo'llash sezilarli qiyinlashmoqda. Boshqacha aytganda, bugunda qaralayotgan QN vaqt bo'yicha o'zgarish jarayoni hozirda QN bo'yicha qaralayotgan vaqt qatorlari barqarorligi va ergodlik talablariga to'liq javob bermaydi.

Odatda Quyosh kadastri quyidagi xarakteristikalarni kiritish mumkin:

- O'rtacha oylik va o'rtacha yillik umumiy bulutlilik miqdori;
- Ochiq va bulutlilik osmonning ehtimoliligi;

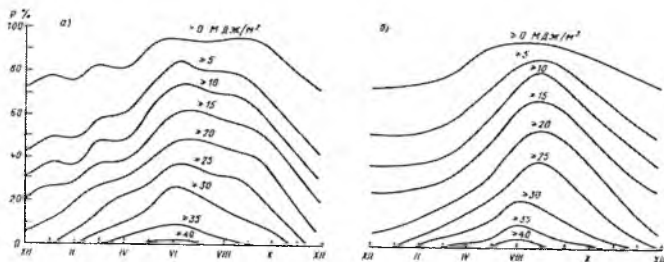
- O'rtacha oylik va o'rtacha yillik Quyosh porlashining davomiyligi;
- O'rtacha bulutlilik sharoiti uchun gorizontal qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN asosiy tashkil qiluvchilarining o'rtacha soatlik tushuvi;
- Yil davomidagi atrof muhit harorati ko'rsatkichlari;
- Hudud atmosfera tarkibida changlanish konsentratsiyasining miqdori;
- Shamol tezligi va yo'nalishlari.

Quyosh kadastri bo'yicha eng aniq tizimlashtirilgan tadqiqotlar o'tgan asrning 80-yillarida Gruziyada amalga oshirilgan edi. Bu quyidagi sabablar bilan tushuntiriladi. Birinchidan, sobiq SSSR hududidagi boshqa davlatlarga nisbatan QN yuqori qiymatiga ega ekanligi bo'lsa, ikkinchidan, Gruziyada o'sha vaqtda etarli darajada aktinometrik meteostansiyalarning (AMS) mavjudligidir.

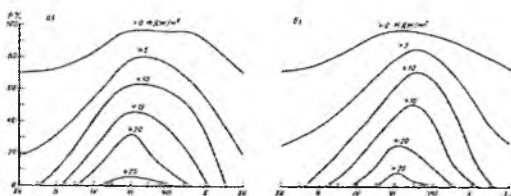
Shuningdek Tbilisida QN to'g'ri yo'nalgan oqimi bo'yicha tizimlashgan kuzatishlar 1926 yilda olib borildi, yig'indi va diffuz QN bo'yicha 1937 yildan olib borildi. Gruziyada XX asrning 50-yillari o'rtasida oltita AMS (Suxumi, Krest dovoni, Sxakaya-Torsa, Telavi, Anasuli, Salka) faoliyat ko'rsata boshladi. Shunday qilib, o'tgan asrning 90-yillarida Gruziyada QN bo'yicha tizimlashtirilgan ma'lumotlar tuzilgan edi: Tbilisida – to'g'ri yo'nalgan QN oqimi radiatsiyasini aniqlash bo'yicha 50 yildan ortiq, diffuz va yig'indi QN oqimi radiatsiyasi bo'yicha 40 yildan ortiq, qolgan AMS ma'lumotlari bo'yicha 30 yilga yaqin faoliyat olib borildi. Uzoq yillik kuzatishlar natijasida quyidagi QN xarakteristikalarini (E_{Σ} , E_t , E_d , E_{aks} , T_{ss} va boshqalar) olindi, shu asosida to'rtta asosiy taqsimlanish momenti hisoblandi: matematik kutish, C_v , C_c va σ . QN asosiy xarakteristikalarining egri taqsimlanishi hisoblandi, ya'ni $E_{\Sigma}(R)$, $E_t(R)$, $E_d(R)$, $E_{aks}(R)$, $T_{ss}(R)$ $\Delta t=1$ sutka, oy va 1 yil. Ko'rsatilgan egri taqsimlanish ko'rinishida yilning hamma oylari bo'yicha ishlov berildi va ularning xarakter ko'rsatkichlari asosida grafik qurildi: tadqiq etilayotgan parametr qiymati oshkorlik ehtimolligi unga berilgan xususiy qiymatdan kattadir; tadqiq etilayotgan parametr qiymati oshkorlik

cqtimolligi har yil oyidagi ba'zi qiymatdan kattadir; QN oqimi qiymatiga ega har yil oyidagi kun sonlari ehtimolligi berilgan qiymatdan kattadir.

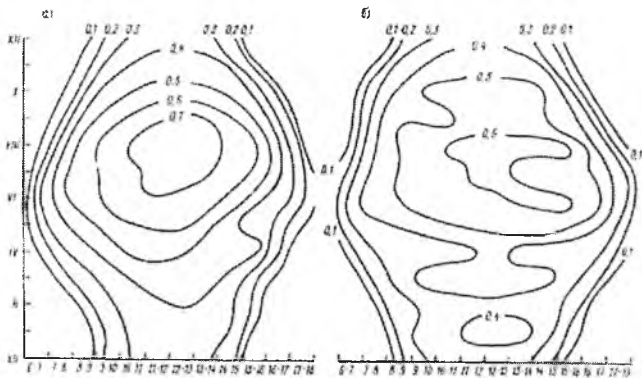
Yuqoridagilarga namuna sifatida 1.15-1.19 rasmlarda Gruziyadagi AMS uchun umumlashtirilgan ehtimollik xarakteristikalari keltirilgan.



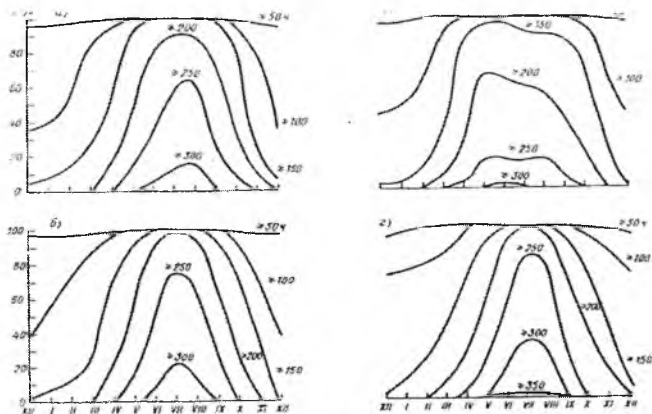
1.15-rasm. Perpendikulyar yuzaga tushayotgan to‘g‘ri yo‘nalgan Quyosh radiatsiyasining sutkalik yig‘indisi ehtimolligi a) Suxumi, b) Telavi



1.16-rasm. Gorizontial yuzaga tushayotgan to‘g‘ri yo‘nalgan Quyosh radiatsiyasining sutkalik yig‘indisi ehtimolligi a) Suxumi, b) Telavi

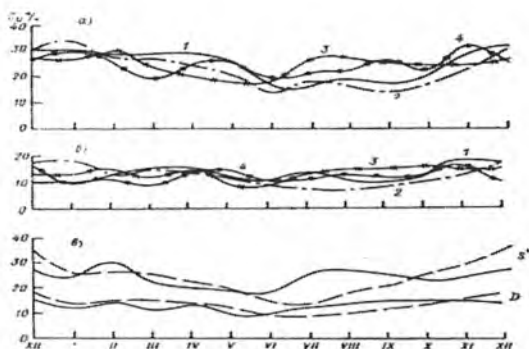


1.17-rasm. $C \geq 1,5$ MJ da oyiga kunlar soni ehtimolligi
 a) Suxumi, b) Telavi

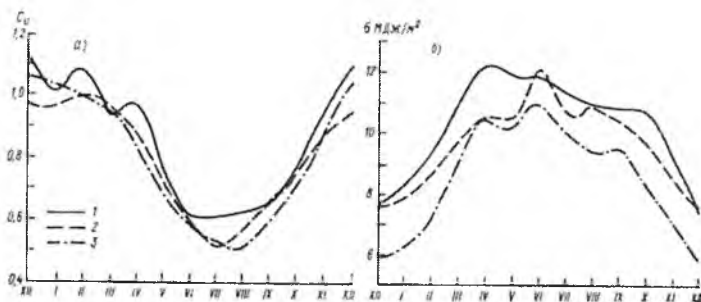


1.18-rasm. Quyosh porlashi davomiyligining oylik yig'indisi eg'timolligi a) Suxumi, b) Tbilisi g) Baxmaro d) Telavi

QN uchun yuqorida ko'rsatilgan bir qator kuzatish natijalarini qayta ishlash asosida ettita AMS da shuningdek C_v , C_c ning qiymatlari $\Delta t=1$ sutka, 1 oy va 1 yil uchun aniqlangan edi. Namuna sifatida 1.19-rasmda to'g'ri, diffuz va yig'indi quyosh radiatsiyasi oylik qiymatlari uchun C_v qiymatlari taqdim etildi.

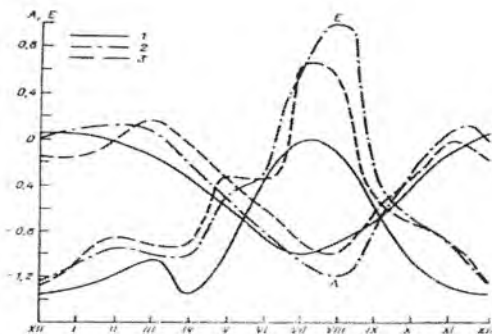


1.19-rasm. Radiatsiya oylik yig'indisining C_v o'zgarishi ko'effitsientining yillik natijasi a) stansiya uchun to'g'ri radiatsiya: 1- Telavi, 2- Suxumi, 3- Anaseuli 4-Salka; b) shu stansiyalar uchun yig'indi radiatsiya; v) Anaseuli (tutash chiziq) va Tbilisi (shtrix chiziq) uchun to'g'ri va sochilgan radiatsiya.



1.20-rasm. O'rtacha kvadratik og'ish (b holat, σ) va o'zgarish ko'effitsienti (a holat, C_v) uchun yillik natijalar.
1-Suxumi; 2- Tbilisi; 3- Telavi.

Undan kelib chiqadiki, eng katta o'zgarish qiymatiga ($15 \div 30\%$) to'g'ri yo'nalgan Quyosh radiatsiyasi va eng kichik o'zgarish qiymatiga ($10 \div 20\%$) –yig'indi va diffuz QN egadir. C_v ning yillik qiymati sezilarli darajada ($5 \div 10\%$) ga kichik. QN sutkalik tushuvi uchun C_v qiymati sezilarli darajada katta (1.20 rasmga qarang). Qish uchun $C_v = (100 \div 110)\%$, yoz uchun ($50 \div 60\%$).



1.21-rasm. Yig'indi radiatsiya sutkalik summa eksessa va asimmetriya koeffitsienti yillik natijalari 1-Tbilisi 2-Suxumi 3- Telavi

C_s va eksessa E ning bir yil davomida o'zgarish grafigi 1.21 rasmda keltirilgan. Grafikdan ma'lumki, noyabrdan aprel oyiga qadar davrda C_c nolga yaqin (ya'ni E_{sut} taqsimoti - simmetrik). May-oktyabr uchun $C_c < 0$, iyul-avgustda C_c absolyut maksimum qiymatga ega (-1,2).

T_{ss}^{oy} oylik yig'indisi hamma to'liq diapazonini tasvirlashning qulay sodda ko'rinishi bu nomogramma bo'lib 1.22-rasmda keltirilgan. U o'rtacha ko'p yillik oylik yig'indi ma'lumotlar asosida T_{ss}^{oy} bu yig'indilarning mumkin bo'lgan chegaraviy qiymatlarini, shuningdek 10% dan oshmagan holda xatolik darajasida istalgan oy uchun T_{ss}^{oy} yig'indisini ham aniqlash mumkin.

Bajarilgan hisob kitoblar shuni ko'rsatadiki, aralash yillarda T_{ss}^{oy} qiymatini amaliy jihatdan mustaqil tasodifiy hodisalar ko'rinishida tasvirlash mumkin. Shuningdek T_{ss}^{oy} ning uzoq yillik o'zaro bog'liqligiga ham taaluqlidir (uzoq yillar va 1,2 ga siljishlar).

30-40 yillik kuzatishlar uchun T_{ss}^{oy} ning hisobi 2÷5 soat xatolik bilan o'rtacha standart og'ishda 4÷8 soatgacha aniqlikga ega. 70-80 yilgacha qatorlar uzunligining ortishi absolyut xatoning 2 marta kamayishiga olib keladi.

Kunduz kungi Quyosh porlashining davomiyligi T_{ss}^{sutka} o'zining aniq chegaralariga ega: noldan kichik bo'lmagan va T_{ss}^0 dan katta bo'lmagan

holat AMS uchun gorizont yopiqligi va Quyoshning dengiz sathidan balanligini hisobga olib quyidagi formuladan aniqlanadi:

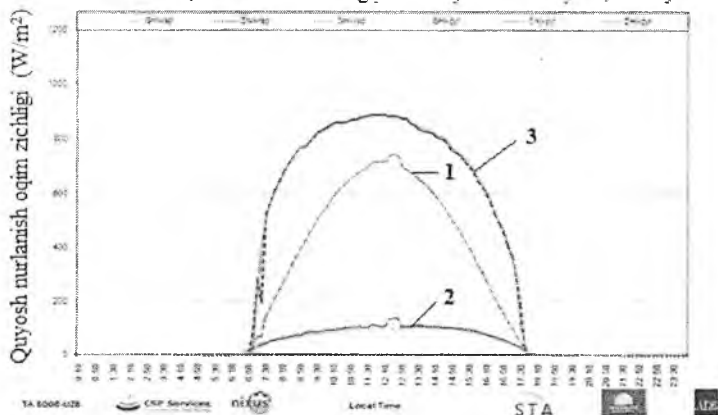
$$T_{ss}^0(soat) = 2/15 \arccos(-tg\varphi^0 tg\delta^0) \quad (1.17)$$

T_{ss}^{sutka} tebranishi T_{ss}^{oy} va T_{ss}^{yil} ga qaraganda sezilarli darajada yuqoridir. Bu aytilgan ma'lumotlarni 1.22-rasm tasdiqlaydi. Undan kelib chiqadiki, yil davomida C_v ning o'zgarish diapazoni iyulda 0,4 dan dekabrda 1,0 gacha (yoki sutkasiga $\pm(2,5 \div 4,5soat)$) g'oyat muhimdir. Umuman olganda, qish sharoiti uchun C_v 0,8 dan 1,0 gacha, yoz uchun 0,4 dan 0,6 gacha o'zgarib turadi.

Hozirgi vaqtda O'zbekiston Respublikasining har xil hududlarida Quyosh va shamol kadastrini o'rganish uchun 6 zamonaviy meteorologik stansiya faoliyat olib bormoqda. 1.22-rasmda Toshkent viloyati Parkent tumanida joylashgan meteostansiya umumiy ko'rinishi aks etgan.



1.22-rasm. Toshkent viloyatining Parkent tumanida joylashgan zamonaviy meteostansiya



1.23-rasm. Aktinometrik metostansiyadan olingan to‘g‘ri yo‘nalgan, diffuz-sochilgan va yig‘indi Quyosh nurlanishi oqim zichligining ko‘rsatkichlari.

1-to‘g‘ri yo‘nalgan QN oqim zichligining ko‘rsatkichi; 2-diffuz-sochilgan QN oqim zichligining ko‘rsatkichi; 3- yig‘indi QN oqim zichligining ko‘rsatkichi

1.23-rasmda 2015 yilning 6 oktyabrida Toshkent viloyatining Parkent hududida joylashgan aktinometrik meteostansiyadan olingan ma‘lumotlar aks etgan.

1.7. Quyosh nurlanishining tushish burchagi va qabul qilgich maydonchani gorizontalga nisbatan qiyalik burchagini aniqlash usullari

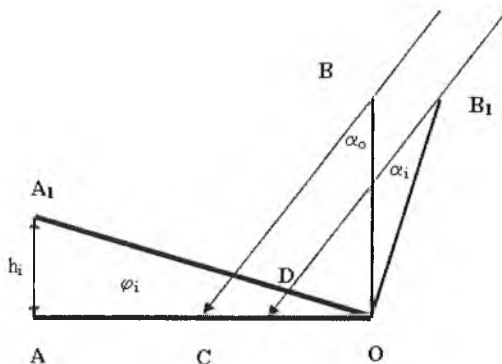
Quyosh nurini elektr energiyaga aylantirishning eng yuqori samaradorligi quyosh batareyasi (QB) yuzasini quyosh nuri yunalishiga perpendikulyar joylashgan holatida erishiladi. QB quyoshga nisbatan orientatsiyalash uchun tarkibida elektr energiyasi bilan ishlaydigan servomotor va boshqaruv bloki bo‘lgan Quyosh holatini kuzatuvchi tizim

qo'llaniladi. Quyosh holatini kuzatuvchi tizim narxi ancha yuqori va undan foydalanishga qo'shimcha xarajatlar talab qiladi.

Shuning uchun O'zbekiston Respublikasida QB yunaltiruvchi tizimlarsiz foydalanilmoqda. QB samaradorligini oshirish uchun har oyda Quyoshga nisbatan joylashish burchagini o'zgartirib turish shart. Shuning uchun QB Quyoshga nisbatan joylashtirishni optimal burchagini aniqlash va shuni oddiy usulini topish zaruriyati paydo bo'ladi.

Mazkur ishda o'lchov metodikasi asosida eksperimental va nazariy usulda Quyosh nurining tushish burchagini aniqlash bayon qilingan.

QB joylashtirishning optimal burchagini aniqlash uchun ustiga tug'ri burchak ostida gorizontal va vertikal santimetrli chizg'ichlar maxkamlangan to'g'ri burchakli folga plastinka ko'rinishida tajriba stendi loyihalandi va tayyorlandi (1.24, 1.26-rasm) Butun tizim o'z o'qi atrofida shunday aylanadiki, VO chizgich soyasi AO chizgich shkalasidan o'tganda ensiz chiziqqa aylansin.



1.24-rasm. Quyosh nurining gorizontal va gorizontga nisbatan qiya maydonchaga φ burchak ostida tushish sxemasi

Vertikal chizg'ich soyasi uzunligi bo'yicha α_o quyosh nurini tushish burchagi aniqlanadi va I_{qt} qisqa tutashuv toki, $U_{s,y}$ salt yurish kuchlanishi o'lchanadi. Maydonchanning tekisligi h_i balandlikga kotariladi, BO vertikal chizgichni L_i soya uzunligi va I_{qt} qisqa tutashuv toki o'lchanadi. h_i balandlikni Δh o'lchamga oshirib, vertikal chizg'ich soyasi uzunligi

$L_n \sim 0$, nolga teng bulgunicha, o'lchovlarni takrorlayveramiz. Bu quyosh nurini normal tushishiga mos keladi. $U_{s,y}$ salt yurish kuchlanishini takroran o'lchaymiz. O'lchov natijalari bo'yicha α_i va φ_i burchaklarni hisoblab chiqamiz.

$$\alpha_i = \text{arctg} \frac{L_i}{H} \quad (1.18)$$

$$\varphi_i = \arcsin \frac{h_i}{S} \quad (1.19)$$

qisqa tutashuv tokini zichligini hisoblaymiz va $J_{q,t,i} = f(\alpha_i)$ bog'liqligini ko'ramiz. Quyidagi ayniyat hamisha o'rinni:

$$\alpha_o = \alpha_i + \varphi_i \quad (1.20)$$

Quyosh nurini tushish burchagini geografik koordinatalar va mahalliy vaqt buyicha formula yordamida aniqlash mumkin.

$$\cos \alpha_o = A \sin \delta + (B + C) \cos \delta \quad (1.21)$$

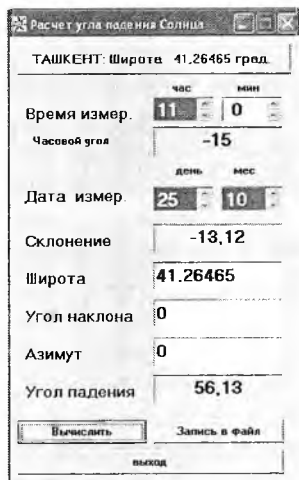
bu yerda,

$$\begin{aligned} A &= \sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ B &= \sin \beta \cos \gamma \sin \omega \\ C &= (\cos \varphi \cos \beta + \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma) \cos \omega \end{aligned} \quad (1.22)$$

$$\delta = 23.5 \sin \left(\frac{2\pi(284 + n)}{365} \right) \quad (1.23)$$

$$\omega = \frac{\pi}{12} (t - 12) \quad (1.24)$$

β - maydoncha tekisligining gorizontga qiyalik burchagi, γ - Quyoshning azimuti, δ - Quyoshning og'ish burchagi, ω - Quyosh soat burchagi, t - mahalliy vaqt, n - yil kuni. (1.18) - (1.21) formulalar asosida Quyosh nurini tushish burchagini hisoblash dasturidan foydalanish mumkin, uni interfeysi 1.25 - rasmda keltirilgan.



1.25-рasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash bo'yicha dastur interfeysi



1.26-рasm. Quyosh nurlanishining tushish burchagini aniqlash bo'yicha laboratoriya stendi

Tayyorlangan o'lchov stendi yordamida test o'lchovlari o'tkazildi (1.26 rasm). Vertikal chizgich uzunligi $H = 30,3$ sm, stend stolchasining uzunligi $S=20$ sm. O'lchovlar "Alternativ energiya manbalari" Geliopoligonida Toshkent shahrida kunduz soat 11⁰⁰ da 2017 yil oktyabr oyida bulutsiz ochiq havo kunida o'tkazildi. O'lchov stendining ikki holati buyicha Quyosh nurining tushish bo'rchagi aniqlanadi. O'lchash natijalari quyidagi 1.6-jadvalda keltirilgan.

1.6-jadval

Sana	Vaqt	Soya uzunligi, sm	Ko'tarilish balandligi, sm	α_0		φ_0
				Hisoblash	Tajriba	Tajriba
11.10.2017	11:00	38,5	15,4	51,3	51,8	50,4
25.10.2017	11:00	34,6	16,5	56,1	48,8	55,6

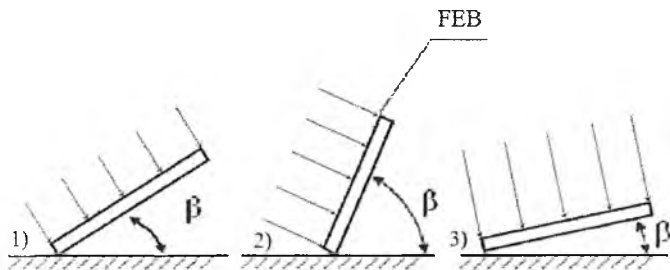
Fotoelektrik batareyani gorizontga nisbatan og'ish burchagini aniqlash

Fotoelektrik batareyani (FEB) maksimal holda yoritilganlik yaxshi joyga ya'ni janubga tomon qiyalik burchak ostida o'rnatiladi. Shuningdek qurilmaning yuza maydoniga Quyosh nurlanishi tushishini hisobga olib mavsumiy Quyosh holatining o'zgarishini hisobga olish zarur. Har bir kenglik uchun fotoelektrik batareya qurilmasining optimal qiyalik burchagi uchun mavjud bo'lib faqatgina ekvatorga yaqin joylashgan hududlarda fotoelektrik batareyalari gorizont joylashadi.

Odatda FEB qiyalik burchagi bir yilda 3 marta tayanch konstruksiyada aniq holatda o'zgartiriladi (1.27-rasm). Agar FEB tekis yuzalikda o'rnatilgan bo'lsa ham, eng muhimi ularni yer sathidan ma'lum bir masofada ko'tarilib turishi lozim. Bu qurilma ostida qilingan fazo erkin havo sirkulyatsiyasi hosil qilish uchun amalga oshiriladi.

Tekislik va FEB o'rtasidagi masofa ≥ 5 sm dan ko'proqni tashkil etishi zarur, aks holda FEB kuchli ravishda o'ta qizib akkumulyator batareyasiga zaryadlash jarayonida elektr energiya ishlab chiqarishni susaytiradi.

Tayanch konstruksiya ham noqulay ob havo sharoitlariga ham barqaror bo'lishi zarur: kuchli shamol tezliklari, yog'ingarchilikning katta miqdori va karroziya xossalari.



1.27-rasm. Bahor va yoz teng kunligi (1), qish davri (2) va yoz mavsumi uchun (3) FEB o'rnatishning qiyalik burchagi

FEB qabul yuzasi qiyalik burchagiga ko'ra oyiga bir marta orientatsiya qilinadi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\beta_0 = \varphi - \delta_0 \quad (1.25)$$

bu yerda φ - hududning geografik kengligi, $^{\circ}$; δ_0 - berilgan oy uchun Quyoshning og'ish burchagi, $^{\circ}$.

Quyoshning og'ishi Kuper formulasi bo'yicha quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (1.26)$$

Bu yerda n - 1 yanvardan boshlab hisoblanadigan yil kunning tartib nomeri. n sifatida odatda yil oylari I-XII uchun oy kunning o'rtacha hisob nomeri olinadi.

(1.25) ifodaga ko'ra Toshkent shahri uchun FEB optimal burchak ostida o'rnatish uchun hisob ishlari 1.7-jadvalda keltirilgan. Toshkent shahrining geografik kengligi $41^{\circ}15'52''$ ga teng.

Oylar											
Gorizontal qiyalikka nisbatan FEB optimal o'rnatish burchagi (grad.)											
Yanv.	Fevr.	Mart	Apr.	May	Iyun	Iyul	Avg.	Sent.	Oktyab.	Noyab.	Dekab.
57	49	41	33	25	18	25	33	41	49	57	64

Hisob ishlari shuni ko'rsatdiki, bahor va kuzgi teng kunliklar uchun optimal qiyalik burchagi hududning geografik kengligiga bog'liq. Ammo FEB ekspluatatsiya jarayonida qiyalik burchagi orientatsiyasini oylar bo'yicha o'zgartirish qiyinchiliklar uyg'otadi. Shunday qilib, fotoelektrik batareyaning qiyalik burchagini tanlash mavsumiy o'zgarishlarga (qish, bahor, yoz va kuz) bog'liq holda amalga oshiriladi.

Berilgan geografik hududdagi quyosh inzolyatsiya miqdorini bilib dekabr va yanvar oylari uchun minimal quyosh nurlanishi energiyasini topamiz. Bu ikki oy davomida quyosh og'ishi (analemma ko'rsatkichi bo'yicha) $17,5^0$ dan $-23,5^0$ gacha tashkil etadi. O'rtacha og'ish burchagi kattaligi bu burchaklarning o'rtacha arifmetik kosinuslari orqali aniqlanadi:

$$\cos \delta_{\varphi} = \frac{\cos(-17,5^0) + \cos(-23,5^0)}{2} \quad (1.27), \text{ bu yerdan } \cos \delta_{o'rt} = -20,7^0. \text{ Unda}$$

Toshkent shahrida qish mavsumi uchun optimal qiyalik burchagi quyidagicha:

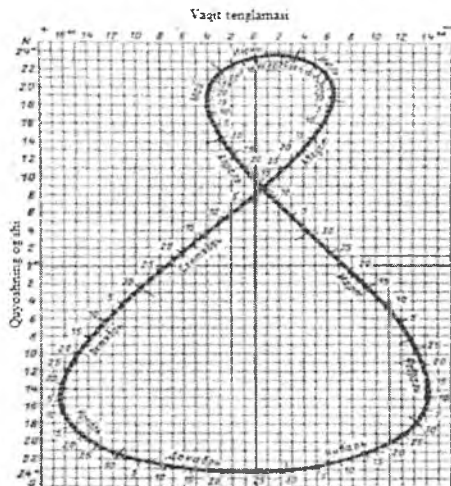
$$\beta_0 = 41^0 - (-20,7^0) = 61,7^0 \quad (1.28)$$

Hisob ishlarini yoz mavsumi (iyun, iyul) uchun davom ettiramiz:

$$\cos \delta_{\varphi} = \frac{\cos(23,5^0) + \cos(18,5^0)}{2}, \quad (1.29), \text{ bu yerdan } \cos \delta_{o'rt} = 21,1^0. \text{ Yoz}$$

mavsumi uchun optimal qiyalik burchagi quyidagiga teng;

$$\beta_0 = 41^0 - 21,1^0 = 19,9^0 \quad (1.30)$$



1.28-rasm. Analemma

Quyida Toshkent shahri sharoitida yil mavsumlariga mos ravishda FEB gorizontga nisbatan burchak ostida oʻrnatish uchun jadval keltirilgan.

1.8-jadval

Yil mavsumlari boʻyicha gorizontga nisbatan FEB oʻrnatishning optimal qiyalik burchagi		
Qishda	Bahor va kuzda	Yozda
~62 ^o	~41 ^o	~20 ^o

ILBOB. QUYOSH ENERGETIKASI RESURSLARINI HISOBLASH USULLARI

2.1. To'liq informatsiya mavjudligida gorizontaal qabul qilgich maydoncha uchun berilgan S (km^2) hududda A (φ^0, ψ^0) nuqtada yalpi resurslarni hisoblash usullari

Yer yuzasida amaliy jihatdan hamma ishlab chiqilgan usullar quyidagi metodik jihatlarga asoslanadi. Hisobga olish kerakki, dunyodagi AMS ko'pchiligi qoidaga muvofiq, qo'zg'almas gorizontaal maydonchaga tushayotgan quyosh radiatsiyasining tushuvini o'lchaydi, ya'ni berilgan S (m^2 yoki km^2) hududlar uchun yoki A (φ^0_A, ψ^0_A) nuqtadagi Quyosh radiatsiyasi resurslarini baholashning miqdoriy o'lchovi sifatida qabul qilinadi.

Yer yuzasida berilgan nuqtada $A(\varphi^0, \psi^0)$ Quyosh nurlanishi yoki Quyosh energiyasi yalpi potentsiali tushunchasi ostida odatda bir kalendar yili davriga teng vaqtda 1 m^2 maydonga ega gorizontaal QQM tushayotgan Quyosh energiyasining o'rtacha ko'p yillik miqdori - E_{yalpi}^{yil} ($\frac{\text{kW}\cdot\text{soat}}{\text{m}^2\text{yil}}$) tushuniladi. Yillar bo'yicha Quyosh energiyasining tushishining o'zgaruvchan xarakterini hisobga olib (E_{yalpi}^{yil}), etarli darajadagi ishonchli qiymatini olish uchun) mashhur 11-yillik Quyosh sikli (Volf sikli) qaraganda katta bo'lgan etarli uzun T (yillar) vaqt davri ichida gorizontaal maydonchaga tushayotgan Quyosh energiyasi tushuvi haqida malumotga ega bo'lishimiz zarur.

Bu holatda uzun vaqt davri T (yillar) ichida gorizontaal QQM tushayotgan yig'indi Quyosh radiatsiyasi tushuvchi - $R_{\Sigma}^{yil}(t)$ vaqt bo'yicha uzluksiz ma'lumotlarga ega bo'lsa, E_{yalpi}^{yil} ning qiymatini quydagicha hisoblab topish mumkin.

$$E_{yalpi}^{yil} = \frac{\sum_{k=1}^d E_{yatpik}^{yil}}{d} \quad (2.1)$$

bu yerda d - hisob yillari soni, $E_{yalpi.k}^{yil}$ - formula yordamida hisoblanadigan k - yildagi gorizontol maydoniga Quyosh radiatsiyasining tushuvi.

$$E_{yalpi.k}^{yil} = \int_0^{T_{yil}} R_{\Sigma}^{yil}(t) dt \quad (2.2)$$

Berilgan nuqtalar o'rtasida $A(\varphi^0, \psi^0)$ Quyosh radiatsiya qiymati interpolyasiyasi boshqa shakli yoki chiziqli imkoniyatlari taxmin qilinganda S hudud bo'yicha tekis taqsimlangan $A(\varphi^0, \psi^0)$. $J=1, \dots, m$ hisob nuqtalari kerakli sonida gorizontol QQM Quyosh radiatsiyasining tushuvining vaqt bo'yicha uzluksizligi haqida malumotlar mavjudligida berilgan S (km^2) hudud uchun Quyosh energiyasi yalpi resurslarining hisoblash kerak bo'lsin. Bu holda S (km^2) hamma hudud oldindan l - vakolatli zonaga bo'linadi, bularning har birida $A(\varphi^0, \psi^0) - R_{\Sigma_j}^y(t)$ hisob nuqtalarida boshlang'ich ma'lumotlar sifatida qabul qilingan mashhur interpozitsiya qoidalaridan foydalangan holda S_l (km^2) zona maydoniga ega l - chi hududga tushayotgan QR o'rtacha quyosh yillik tushuvini E_{yalpi}^{yil} ($\frac{kW \cdot soat}{m^2 yil}$) hisoblash mumkin. Masalan agar tugunlarda to'rtta boshlang'ich nuqtaga ega (qiymatlari $R_{\Sigma_1}^y(t)$, $R_{\Sigma_2}^y(t)$, $R_{\Sigma_3}^y(t)$, $R_{\Sigma_4}^y(t)$) S_l (km^2) to'g'ri to'rtburchakli kesim yuzasiga ega birlik l - chi zona qaralayotgan bo'lsa, ular o'rtasida $R_{\Sigma}^A(t)$ interpolyasiya qiymatlari chiziqli qonunida E_{yalpi}^{yil} ($\frac{kW \cdot soat}{m^2 yil}$) quyidagi formuladan topilishi mumkin:

$$E_{yalpi}^y S_l = S_l \cdot 10^6 \cdot \int_0^{T_{yil}} R_{\Sigma}^y(t) dt. \quad (2.3)$$

bu yerda S_l (km^2), $R_{\Sigma_l}^y(t)$ esa l - chi zona tugunlarida berilgan to'rt qiymatli $R_{\Sigma}^y(t)$ o'rtasida chiziqli interpolyasiyada 1 - chi zona uchun o'rtacha daraja qiymati kabi aniqlanadi, yani

$$R_{\Sigma_l}^y = 0,25 \cdot (R_{\Sigma_1}^y + R_{\Sigma_2}^y(t) + R_{\Sigma_3}^y(t) + R_{\Sigma_4}^y(t)). \quad (2.4)$$

Unda S (km^2) hudud uchun QE yalpi resurslari $E_{yalpi}^y(S)$, yani S_l hisob zonolari r dan tashkil topganda ($l = 1, \dots, r$) quyidagi formuladan aniqlanishi mumkin:

$$E_{yatpi}^y(S) = \sum_{l=1}^r \cdot E_{yatpi.l}^y(S_l). \quad (2.5)$$

bu yerda $E_{yatpi}^y(S)$ – bir yilga teng bo‘lgan davr ichida S (km^2) maydonga ega Yer yuzasi hududlarida gorizontaal maydonchaga tushayotgan QR tushuvi $E_{yatpi}^y(S)$ ning qiymati S kattalikka bog‘liq holda Quyoshdagicha $kW \cdot soat$, $MW \cdot soat$, $GW \cdot soat$ yoki $TW \cdot soatlarda$ o‘lchanadi.

Qo‘yilgan vazifani echish uchun istalgan o‘z konfiguratsiyasiga ko‘ra murakkab S (km^2) hudud uchun tadqiq qilinayotgan parametr integral qiymatini topishga imkon beradigan zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanish mumkin. Masalan, “Surfer - 8” tizimi. Ko‘rsatilgan tizim qaralayotgan holatlarni echimini topishda juda keng imkoniyatlarga ega.

S (km^2) hududi uchun berilgan S (km^2) hududida turgan yoki uning chegarasidan uzoqda bo‘lmagan masofada $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtalar qatorida QR bo‘yicha hamma ma‘lum ma‘lumotlar beriladi. (Masalan, R_{Σ}^y (W/m^2)). “Surfer - 8” tizim har bir $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada R_{Σ}^y berilgan qiymati bo‘yicha foydalanuvchi tomonidan berilgan diskretlilik R_{Σ}^y doimiy qiymatga izochizilari topogrammasini hisoblaydi. So‘ngra, $S(km^2)$ hamma hududi bo‘yicha olingan $R_{\Sigma i}^y = const$ izochizilari asosida “Surfer – 8” tizim R_{Σ}^y (W/m^2) qiymatini integrallaydi va u uchun QN yalpi resurslari qiymatini ham aniqlaydi.

Ta‘kidlab o‘tish kerakki, t vaqt funksiyasi sifatida R_{Σ}^y berilishining uzluksiz shakli, ya‘ni, $R_{\Sigma}^y(t)$ hozirgi vaqtda MDH davlatlarida etarli darajada kamdan-kam holatlarda amalga oshirilgan bo‘lishi mumkin. $R_{\Sigma}^y(t)$ haqida ko‘p ma‘lumotlarni uning o‘rtacha interval qiymatlari ko‘rinishida (berilgan hisob vaqt intervallari - $R_{\Sigma}^y(\Delta t)$).

Bu holatda $E_{yatpi}^y(S_l)$ va $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqta uchun $E_{yatpi.k}^y$ hisobini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$E_{yatpi.k}^y = \sum_{i=1}^n R_{\Sigma}^y(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i. \quad (2.6)$$

$$E_{yatpi}^y(S_l) = S_l \cdot 10^6 \cdot \sum_{i=1}^n R_{\Sigma i}^y(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i. \quad (2.7)$$

$$\text{bu yerda } R_{\Sigma i}^y = 0,25 \cdot (R_{\Sigma 1}^y + R_{\Sigma 2}^y + R_{\Sigma 3}^y + R_{\Sigma 4}^y). \quad (2.8)$$

T_{yil} (soat) – kalendar yili har biri Δt_i davomiyligida n hisob intervallariga bo'lingan shart asosida, ya'ni

$$T_{yil} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i. \quad (2.9)$$

bu yerda odatda hisob intervallari sifatida Δt_i foydalaniladi, ya'ni 1 sutka yoki 1 oyga teng bo'lgan. Xozirgi vaqtda shunga o'xshash ma'lumotlar aniq aniqlik darajasida bir qancha hamma ma'lum bazalarda (NASA bazasi) olish mumkin.

Aytish joizki, mamlakat hududlarining o'zlarida AMS yordamida olingan va qayta ishlangan ma'lumotlar NASA baza ma'lumotlariga qaraganda ishonchli va aniq hisoblanadi.

2.2. O'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik hisob intervallari uchun boshlang'ich ma'lumotlarning cheklangan tarkibida gorizontol qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S(\text{km}^2)$ hududda, $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada yalpi rusurslarni hisoblash usullari

Soha mutaxassislariga ma'lumki, Quyosh energetik qurilmalarida hozirda energiya ta'minot tizimlarida uchta asosiy ko'rinishda foydalanish mumkin: katta energiya tizimidagi ishi, lokal energiya tizimidagi ishi va lokal yoki avtonom iste'molchi faoliyatidagi ishi.

MDH mamlakatlarining hamma hududlari uchun $E_{yatpi}^y(S)$ va E_{yatpi}^y hisoblashda $S(\text{km}^2)$ hudud uchun $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada QR bo'yicha o'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik ma'lumotlar mavjudligida mashhur Angstrom formulasi bilan foydalanish mumkin:

$$E_{fakt}^y(\Delta t) = E_{ya}^y(\Delta t) \cdot (a + b \cdot \frac{T_{cc}^{fakt}}{T_{ss}^o}), \quad (2.10)$$

bu erda $E_{fakt}^y(\Delta t) = (\frac{kW \cdot soat}{m^2})$ yoki (kW·soat), ya'ni 1 oy yoki 1 sutkaga teng bo'lgan Δt ichida gorizontol maydonchaga tushayotgan QR

tushuvining $S(\text{km}^2)$ hudud uchun o'rtacha ko'p yillik qiymati; $E_{ya}^y(\Delta t) - \left(\frac{\text{kW} \cdot \text{soat}}{\text{m}^2}\right)$ yoki (kW soat), qachonki $E_{\Sigma}^y(\Delta t) = E_{\text{to'g'ri}}^y(\Delta t)$ bo'lganda absolyut shaffof va ochiq osmonda Yer yuzasida gorizontol maydongacha 1 oy yoki 1 sutkaga teng bo'lgan (Δt) ichida $S(\text{km}^2)$ hududga QR tushuvchi bo'lib u quyidagi ifodadan topiladi:

$$E_{ya}^{yil}(\Delta t) = R_{\text{to'g'ri}}^{yil}(\Delta t) \cdot \cos \theta(\Delta t) \cdot \Delta t, \quad (2.11)$$

bu yerda $R_{\text{to'g'ri}}^y(\Delta t)$ (W/m^2) – qabul qilgich maydonchaga QN normal orentatsiyalangan holatida to'g'ri yo'nalgan QN o'rtacha interval quvvati bo'lib u quyidagi formuladan topiladi:

$$R_{\text{to'g'ri}}^y(\Delta t) = R_{\text{to'g'ri}}^y(AM1) \cdot \left(\frac{R_{\text{to'g'ri}}^y(AM1)}{R_0}\right)^{AMm-1} = 1000 \cdot \left(\frac{1000}{1360}\right)^{AMm-1} \quad (2.12)$$

bu yerda $R_{\text{to'g'ri}}^y(AM1)$ (W/m^2) – Yer yuzasida ($1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ga teng bo'lgan) gorizontol QQM uchun absolyut shaffof atmosferada dengiz sathida Yerning janubiy kengliklarida QN standart o'rtacha interval quvvati; R_0 (W/m^2) = $1360 \text{ W}/\text{m}^2$ – Yer atmosferasi chegarasida kosmosda 1 m^2 maydondagi QQ tushayotgan QN tushuvchi yoki Quyosh doimiysi; AMm (n.b) – atmosfera massasini yoki atmosferaning optik massasi quyidagicha aniqlanadi:

$$m(\Delta t) = \frac{2}{\sqrt{\cos^2 \theta(\Delta t) + \frac{2 \cdot L_a}{r_3} + \cos \theta(\Delta t)}} \cong \frac{2}{\sqrt{\cos^2 \theta(\Delta t) + 0,06 + \cos \theta(\Delta t)}} \quad (2.13)$$

bu yerda $m(\Delta t) - \Delta t$ (n.b) interval oralig'ida atmosferaning o'rtacha interval atmosfera massasi $\theta(\Delta t)$ (grad) - Δt interval oralig'ida Quyosh tushish o'rtacha interval burchagi L_a (km) – qaralayotgan $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada atmosfera qatlamining qalinligi; r_3 (km) - $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada Yer hisob radiusi.

Bunda $\cos \theta(\Delta t)$ qiymati (2.11 ga ko'ra) quyidagi usulda hisoblanadi:

$$\cos \theta^0(\Delta t) = \sin \delta^0(\Delta t) \cdot \sin \varphi^0 + \cos \delta^0(\Delta t) \cdot \cos \varphi^0 \cdot \frac{\sin \omega_\zeta}{\omega_\zeta} \quad (2.14)$$

bu yerda $\cos \theta(\Delta t)$ (grad.) - Δt vaqt intervalida Quyosh tushishining o'rtacha interval burchagi; $\delta^0 = \delta^0(\Delta t)$ – Kuper formulasi orqali aniqlanadigan Δt vaqt intervalida Quyosh og'ishi:

$$\delta^0(\Delta t) = \delta_0 \cdot \sin \left(\frac{360}{365} \cdot (284 + n) \right) \quad (2.15)$$

bu yerda $\delta_0 - 23^{\circ}27' = 23,45^{\circ}$; n (n.b) – 1 yanvardan boshlab hisoblanadigan yil kunlarining tartib nomeri; $\delta^0(\Delta t) = \delta^0(n)$, ya'ni Quyosh og'ishi yil kunining har bir n – chisi uchun doimiy hisobda, 284 – esa 21.03 dan boshlab 31.12 gacha bo'lgan yil kunining soni; ω_3 (grad) – Gorizont maydonchada Quyosh botishining soat burchagi quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\cos \omega_3(\Delta t) = \cos \left(\frac{\pi \cdot t_3}{12} \right) = -tg \varphi^0 \cdot tg \delta^0(\Delta t) \quad (2.16)$$

bu yerda t_3 (soat) - $\theta = \pm 90^{\circ}$ bo'lgan shart orqali aniqlanadigan Quyosh chiqishi – botishi daqiqalari,

$$\omega_3 = \arccos(-tg \varphi^0 \cdot tg \delta^0(\Delta t)) \quad (2.17)$$

“a” va “b” emperik konstantalar (2.10 formulaga muvofiq), “5⁰ x 5⁰” qoidaga asosan Sobiq SSSR ning hamma hududida 144 trapetsiya uchun hisoblangan edi. Har bir trapetsiyaning ichida doimiy, ya'ni $a = a(\varphi^0, \psi^0)$

va $b = b(\varphi^0, \psi^0)$ shartida $a+b=1$ qabul qilingan. Bunda “a” Yerda QR ulushining bulut tomonidan o‘tkazib yuborilganligini xarakterlaydi, “b” esa gorizontal maydonchada Yerda QR ulushining bulutlar tomonidan to‘xtatib qolinganligini tavsiflaydi.

AQSHdan farqli ravishda “a” va “b” konstantalar geografik va iqlimiy sharoitlariga ko‘ra keskin o‘zgaruvchi Sobiq SSSR ulkan hududi uchun yil davomida doimiydir, “a” va “b” konstantalar yil mavsumlari oylari uchun (1,4,7,10) ular qiymatlarining chiziqli interpolyasiyasida to‘rtta harakterli ko‘rinishida beriladi. Unda ko‘rsatilgan trapetsiya (50 kenglik bo‘yicha) shimoliy kenglikdan 70⁰ janubda joylashgan. Namuna uchun 2.1 jadvalda Sobiq SSSR uchun va Moskva shahri uchun “a” ning qiymatlari keltirilgan.

Meteorologik kalendarda shuningdek har bir hisob oyining berilgan sutkasida Quyosh porlashining davomiyligi - T_{SS}^{fakt} (soat) keltiriladi. Bunda T_{SS}^{fakt} (soat) yuqorida ko‘rsatilgan trapetsiya bo‘yicha ma’lumotlar ekstrapolirovka xatosi (200 km – xarakterli masofadan) yozgi davrda 5% gacha, qishki davrlarda 10% gacha bo‘lgan qiymatni tashkil etadi.

2.1-jadval

Oylar	1	4	7	10
$a^{min}(n.b)$	Pribaltika	O‘rta Osiyo	Kareliya	Saxalin o.
	0,30	0,25	0,26	0,18
$a^{max}(n.b)$	yarim/orol Taymir	Chukotka	Kazaxstan	Xabarovsk sh.
	0,79	0,58	0,41	0,46
Moskva sh.	0,37	0,29	0,28	0,25

Nihoyat, (2.10) keltirilgan T_{SS}^0 (soat) qiymati absolyut shaffof osmonda gorizondga nisbatan Quyosh diski o‘rtasining topish yoki Quyosh porlashining nazariy davomiyligiga mos keladigan (2.18) formulada aniqlanadi.

$$T_{SS}^0(soat) = 2/15 \arccos(-\tan \varphi^0 \cdot \tan \delta^0) \quad (2.18)$$

Angstrom formulasi kamchiliklariga quyidagilarni keltirish mumkin:

1. “Ochiq kun” tushunchasida atmosfera o‘zgarishining murakkabligi hisobiga $E_{ya}^y(\Delta t)$ hisoblashning noaniqligi.
2. Qaralayotgan trapetsiya uchun T_{ss}^{fakt} (soat) hisobining noaniqliligi, bunda ko‘pchiligi Quyosh porlashi faktik davomiyligi o‘lchash usullariga (vizual yoki jihozlarga qarab), hudud xarakteristikasi va sharoitlarga bog‘liqdir.

Angstrom formulasi bilan bir qatorda yuqorida ko‘rsatilganlar ravishda jahon amaliyotda uning takomillashtirilgan varianti – Peydj formulasi foydalanish keng qo‘llaniladi:

$$E_{fakt}^{yil}(\Delta t) = E_0^{yil}(\Delta t) \cdot \left(a + b \cdot \frac{T_{ss}^{fakt}}{T_{ss}^0} \right) \quad (2.19)$$

(2.19) da Angstrom formulasi bilan farqli ravishda har bir region hududida trapetsiyasi bo‘yicha hisob uchun a va b konstantaning “yangi” (takomillashtirilgan) qiymatlari keltirilgan. Bundan tashqari $E_0^y(n_i)$ $\left(\frac{kW \cdot soat}{m^2 \cdot sutka} \right)$ – Yer atmosferasi chegarasida kosmosda gorizontal QQ tushayotgan QR tushuvining qiymati ishlatiladi va u (2.20) formuladan aniqlanadi.

$$E_0^y(n_i) = \frac{24}{\pi} e_0 \left\{ \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360^\circ \cdot n_i}{365}\right) \right] \left[\cos\varphi^0 \cdot \cos\delta^0(n_i) \cdot \sin\omega_{\frac{\pi}{24}}^0 + \frac{2 \cdot \pi}{360^\circ} \cdot \sin\omega_{\frac{\pi}{24}}^0 \cdot \sin\varphi^0 \cdot \sin\delta^0(n_i) \right] \right\} \quad (2.20)$$

Yuqorida aytilganlarni hisobga olib S (km²) maydonga ega hudud uchun $A(\varphi^0, \psi^0)$ berilgan nuqtada QN yalpi resurslarini aniqlash mumkin.

Sobiq SSSR hududida 144 ta trapetsiyaning qandaydir ichida $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqta joylashgan bo'lsa, "a" konstanta qiymatli yilning aralash vaqti bo'yicha chiziqli interpolyasiyadan foydalangan holda yilning hamma oylari uchun, shuningdek yilning to'rt oyi xarakterli sutkalari uchun $E_{fakt}^{yil} \left(\frac{kW \cdot soat}{m^2 \cdot soat} \right)$ olingan qiymat yilning har oyi uchun har oyidagi sutkalar soniga ko'payadi va bir-biri bilan qo'shiladi, so'ngra $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtadagi QN yalpi resurslarini aniqlaydi.

Agar $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqta Sobiq SSSR hududidan tashqarida joylashgan bo'lsa, unda shunga o'xshash hisob ishlari NASA Xalqaro baza ma'lumotlari yordamida yo'riqnomaga muvofiq holda olib boriladi.

Agar $S(km^2)$ maydonga ega hudud Sobiq SSSR hududidagi 144 hisob trapetsiyasining birida joylashgan bo'lsa, unda u uchun algoritmgaga muvofiq QN yalpi resurslari qiymati yuqorida ko'rsatilgan $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqta uchun olingan qiymati S maydonga (m^2) ko'paytiriladi.

$S(km^2)$ hududi uchun yalpi resurslar hisobida NASA xalqaro baza ma'lumotlaridan foydalanilganda o'zining prinsipial holatlarini o'zgartirmagan ko'rinishda bir muncha murakkablashadi.

2.3. O'rtacha sutka yoki o'rtacha oylik hisob intervallari uchun janubga qiyalangan qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S(km^2)$ hududida, $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqta yalpi rusurslarni hisoblash usullari.

Ma'lumki, yuqorida ta'kidlab o'tilganidek yig'indi Quyosh energiyasi resurslari (istalgan qabul qilgich maydongacha to'g'ri kelgan) $A(\varphi^0, \psi^0)$ o'ziga quyidagilarni birlashtiradi. $R_{to'g'ri}(t) - R_{diffuz}(t) - R_{akslan}(t)$.

Yer yuzasida Quyosh nurlanishining intensivligining umumiy tushuvi o'z qiymatiga ko'ra va yilning har xil sutkalari davomida Quyoshning davomiyligiga qarab o'zgaradi. Bir vaqtda yil davomida istalgan yil sutkasida qaralayotgan $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada ob-havo sharoitlari ham o'zgaradi. Bir vaqtda qaralayotgan maydongacha tushayotgan $R_{\Sigma}(t)$ tashkil etuvchilarining ulushi ham o'zgaradi.

Haqiqatdan ham yilning istalgan vaqt momentida $R_{to'g'ri}(t)$ uchun qabul qilgich maydongachaning normal joylashishi eng samarali

hisoblanadi. Bu vaqtda $R_{diffuz}(t)$ maksimal tushuvidan foydalanish uchun eng samarali bu qabul qilgich maydonchani doimiy gorizontol joylashuvi hisoblanadi. O'zbekiston holati uchun ham $R_{\Sigma}(t)$ 2 ta tashkil etuvchi, ya'ni $R_{to'g'ri}(t)$, $R_{diffuz}(t)$ (QQM)ga Quyosh energiyasini resurslari aniqlanadi. Yerning boshqa regionlari uchun, masalan Antarktida yoki Shimoliy qutbda, aynan qor yoki muz yuzasidan akslangan $R_{aks.}(t)$ ning qiymati $R_{\Sigma}(t)$ ning umumida eng katta bo'lishi mumkin.

Namuna sifatida, 2.2-jadvalda AQSHning janubiy-g'arbiy shtatlari uchun ($\varphi^0=35^0$ sh.k) yil davomida $R_{diffuz}(t)$ kichik ulushi shartida ixtiyoriy orientatsiyalashgan QQM ga $R_{\Sigma}(t)$ ning tushuvchi ta'siri bo'yicha tajriba ma'lumotlari keltirilgan.

Quyosh energiyasi resurslari yillik tushuvi kattaligiga Quyoshga nisbatan QQM orientatsiyasining ta'siri ($E_{\Sigma}^{yil} = E_{to'g'ri}^{yil}$).

2.2- jadval

QQM orientatsiyasi	Quyosh energiyasi resurslarining yillik tushuvi qiymatiga nisbatan % da
$\beta^0 = 0$ - QQM gorizontol holatda.	100%
$\beta^0 = 35^0$, $\gamma = 0$ - qat'iy janubga nisbatan 35^0 burchak ostida qiyalangan.	115,9
Janubga nisbatan orientatsiyalashgan, QQM meridion o'q bo'ylab Quyoshga vaqt bo'yicha uzluksiz kuzatish tizimi bor.	139,1
Janubga nisbatan orientatsiyalashgan, QQM gorizontol o'q bo'ylab Quyoshni vaqt bo'yicha uzluksiz kuzatish tizimi mavjud.	152,4
QQM ikki o'q bo'ylab Quyoshning uzluksiz kuzatish tizimiga ega.	154,3

Ekvatorga yaqin Yer hududlari uchun $(-30^0 \text{ jan.keng} \leq \varphi^0 \leq +30^0 \text{ shim.keng})$ da Quyosh energiyasi resurslarining asosiy tashkil etuvchilariga ko'ra $R_{to'g'ri}(t)$ asosiy hisoblanadi. Bu holatda ixtiyoriy qiyalangan QQM ga tushayotgan Quyosh nurlanishi energiyasining yalpi resurslari E_{yil}^β quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{yil}^\beta = \int_0^{T_{yil}} R_{to'g'ri}(t) \cdot \cos\theta(t) dt \quad (2.21)$$

bu yerda, $R_{to'g'ri}(t)$ – mutloq ochiq osmon uchun QN energiyasining to'g'ri tashkil etuvchi; $\cos\theta$ (grad) – Quyoshga nisbatan ixtiyoriy orientatsiyalashgan maydonchaga Quyosh tushish burchagi konusi

$$\cos\theta(t) = (A - B)\sin\theta(t) + [C \cdot \sin\omega^0(t) + (D - E) \cdot \cos\omega^0(t)] \cdot \cos\theta(t) \quad (2.22)$$

$$A = \sin\varphi_A^0 \cdot \cos\beta^0; B = \cos\varphi^0 \cdot \sin\beta^0; C = \sin\gamma^0; D = \sin\beta^0 \cdot \sin\gamma^0 \quad (2.23)$$

$$E = \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\beta^0; F = \sin\varphi_A^0 \cdot \sin\beta^0 \cdot \cos\gamma^0;$$

(2.21) formuladan kelib chiqadiki, E_{yil}^β ning maksimumiga erishish uchun QQM joylanishi janubga nisbatan qat'iy burchak ostida joylashishi zarur, unda γ^0 , ya'ni bu holatda (2.23) formulaning o'rniga $\gamma^0 = 0$ va $\beta^0 > 0$ shart asosida eng soddaroq ifodani olamiz.

$$\cos\theta = \sin(\varphi^0 - \beta^0) \cdot \sin\theta^0 + \cos(\varphi^0 - \beta^0) \cos\theta^0 \cdot \cos\omega^0 \quad (2.24)$$

Unda Quyoshga nisbatan yil davomida QQM optimal orientatsiyasi ($\gamma^0 = 0$, shartida) quyidagicha:

$$\cos\theta(t) \Rightarrow \max \quad (2.25)$$

$$\text{yoki} \quad \frac{v \cos \theta(t)}{v \beta} = 0 \quad (2.26)$$

(2.25) masalaning echimi ilmiy adabiyotlar keng ma'lum va $\gamma^0 = 0$ da QQM qiyalik burchagi yil davomida doimiy bo'lsa, ya'ni β hududining kengligiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\beta(t) = \varphi^0 = \text{const} \quad (2.27)$$

Eslatib o'tamiz, QQM bunday o'xshashlik shartida joylashuvi, qachonki $E_{\Sigma}^{\text{Goriz.}} \approx E_{\text{to'g'ri}}^{\text{yil}}$. Ba'zi manbalarda (2.27) ifodaning diffuz radiatsiyasi hisobga olgan holda boshqacha shakli ham keltiriladi.

$$\beta(t) = (0,9 \div 1,1) \cdot \varphi^0 = \text{const} \quad (2.28)$$

Bu holatlarda, qachonki $E_{\Sigma}^{\text{Goriz.}}$ ning ulushida diffuz radiatsiya qiymati yuqoridir, hozirgi vaqtda gorizontallik QQ (ya'ni, $E_{\Sigma}^{\text{Goriz.}}$) va QQ Quyoshga nisbatan qiya holatdagisi (ya'ni, E_{Σ}^{β}) ga QR tushuvining hisoblash bo'yicha bir qancha empirik formulalar taklif qilingan. Hozirgi vaqtga qadar jahon amliyotida eng ko'p tarqalgan S.A. Kleyn formulasi deb nomlangan ifoda (Lyui Joadon) umumlashtirilgan metodi orqali istalgan $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada qabul qilgich maydonchani $\pm 45^0$ yuqori bo'lmagan γ^0 azimutida janubga qiyalangan QQM (ya'ni, E_{Σ}^{β}) ga va gorizontallik QQM (ya'ni, $E_{\Sigma}^{\text{Goriz.}}$) tushayotgan o'rtacha sutkalik (o'rtacha oylik) QR tushuvini hisoblash mumkin.

S.A. Kleyn metodiga ko'ra $E_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)$ ni, ya'ni Δt 1 sutka yoki 1 oyga teng bo'lganda quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$E_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t) = E_{\Sigma}^{\text{Goriz.}}(\Delta t) \cdot K_{\Sigma}^{\beta} \quad (2.29)$$

bu yerda K_{Σ}^{β} (n.b.) – ko'pgina faktorlarga bog'liq bo'lgan S.A. Kleyn empirik koeffitsienti, ya'ni

$$K_{\Sigma}^{\beta} = K_{\Sigma}^{\beta} (Oy_{yil}, \psi^0, \beta^0, K_0, \rho, \delta^0, \omega^0) = \frac{E_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)}{E_{\Sigma}^G(\Delta t)} \quad (2.30)$$

Izotrapligi, ya'ni osmon sferasi bo'ylab diffuz QR tekis taqsimlanishi.

(2.30) da K_{Σ}^{β} koefitsientni quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$K_{\Sigma}^{\beta} = (1 - K_D^G) \cdot K_{toig'ri} + K_D^G \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (2.31)$$

bu yerda

$$K_{\Sigma}^{\beta} = \frac{E_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)}{E_{\Sigma}^G(\Delta t)} \quad (2.32)$$

$K_{toig'ri}$ esa quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$K_{toig'ri} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^{\beta} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^{\beta} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^G + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^G \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (2.33)$$

bu yerda ω_{Σ}^G va ω_3^{β} – Gorizont va qiya QQga nisbatan Quyosh botish (chiqish) soat burchaklari quyidagi formulalardan topiladi:

$$\omega_3^G = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta), \quad (2.34)$$

$$\omega_3^{\beta} = \min\{\omega_3^G; \arccos(-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta)\}. \quad (2.35)$$

(2.30) formulada QR quyidagi parametrlari mavjud. K_0 (n.b.) – o'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik vaqt intervali bo'yicha aniqlanadigan atmosferaning shaffoflik koefitsienti:

$$K_0(\Delta t) = \frac{E_{\Sigma}^G(\Delta t)}{E_{\Sigma}^Q(\Delta t)}, \quad (2.36)$$

bu yerda ρ (n.b.) – $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada QQM joylashgan hududning yuzasining akslanishi, albedosi

$$\rho(n.b) = \frac{R_{aks.}}{R_{to'g'ri}} \quad (2.37)$$

bu yerda $R_{aks.}(W/m^2)$ – yuzadan akslangan QR; $R_{to'g'ri}(W/m^2)$ – yuzaga to'g'ri kelgan QR.

Qaralayotgan S.A. Kleyn metodida diffuz radiatsiyaning ulushi E_{Σ}^G ga nisbatan katta bo'lmaganda quyidagi empirik formulaga ko'ra K_D^G ni hisoblash taklifi kiritilgan edi.

$$K_D^G = \frac{E_D^G(\Delta t)}{E_{\Sigma}^G(\Delta t)} = 1,39 - 4,03 \cdot K_0 + 5,53 \cdot K_0^2 - 3,11 \cdot K_0^3 \quad (2.38)$$

Namuna sifatida 2.3 va 2.4 jadvallarda Moskva shahri uchun yil davomidagi ρ ning o'zgarishi (o'rtacha oylik qiymati) shuningdek har xil yuzalar uchun albedo bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Moskva shahri uchun yil davomidagi albedoning o'zgarishi ($\bar{\rho}=0.27$)

2.3- jadval

t, oylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ρ , n.b	0.7	0.7	0.5	0.	0.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5
n.b	1	2	8	2	2	1	1	1	1	6	8	9

Har xil yuzalarning albedosi

2.4 - jadval

No	Yuza ko'rinishi	ρ , n.b
1	Sof qor	0.80
2	Quruq asfalt	0.70
3	Quruq shtukaturka	0.33-0.50
4	Erigan qor	0.46
5	Quruq o'simliklar	0.33
6	Quruq beton	0.35
7	Quruq tuproq	0.32

8	Yomg'irdan keyingi tuproq	0.16
9	Yomg'irdan keyin o'simliklar	0.15
10	Suv $\beta \geq 40^0$	0.05
11	Suv $\beta < 40^0$	0.05-1.0

Hozirgi vaqtda S.A. Kleyn metodi har xil energetik hisob-kitoblarda keng foydalaniladi.

2.4. Ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga Quyosh nurlanishining o'rtacha soatlik tushuvini hisoblash metodikasi

Yuqorida ko'rib chiqilgan 2.2 va 2.3 paragraflarda asosan katta energiya tizimlarida QEQ foydalanish uchun mo'ljallangan $S(\text{km}^2)$ hudud uchun $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada QQM ga tushayotgan QN tushuvini hisoblash ko'rib chiqilgan. Katta bo'lmagan lokal energiya tizimlarida ishlaydigan QEQ rejimlari va parametrlarini asoslash uchun (o'rnatilgan quvvat bir qancha MW yoki 100 kW) yoki avtonom iste'molchi (o'rnatilgan quvvat qoidaga muvofiq 100-200 kW ortiq emas) vaqt bo'yicha QN o'zgarishining uzluksiz grafigi haqida ma'lumotlar yoki eng ko'p tarqalgan elektr energetik hisob-kitoblarda – berilgan QQN QN tushuvi haqida o'rtacha soatlik ma'lumotlar zarur.

Bu holatlar uchun yuqorida ko'rib chiqilgan §2.3 paragraflardan farqlanuvchi (S.A. Kleyn metodi) ixtiyoriy-orientatsiyalangan QQ ga QN o'rtacha soatlik tushuvini hisoblashning maxsus metodikasini ishlab chiqish zarurdir.

Bundan QQM ga QN tushuvini qiymatini, ortirish uchun gorizontga nisbatan uning qiyalik burchagini (β^0) o'zgartirish va QQ azimutini - γ^0 o'zgartirish orqali Quyoshga nisbatan uzluksiz orientatsiyalash zarur. Bu holatda Δt (1 soat) berilgan hisob vaqt intervali ichida ixtiyoriy – qiyalangan QQ ga to'g'ri keladigan QN summar oqimi ushbu formuladan aniqlanadi:

$$E_{\Sigma_i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = E_{to'g'i}^{\beta\gamma}(\Delta t) + E_{Dif.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) + E_{aks.i}^{\beta\gamma}(\Delta t), \quad (2.39)$$

bu yerda $E_{\Sigma_i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{to'g'i} \cdot \Delta t$; $E_{Dif.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{diffuz} \cdot \Delta t$; $E_{aks.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{aks.i} \cdot \Delta t$;

(2.39) dagi hamma tashkil etuvchilarning qiymati oldingi tasvirlangan metodlar kabi gorizantal QQ ga QN tushuvidan tashkil topgan o'xshash hisob-kitoblar asosida olish mumkin.

(2.39) dagi hamma tashkil etuvchilarning alohida ketma-ketlik hisobini ko'rib chiqamiz. $\Delta t = (1 \text{ soat})$ uchun to'g'ri yo'nalgan QN radiatsiyasi uchun quyidagi formula o'rindir.

$$E_{to'g'i}^{\beta\gamma} = (E_{\Sigma_i}^G - E_{D_i}^G) \cdot K_{to'g'ri}, \quad (2.40)$$

bu yerda K_{pr} – quyidagi munosabatdan topiladigan koeffitsienti.

$$K_{to'g'i} = \frac{\int_0^T \beta_{\gamma} R_t^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_0^T R_t^G(t) dt}; \quad (2.41)$$

bu yerda $R_t^{\beta\gamma}$ va $R_t^2 (W/m^2)$ – mos ravishda ixtiyoriy orientatsiyalangan QQ β^0 va γ burchaklar bo'yicha va gorizantal QQ oqimi quvvati; β_{γ} va $T_{Goriz.}$ (soat) – ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizantal QQ uchun vaqtning hisob davrlari (1 soat kunning to'liq yorug' soatlariga va Quyosh chiqishi va botishi davrlarida bir soatdan kam bo'lmagan vaqtga teng. Ular oxirgi ikki holat uchun har xildir, ya'ni ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizantal QQ uchun Quyosh vaqtning har xil davrlarida chiqadi va botadi); t – sutkaning joriy vaqti; $K_{to'g'ri}$ – qiymati ko'pgina o'zgaruvchilarning funksiyasi bo'ladi. Ko'pchilik hollarda QN to'g'ri tushuvi kattaligi bog'liqdir va gorizantal yoki ixtiyoriy – orientatsiyalashgan QQ uchun ushbu formuladan topiladi:

$$R_t^{\beta\gamma}(t) = R_{to'g'ri}(t) \quad (2.42)$$

$$R_{to'g'}^G(t) = R_{to'g'ri}(t) \cdot \cos \vartheta^G(t) \quad (2.43)$$

bu yerda $R_{pr}(t)$ – Atmosfera massasi m da to'g'ri QN perpendikulyar QQM ga tushayotgan to'g'ri QN tushuvining quvvati; $\vartheta^{\beta\gamma}$ va ϑ^g – ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizontol QQ ga tushayotgan to'g'ri QN tushish burchagi.

Yuqorida aytilganlar uchun ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizontol QQ tushayotgan to'g'ri QN tushish burchagining kosinus burchagini aniqlaymiz.

$$\cos \vartheta^{\beta\gamma} = A + B \cdot \cos \omega^0 + C \cdot \sin \omega^0, \quad (2.44)$$

$$\cos \vartheta^G = \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0 + \cos \varphi^0 \cdot \cos \omega^0 \cdot \cos \delta^0, \quad (2.45)$$

δ^0 ning qiymati (2.44) va (2.45) larda yuqorida keltirilgan formulalarda aniqlanadi, ω^0 ni esa quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$\omega^0(t) = \frac{15^0}{soat} \cdot (t - t_{yarimK}) \quad (2.46)$$

bu yerda t soat – sutkalarda qaralayotgan vaqt momenti; t_{yarimK} , soat – A (φ^0, ψ^0) nuqtada qaralayotgan Quyosh vaqti bo'yicha haqiqiy yarim kunlik, yani $t_{yarimK} = 12$ soat (2.44) va (2.45) hisobga olib (2.41) quyidagi ko'rinishga keladi:

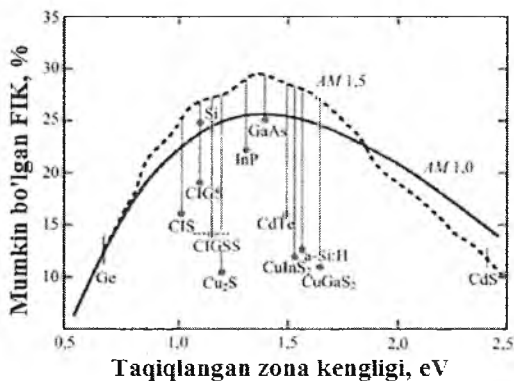
$$K_{pr} = \frac{\int_{T^{\beta\gamma}} (R_{pr}^g(t) \cdot \cos \vartheta^{\beta\gamma}(t)) dt}{\int_{T^G} (R_{pr}^g(t) \cdot \cos \vartheta^g(t)) dt} = \frac{\int_{T^{\beta\gamma}} \cos \vartheta^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_{T^G} \cos \vartheta^g(t) dt}. \quad (2.47)$$

III BOB. YARIMO‘TKAZGICHLI MATERIALLAR ASOSIDAGI QUYOSH ELEMENTLARI

3.1. Quyosh elementi tayyorlanadigan materiallar

QE ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan materiallarni sanab o‘tishdan oldin ular uchun yorug‘lik yutishni tanlashga asos bo‘lgan mezonni ko‘rib chiqish lozim. Bu mezon taqiqlangan zona kengligi (E_g) deb nomlanadi. Haqiqatdan ham E_g ning kamayishi nurlanish spektrining katta qismini foydali ishlatishga imkon beradi, ya’ni fototok zichligining (J_{ph}) va o‘z navbatida qisqa tutashuv toki zichligi (J_{qt}) ortishi foydali ish ko‘effitsientining (FIK) ortishiga olib kelishi kerak. Boshqa tomondan E_g ning kamayishi to‘g‘ridan to‘g‘ri salt yurish kuchlanishi ($U_{s,yu.}$) va to‘ldirish ko‘effitsientining (FF) kamayishiga olib keladi, bunda J_{qt} ortishi $U_{s,yu.}$ va FF kamayishini kompensatsiya qilmaydi, shu sababli FIK kamayadi. Gamogen QE nazariy erishiladigan FIK ning yutuvchi materialning taqiqlangan zona kengligiga bog‘liqligi 3.1-rasmda keltirilgan.

Fotoenergetika uchun klassik material sifatida monokristall kremniy hisoblanadi, ammo uning asosida strukturalar ishlab chiqish – juda texnologik murakkab va qimmatdir. Shuning uchun oxirgi vaqtlarda amorf kremniy, arsenid galliy va polikristall yarimo‘tkazgichlarga katta e‘tibor qaratilmoqda.



3.1-rasm. QE maksimal FIK ning material taqiqlangan zona kengligiga bog‘liqligi (25°C da)

Polikristall Quyosh elementlari 20 yildan kam bo‘lmagan yaroqlilik muddatiga ega bo‘lib ularning samaradorligi Quyosh nurlanishining tushish burchagiga kuchli bog‘liq emas.

Bunday Quyosh elementlarini ishlab chiqarishda o‘stirish operatsiyasi bo‘lmaganligi sababli ularni ishlab chiqarishda energiya iqtisodi yuqoridir va arzon hisoblanadi. Ammo polikristall kremniy strukturasi sohasida alohida kristalchalarning hosil bo‘lishi sabab bunday Quyosh elementlarining kichik samaradorligi 15..16% ni tashkil etadi.

Yupqa qatlamli Quyosh elementlari – hamma Quyosh elementlarining ichida eng arzon varianti bo‘lib ishlab chiqarishda eng kam sarfni talab qiladi.

Bunday Quyosh elementlari asosidagi fotoelektrik panellar diffuzsochilgan nurlanishda ham ishlay oladi, to‘g‘ri yo‘nalgan Quyosh nurlanishini talab qilmaydi. Ularning yil davomida ishlab chiqargan yig‘indi quvvati a‘nanaviy kristall fotoelektik panellariga nisbatan 10...15% ga ko‘pni tashkil etadi. Yupqa qatlamli Quyosh elementlariga amorf kremniy (a-Si), kadmiy tellur (CdTe) misol keltirish mumkin. Amorf kremniyning taqiqlangan zona energiyasini vodorod kirishmasini kiritish (gidrogenezatsiya) yuli bilan o‘zgartirish mumkin. Vodorod bilan legirlangan amorf kremniy (a-Si:N) amorf Quyosh elementlarining asosi hisoblanadi. Ba’zida vodorod bilan birgalikda yutuvchi amorf qatlam sifatida germaniy aralashmasidan ham foydalaniladi (a-SiGe:N). Amorf kremniy Quyosh elementlari uchun ishchi o‘tuv sohalari sifatida quyidagi usullar ishlatilishi mumkin: Shotki to‘sig‘i, MDO‘-struktura, p-i-n struktura.

Amorf kremniy Quyosh elementlarining asosiy kamchiligi ekspluatatsiya vaqtida degradatsiyalanishi hisoblanadi. Buning natijasida uning FIK kamayadi, bu esa uning yaroqlilik muddatini kamaytiradi. Ayniqsa, kosmosda kuchli ionlashgan nurlanish mavjudligida ularni qo‘llab bo‘lmaydi.

Amorf kremniy monokristall kremniyli QE qaraganda arzonroq muqobil sifatida namoyon bo'lmogda. Amorf kremniyda optik nurlanishni yutish kristall kremniyga qaraganda yigirma marta samaralidir. Shuning uchun 300 mkm taglik qalinligidagi qimmat kristall kremniyli QE o'rniga 0,5-1 mkm qalinlikdagi a-Si:H dan foydalanish etarli bo'ladi. Bundan tashqari monokristall kremniy m-Si asosidagi QE uchun zarur bo'ladigan sayqallash, polirovka, lazer nuri yordamida kesish zaruriyati bo'lmaydi, yupqa plenkali a-Si:H dan foydalanilganda katta maydon talab qilinmaydi. Polikristall kremniyli QE bilan taqqoslaganda a-Si:H asosidagi mahsulotlar nisbatan past haroratlarda (300⁰C) ishlab chiqariladi, arzon shisha tagliklaridan foydalanish hisobiga kremniy sarfini 20 marta qisqartirish mumkin. a-Si:H asosidagi eksperimental QE da maksimal FIK (~12%), kristall kremniyli QE esa (~23%).

Galliy-arsenid - yuqori samarali QE yaratish uchun istiqbolli materiallardan biri hisoblanadi. U qo'yidagi xususiyatlarga ega:

- Taqiqlangan zona kengligi 1,43 eV;
- Quyosh nurlanishini yutishning yuqori samaradorligi, hammasi bo'lib bir necha mikron qalinlik qatlami zarur;
- Yuqori radiatsion barqarorlik sabab bu material favqulodda kosmik apparatlarda foydalanish uchun ishlab chiqariladi;
- GaAs asosidagi QE nisbatan qizishga sezilarli emas (150⁰C);
- GaAs qotishmalarining alyuminiy, mishyak, fosfor va indiy bilan hosil qilgan xarakteristikalarini GaAs xarakteristikalarini to'ldiradi, QE loyihalashda imkoniyatlarini kengaytiradi.

GaAs va uning qotishmalari asosidagi qotishmalarning asosiy afzalligi – bu QE dizaynini yaratishning keng imkoniyati diapazoni hisoblanadi. GaAs asosidagi QE har xil tarkibdagi bir qancha qatlamlardan tashkil topishi mumkin. Bu zaryad tashuvchilarni yig'ishga va generatsiya jarayonini boshqarishga imkon beradi. Odatda GaAs asosidagi QE o'ziga AlGaAs juda yupqa qatlamni birlashtiradi. GaAs asosiy kamchiligi uning tannarxining qimmatli ekanligidir. Ishlab chiqarishni arzonlashtirish uchun uning tagliklarini arzonroq materiallardan yoki ko'p marta foydalanishga mo'ljallangan tagliklar ishlatilishi mumkin.

QE tayyorlash uchun istiqbolli materiallardan biri CdTe va CdS hisoblanadi. Ba'zan CdS ning shaffofligini oshirish uchun rux ham qo'shishadi. CdTe va uning strukturalarini tadqiq etish XX asrning 60-yillaridan boshlangan bo'lib u yuqori optik yutish koeffitsientiga ega. Taqiqlangan zona kengligi 1,5 eV ga teng, QN jadal yutish uchun yupqa plenka ko'rinishida ham foydalanish mumkin. CdTe asosidagi QE har xil turlari o'rtasida gamogen o'tishga ega, Shottki to'sig'iga ega, shuningdek Cu₂Te, CdS va ITO (Shaffof o'tkazuvchi oksid – qalay va indiy oksidlari aralashmasi) birikmasidagi geteroo'tishlar tadqiq qilingan. Kelgusida foydalanish uchun eng yaxshi nuqta'i nazardan va takomillashgani n-CdS/p-CdTe QE hisoblanadi.

Quyosh elementlari p-n turli yarimo'tkazgichli materiallardan tashkil topgan. Quyosh nurlanishi yarimo'tkazgichli material strukturasida yutilib elektron-kovaklar juftligini hosil qiladi, so'ngra p-n o'tish orqali ajratilib element old va orqa yuzasidagi metall kontaktlarda yig'iladi.

Quyosh elementlarini ommaviy ravishda ishlab chiqarish uchun asosiy material sifatida hanuzgacha kristall kremniy hisoblanadi. Hamma Quyosh elementlarining 80% dan ortig'i u asosida tayyorlangan tagliklardan iborat bo'ladi. Quyosh nurlanishini yaxshi yutish qobiliyatiga ega bo'lmasada u boshqa yarimo'tkazgich materiallarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

- 1). Kremniy Yer yuzasida kremniy oksidi shaklida keng tarqalgan.
- 2). Kremniy zararli va faol element bo'lmagani uchun atrof muhitga zarar keltirmaydi.
- 3). Mikroelektronika sanoatida kremniy texnologiyasi yaxshi o'rganilgan.

Kremniyli Quyosh elementlarining amaliyotdagi samaradorligi 10-19% atrofidadir. Uning yupqa plenkalari kaskad Quyosh elementlarini tayyorlashda ham ishlatiladi. Bu materiallarning kamchiligi vaqt o'tishi, harorat ortishi, yuzasining changlanishi bilan xarakteristikalarining yomonlashishidir, shuningdek yuqori texnologiyalik, ishlab chiqarishdagi chiqimlilik ham hisoblanadi.

Quyosh fotoelektrik panellari Quyosh nurlanishining bir qismini doimiy elektr tokiga o'zgartirib fotoelektrik stansiyaning asosiy qismi

hisoblanadi. Quyosh elementlari bir biri bilan ulangan holda modullarni (panellarni), modullar bir biri bilan ulanib yirik fotoelektrik stansiyaning hosil qiladi.

Hozirgi vaqtda Quyosh fotoelektrik panellarining uchta turi keng tarqalgan:

- monokristall kremniyli;
- polikristall kremniyli;
- yupqa qatlamli

Quyosh nurlanishini elektr energiyasiga yuqori samarador o'zgartiruvchi bu monokristall kremniy asosidagi quyosh panellari hisoblanadi: ularning FIK amaliyotda 18-20% ni, yaroqlilik muddati esa 25 yildan kam emas.

Bunday panellarning asosiy materiali monokristall ko'rinishidagi toza kremniy bo'lib kremniy eritmasidan sekin tortib olinib o'stiriladi. Bu jarayon Choxralskiy qurilmasida amalga oshiriladi. Bunday usul bilan o'stirilgan kremniy sterjenlari qalinligi 0,2...0,4 mkm holatda lazer qurilmasida kesiladi, so'ngra edirish, silliqlash, tozalash jarayonidan so'ng p-n o'tish amalga oshiriladi. Navbatdagi jarayon plastinaning orqa tomoni to'liq metall kontakt bilan qoplanadi, frontal tomoni esa nm qalinlikda lazer qurilmasida kanallar hosil qilinadi va metall to'rli kontakt yaratilib, himoya qoplamasi yotqiziladi. So'ngra frontal yuzada akslanishni kamaytirish uchun antiakslantirgich himoya qoplamasi uchiriladi. Yuqoridagi jarayonlar Quyosh elementini tayyorlash bosqichlari hisoblanadi.

Yakka holdagi Quyosh fotoelektrik panellarining quvvati 10...600 W ga etishi mumkin. Ushbu turdagi Quyosh panellaridan optimal quvvat olish uchun ularning ishchi harorati 15...25 °C atrofida bo'lishi lozim, chunki maksimal quvvat olish faqat ochiq havoda, atrof muhit harorati 25°C, panellarning yo'nalishi Quyoshga orientatsiyalanganda sodir bo'ladi. Hattoki, kichik bulutlilik mavjudligida ham ularning quvvati 70% gacha kamayadi, to'liq bulutlilik vaqtida 90% gacha ham kamayishi mumkin.

Shuning uchun amaliyot vaqtida monokristall panellardan maksimal quvvat olish uchun ularni quyosh potentsiali yuqori bo'lgan hududlarga

oʻrnatib Quyosh yoʻnalishini avtomatik kuzatish tizimiga ega moslamalar bilan taʼminlash lozim.

3.2. Quyosh elementlarining tarixi

Quyosh elementlarining rivojlanish tarixiga dastlabki qadam bundan 180 yil oldin Fransuz olimi, fizik, ximik Aleksandr Edman Bekkerel 1839 yilda fotogalvanik effekt hodisasini kashf etish bilan boshlandi. Oradan 37 yil oʻtib Adams va Deem Londonda, yaʼni 1876 yilda yupqa oltin bilan qoplangan selenda Quyosh elementi xususiyati borligini aniqladilar. Bu birinchi Quyosh elementi boʻlib uning FIK oʻsha vaqtda 1% dan oshmadi.

1953 yili Djerald Person selen kimyoviy elementiga qaraganda Quyosh nurlanishiga koʻproq sezgir boʻlgan aniq kirishmalar bilan qoplangan kremniy ham Quyosh elementi boʻlishini aniqladi. Shunday qilib Quyosh energiyasini toʻgʻridan toʻgʻri elektr energiyasiga oʻzgartirish boʻyicha tadqiqotlar boshlanib ketdi. Bu haqida “**Nyu-York Tayms**” gazetasida maxsus maqolalar chop etila boshlandi, unda yozilishicha “Oxirida insoniyatning azaliy orzusini roʻyobga chiqaruvchi yangi eraning boshlanishi – bu sivilizatsiya rivoji uchun cheklanmagan energiya manbai Quyosh energiyasidan foydalanishdir” deb eʼtirof etildi.

1957 yil Sobiq SSSR birinchilardan boʻlib Quyosh batareyalari bilan taʼminlangan Sputnik-3 sunʼiy yoʻldoshni Yer orbitasiga olib chiqdi. 1958 yilda bu yutuq AQSH tomonidan kremniy asosidagi Quyosh modullari bilan taminlangan “Avangard-1” havo kemasida amalga oshirildi. Bu vaqtda 1kVt·soat elektr energiyasining narxi ~500\$ atrofida edi. 1960 yillarning boshlarida arsenid galliy asosidagi p-n oʻtishga ega birinchi Quyosh elementlari kremniyga nisbatan bir qancha ustunliklarga ega boʻlib, aynan kosmos sharoiti uchun ishlab chiqarilganligi bilan ajralib turardi. Ga-As asosidagi Quyosh elementlari sobiq SSSR kosmik apparatlarining elektr taʼminotini, Venera sayyorasi atrofidagi havo kemalarini (1965 y), shuningdek Oy yuzasida chuqur tadqiqotlar olib borishda (1970 va 1972 y.y.) “Lunoxod-1” va “Lunoxod-2” oʻzi harakatlanuvchi apparatlarni elektr energiyasi bilan taʼminlashda muhim ahamiyat kasb etdi.

1970 yilda Quyosh energiyasidan olinadigan 1kVt · soat elektr energiyasining narxi ~100\$ gacha kamaytirildi. Bu vaqtda hamma sun'iy yo'ldoshlar kremniy va arsenid gallyiy asosida tayyorlangan fotoelektrik batareyalar bilan ta'minlangan edi. 1973 yilda 1kVt · soat elektr energiyasining narxi ~50\$ gacha kamaytirildi, bu esa kremniy asosidagi modullardan arzonlashtirish va keng foydalanish hisobiga amalga oshirildi. 1978 yili Avstraliyada telekommunikatsiya tarmoqlarini ta'minlash uchun Yerda foydalaniladigan Quyosh stansiyasi qurildi.

1985 yilda AQSH hukumati hamma Kaliforniya shtati bo'ylab 30 000 ga yaqin telefon-avtomatlarni Quyosh energiyasidan foydalanishga o'tkazdi. Ko'chalarda Quyosh energiyasidan ishlaydigan lampalar o'rnatila boshlandi, kunduzi energiya akkumlyatorlarda yig'ilib tunda ko'chalar yoritilardi. Shuningdek Quyosh energiyasi yordamida avtobus bekatlarining yoritilishi ta'minlandi.

Quyosh energiyasining xarakteristikalari va parametrlarini takomillashtirish borasidagi tadqiqotlar sobiq SSSR ning ko'pgina hududlarida olib borildi. O'zbekiston ham bu vaqtda bu sohada ilg'or mamlakatlardan hisoblanardi. Mamlakatimizda Quyosh energiyasidan foydalanish, natijalarni amaliyotga tadbiq etish borasidagi chuqur izlanishlar O'zR FA tasarrufidagi "Fizika-Quyosh" ICHB Fizika-texnika instituti, Materialshunoslik instituti, Ion-plazma va lazer texnologiyalari institutlarida bir guruh olimlar va Toshkent davlat texnika universitetida akademik M. K.Baxodirxanov rahbarligida olib borildi. Olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra geterostrukturalar asosida keng zonali Quyosh elementlarini energetik maqsadlarda keng masshtabda foydalanish uchun qo'llash boshlandi. Masalan, 1986 yilda "Mir" sobiq SSSR orbital stansiyasida AlGaAs/GaAs asosida Quyosh batareyalari o'rnatildi.

1995 yili Quyosh energiyasidan olinadigan 1kW · soat elektr energiyasining narxi ~15\$ gacha tushirildi. Hamma rivojlangan mamlakatlarda bu sohada kuchaytirilgan tadqiqotlar amalga oshirilayotgan edi. Hukumat tomonidan Quyoshdan olinadigan elektr energiyasining narxini a'naviy elektr energiyasining narxigacha tushirish harakatlari boshlandi. Bu davrda QE FIK 15% gacha oshirishga erishilgan edi. 1997 yilning iyunida AQSH sobiq prezidenti Klinton "Million Quyoshli tom"

loyihasini qo'llab quvvatladi. Natijada AQSHda 2010 yilga qadar ko'pchilik hududlarida binolarda energiya ta'minoti uchun Quyosh fotoelektrik modullari o'rnatila boshlandi. Bu dasturning doirasida Quyosh energiyasidan foydalanish uchun fotoelektrik, fotoissiqlik qurilmalar ishlanmalaridan foydalanish ko'zda tutildi. 2001 yil holatiga ko'ra AQSHda 100 mingdan ortiq bino tomlari fotoelektrik modullar bilan qoplangan edi. Bu davrda QE ni yirik ishlab chiqaruvchi korxonalar "Solarex" bo'lib asosan poli va amorf kremniyli modullar ishlab chiqarar edi, xususiy uylar tomiga qurilmaning har Vt quvvat uchun 40 AQSH dollarida (amorf kremniy) savdosi amalga oshirilgan. Shunga o'xshash dasturlar Germaniya, Yaponiya, Janubiy Koreya, Ispaniya va Xitoyda qo'llanila boshlandi. Masalan, Germaniyada uy egasi dastur shartlariga muvofiq yirik miqdorda kapital to'lov qilib Quyosh fotoelektrik stansiyasini xarid qiladi. So'ngra ortiqcha elektr energiyasi a'anaviy energiya tizimiga elektr hisoblagich (yashil elektr energiyasini hisoblagich) orqali hisoblanadi. Bunda tarmoqqa uzatilgan ortiqcha elektr energiyasi a'anaviy ta'rifga nisbatan oshirilgan kafolatlangan ta'rif asosida hukumat tomonidan xarid qilinadi, natijada fotoelektrik qurilma o'zini tez fursatlarda oqlaydi.

2008 yil Rossiya Federatsiyasi Moskva shahrida energiya resurslarini tejash maqsadida ko'p qavatli uylar pod'ezdlari, hovlilari yoritish tizimini fotoelektrik batareyalar hisobiga ta'minlash ishlari boshlandi. Kunduz kuni energiya maxsus akkumulyatorlarida avtonom fotoelektrik qurilma tomonidan yig'iladi, kechqurun esa yoritish avtomatik tizimi ishga tushadi. Elektr energiyasini tejash shundan iboratki, lampalar faqat harakat bo'lganda yonadi, hech kim harakatlanmasa o'chiq holatda bo'ladi. Bu o'z navbatida maxsus harakat datchiklari hisobiga amalga oshiriladi. O'zbekistonda bu kabi ishlar 2013-2014 yillar tajriba sifatida Toshkent shahridagi ayrim tumanlardagi namunaviy uylarda sinab ko'rildi. Eksperiment natijalari ijobiy bo'ldi, lekin keng miqyosida joriy etilishi amalga oshirilmadi.

Kremniydan tayyorlangan Quyosh elementlari o'tgan asrda "21 asrning nefti" ham deb nomlandi. Hisob-kitoblarga ko'ra 1kg kremniy 75 t. neftga ekvivalent ekan. (1 kg kremniydan tayyorlangan Quyosh

elementlari 30 yil ichida 300 MW·soat elektr energiyasi ishlab chiqaradi, bu esa 300 MW·soat elektr energiyasi to'g'ridan-to'g'ri neftning yonish issiqligiga taqqoslansa 43,7 MJ/kg ni beradi, bu esa o'z navbatida 25 tonna neft demakdir).

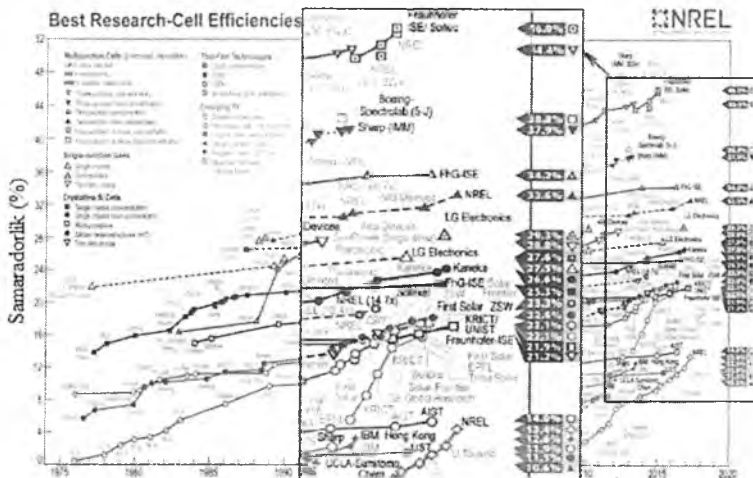
O'zbekiston Respublikasi uchun Quyosh energetikasini rivojlantirish muammolari dolzarbmi? Ancha murakkab bo'lmagan hisob-kitob ishlarini amalga oshisak, dastlab mamlakatimiz uchun gorizontol holatda turgan QQM ga tushayotgan Quyosh nurlanishi quvvatining o'rtacha qiymati $\sim 0,20 \text{ kW/m}^2$ ni tashkil etadi. Agar QQM da joylashgan quyosh fotoelektrik modulini janubga nisbatan $40^\circ \div 45^\circ$ gorizontol qiyalik burchagida joylashtirilsa, quyosh nurlanishi quvvatining o'rtacha yillik qiymati $\sim 0,23 \text{ kW/m}^2$ ga oshadi. Hattoki, quyosh fotoelektrik modulining samaradorligi 15% ga teng bo'lganda ham, 1 m^2 yuzadan quyidagi energiyani olish mumkin:

$$W = 0,23 \text{ kW/m}^2 \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 365 \text{ soat} \cdot 1 \text{ m}^2 \approx 126 \text{ kW} \cdot \text{soat} \quad (3.1)$$

Agar O'zbekiston Respublikasining elektr energiyasiga bo'lgan yillik extiyoji ~ 70 mlrd. $\text{kW} \cdot \text{soat}$ atrofida bo'lsa, bu miqdordagi elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun 555,6 km^2 maydonda Quyosh fotoelektrik modullarini o'rnatish kerak bo'ladi. Bu esa Respublika hududi umumiy maydoni 448978 km^2 ga teng bolsa, unda umumiy maydonning 0,12% dan kam bo'lmagan maydonini egallaydi.

3.3. Quyosh elementlari: zamonaviy holati va rivojlanish istiqbollari

Qayta tiklanuvchi energetika bo'yicha milliy laboratoriya ma'lumotlariga (NREL, AQSH) muvofiq 2017 yilda maksimal samaradorlikka ega QEni ishlab chiqish haqidagi ma'lumotlar 3.2-rasm keltirilgan. 3.2-rasmdagi ma'lumotlarni mulohaza qilishga qulaylik bo'lishi uchun to'rtta texnologik guruhda qarab chiqamiz.

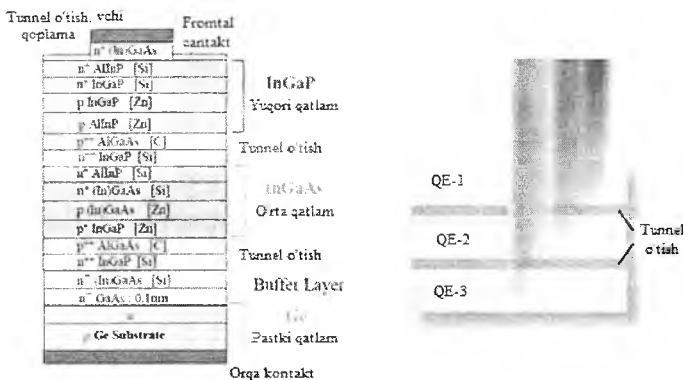


3.2-rasm. 2017 yilda maksimal samaradorlikga ega Quyosh elementlarini ishlab chiqish bo'yicha qayta tiklanuvchi energetika milliy laboratoriyasining ma'lumotlari ((NREL, AQSH).

Birinci texnologiya guruhga birdan besh kaskadlargacha bo'lgan (ko'pkaskadli QE) davriy tizimdagi III va V guruh birikmalari asosidagi QE keltirish mumkin, o'z navbatida ular konsentratorli va konsentratorsiz bo'lishi mumkin. 3.2-rasmga muvofiq, ular katta maksimal samaradorlikga ega.

Kaskadli Quyosh elementlari monolit ko'pkadkadli monokristall strukturani o'stirish yoki tayyor elementlarni mexanik tutashtirish orqali shakllantiriladi.

Bu guruhga ta'luqli ko'pchilik yuqori samarali QE ko'p o'tishli (kaskad) geterostrukturalar asosida tayyorlanadi. Ular metall organik birikma tarkibiga ega (MOSVD-texnologiya) gaz fazali epitaksiya yoki molekulyar-dastali epitaksiya (MVE) usullari bilan olinadi. Uch kaskadli QEning namunasi va u tomonidan Quyosh energiyasini o'zgartirishning energetik sxemasi 3.3-rasmida keltirilgan.



3.3-rasm. Ko'p o'tishli QE va Quyosh energiyasini o'zgartirishning energetik sxemasi

Germaniyada tayyorlangan (Fraunhofer ISE/Soitec) to'rtkaskadli QE da Quyosh energiyasini 500 karra zichlashtirish orqali samaradorlik 46,0% ga etkazildi. 2015 yil 14 yanvarda (Kalarado shtati, AQSH Energetika vazirligi, NREL) GOLDEN kompaniyasi to'rt o'tishli QE konsentratsiya darajasi 234 birlikka etkazilganda samaradorlik 45,7% bo'lganligini e'lon qildilar, NREL esa istalgan turdagi QE ichida yuqori samaradorlikga erishilganini aytib o'tdi.

Bunda uch kaskadli QE samaradorligi 2013 yilda "Solar Junction" kompaniyasi tomonidan 942 birlik konsentratsiya darajasida olingan natijalarga ko'ra 44,4% ni tashkil etdi. Yuqori samaradorlik olish uchun konsentrsiyalarni qo'llash (Frenel linzalari) katta optik yo'qotishlarga olib keladi. Eslatib o'tish kerakki, maxsus yoritish sharoitlarida laboratoriya elementlari tadqiq qilinmoqda. Konsentratorli ko'pkaskadli elementlarning o'zi tabiiy sharoitda qo'llanilganda Quyoshni kuzatish tizimlaridan iborat murakkab mexanik tayanch konstruksiyalardan foydalanishni talab qiladi, diffuz radiatsiya vaqtida yomon ish qobiliyatiga ega bo'ladi, lokal qizish oqibatida strukturani samarali sovitish lozim bo'ladi.

"Boeing – Spectrolab" va "Sharp" kompaniyalarida olingan ko'pkaskadli konsentrsiz QE maksimal samaradorligi mos ravishda 38,8% (beshkaskadli) va 37,9% (uchkaskadli) ni tashkil etdi. Ko'pkaskadli

QE ni olishning kamchiliklari bo‘lib texnologik jarayonning murakkabligi, qimmat jihozlardan foydalanish, taglik sifatida monokristall Ge, GaAs va boshqa materiallar, komponentlardan foydalanish hisoblanadi.

J.I. Alferov ta’kidlab o‘tganidek, kaskadli QE hamma boshqa yarimo‘tkazgichli jihozlar bilan taqqoslaganda strukturaviy munosabatiga ko‘ra eng murakkab hisoblanadi.

Tayyor elementlarni mexanik tutashtirish yo‘li bilan ikki kaskadli QE tayyorlashda yuqori kaskad uchun GaAs asosidagi materialdan, quyi kaskad uchun Ge dan foydalanildi. Mualliflar (**High Efficiency III-V Solar Cells / K.W. Smith [et al.] // Phys. Lett.2000. Vol.76. P.143**) yuqori kaskad uchun AlGaAs ($E_g \sim 1,7 \text{ eV}$) asosidagi QE qo‘llanilgan quyi kaskad uchun Si dan foydalanildi. Ammo samaradorligi 37% bo‘lgan rekord qiymatlar Quyosh nurlanishini 100 birlik zichlashtirilgan darajasida o‘zgartirilib quyi kaskad sifatida GaSb va GaAs asosidagi yuqori kaskaddan tashkil topgan QE mexanik usul orqali tushuntirish yo‘li bilan erishilgan.

Mexanik usulda tutashtirilgan QE yutuqlari shundaki, ular yaxshi ishlab chiqilgan bir o‘tishli QE asosida yaratiladi. Bunda kaskadlarda elektr tokining muvofiqligining zaruriyati yo‘q. Kamchiliklariga esa kaskadlar kommutatsiyasining etarlicha murakkab tizimi, kaskadlar chegaralarida yuqori optik yo‘qotishlar, quyi kaskadda o‘zgartiriladigan nurlanish yuqori kaskadda yutilishiga qo‘yiladigan minimal talablar kiradi.

Yuqorida ko‘rsatilib o‘tilgan salbiy tomonlarga qaramasdan ko‘pkaskadli QE Quyosh fotoenergetikasida qo‘llanilishiga ko‘ra o‘z bozorini topdi. Ulardan nafaqat kosmosda samarali foydalaniladi, balki Yer sharoitida har xil turdagi konsentratorli QES da ham qo‘llaniladi. 2008 yilga kelib “Boeing”, “Emcore”, “Spectrolab” kompaniyalari 1 MVt/yil ortiq ishlab chiqarish quvvatiga ega ko‘pkaskadli QE tayyorlanishi qayta o‘zlashtirilgan texnologiyasiga ega edilar va Yer sharoitida samaradorligi 36-39% bo‘lgan QE asosidagi konsentratorli QES bozori shakllantirilgan edi.

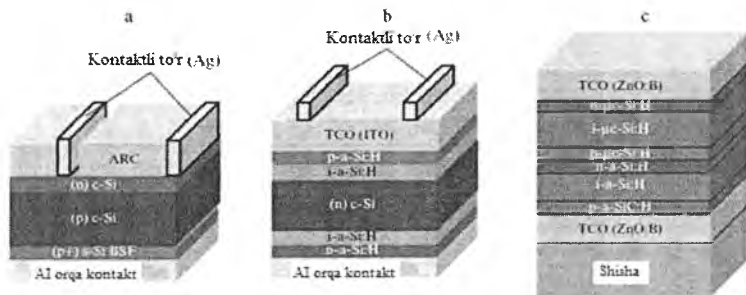
Birinchi texnologik guruhdagi bir kaskadli QE 27,5% gacha bo‘lgan FIK ga ega bo‘lib kremniyga qaraganda (25,6%) uncha yuqori emas, lekin o‘ta murakkab texnologik jarayon, qurilmalar va materiallarga yuqori narx,

ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining yuqori narxi kabi kamchiliklari mavjud. Shunday qilib bu guruhning asosiy kamchiligi yuqori narxi hisoblanadi.

Ikkinchi texnologik guruhga kremniyli texnologiya asosida tayyorlanadigan QE ta'luqlidir. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek hozirgi vaqtda kremniy Quyosh fotoenergetikasi uchun asosiy material hisoblanadi va uning asosida 90% dan ortiq QE ishlab chiqariladi. Fotoenergetika sanoatini rivojlantirishning yuqori templari ishlab chiqaruvchilaridan yuqori, toza kremniyni olish jarayonlarini rivojlantirish va tadqiq etishga ko'proq e'tibor qaratishni majbur etadi.

Qoidaga muvofiq, fotoenergetika sohasi uchun kremniyni mashhur "Simens-jarayoni" kabi bug'ni kimyoviy cho'ktirish asosidagi usul va qaynoq qatlam reaktorlari asosida ishlab chiqarishning texnologik sxemasi bo'yicha olinadi. Bu guruhlar uchun texnologik usullar va jarayonlar ko'p o'zlashtirilganligi sababli bunga ko'p e'tibor qaratmaymiz.

Mono - va multikristaldan tayyorlangan QE klassik konstruksiyasi 4 a-rasmda keltirilgan. 3.2-rasmga muvofiq monokristall kremniyli QE uchun maksimal samaradorlik 25,3% ni tashkil etadi. 92-karra Quyosh nurlari konsentratsiyasidan foydalanilganda (Amonix kompaniyasi) maksimal samaradorlik 27,6% olingan. Bunday konstruksiyada multikristall kremniyli QE qo'llash samaradorlikni 21,9% gacha kamayishiga olib keladi.



3.4-rasm. Quyosh elementlarining klassik konstruksiyasi a-s-Si asosidagi; b-a-Si:N/s-Si (HIT-texnologiya) asosidagi geteroo'tishlarda; c-a-Si:N/a-Si:N asosidagi yupqa qatlamlarda; TSO – shaffof o'tkazuvchi

oksid (odatda indiy-titan oksidi (ITO)); ARC – antiakslantiruvchi qoplama.

Bu guruhlarda konsentratorlar qo‘llanilgan holatda maksimal samaradorlik NIT (yupqa qatlamli strukturalar yordamidagi geteroo‘tishlar) bo‘yicha tayyorlanadigan kremniyli QE da 26,6% ni tashkil etadi. 3.4b-rasmda kristal kremniy asosidagi geterostrukturali QE shakllantirish texnologiyasining umumiy konsentratsiyasi keltirilgan. Oldindan tayyorlangan kimyoviy qayta ishlangan taglik yordamida strukturalangan va tozalangan yuzaga xususiy va chegirlangan amorf kremniy qatlamlaridan tashkil topgan omik va geterokontakt plazmali kimyoviy cho‘ktirish usuli bilan shakllantirildi. Yuza tomoniga tok yig‘ilishini ta‘minlovchi kumushrang kontakt trafaret pechat usulida yotqiziladi, ya‘ni shaffof o‘tkazuvchi qoplama uchiriladi. Orqa kontakt kumush va indiy-titan oksidi qatlamlarining uchirish bilan shakllantiriladi. Texnologik jarayon etti bosqichdan iborat bo‘lib 18 operatsiyali kristall kremniyli QE olish (Sun Power firmasi) IBC texnologiyasiga qaraganda birmuncha kamdir. 3.4-rasm $a - Si : H/\mu c - Si : H$ asosidagi yupqa qatlamli QE konstruksiyasi ko‘rsatilgan.

Qoidaga muvofiq, bunday jihozni olishning texnologik zanjiri katta miqdordagi texnologik qadamlardan tashkil topadi, QE o‘zi esa NIT – texnologiya bilan taqqoslaganda juda kichik samaradorlikga ega va degradatsiyaga barqaror bo‘lmagan element hisoblanadi. 3.2-rasmga muvofiq yupqa qatlamli QE maksimal samaradorligi 21,2% ni tashkil etadi. Shunday qilib, bu guruhda Quyosh fotoenergetikasining rivojlanishida eng istiqbolli bo‘lgan QE bu NIT – texnologiyasi asosida ishlab chiqarish hisoblanadi.

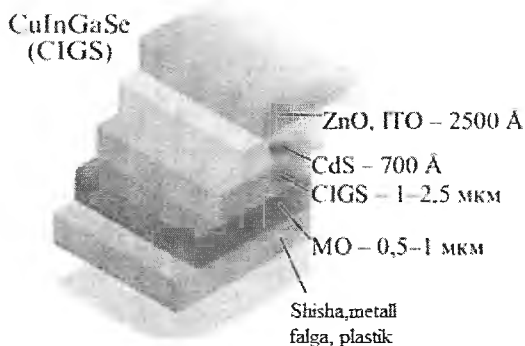
Uchinchi texnologik guruhda qarab chiqiladigan QE birinchi guruh elementlari kabi bo‘lib ikkinchi avlod elementlari deb atash mumkin. Ularni tayyorlash uchun kristall kremniyli QEga nisbatan kam yarimo‘tkazgichli materiallar talab qilinadi. Ammo bu guruhdagi QE ishlab chiqarishda salbiy omillar sifatida quyidagilarni aytish mumkin, yupqa qatlamli texnologiyada zaharli va narxi o‘ta yuqori bo‘lgan nodir elementlar zarur bo‘ladi. Bundan tashqari yupqa qatlamlarni bir tekisda

yotqizish kabi mavjud texnologik muammolar elementlardan modulga o'tish vaqtida nisbatan samaradorlikni katta yo'qotilishiga olib keladi.

Bu guruhda maksimal samaradorlikga ega CIGS deb nomlanadigan $\text{Cu(In, Ga)(Se, S)}_2$ xalkopiritlar asosidagi ikkinchi avlod yupqa qatlamli QE hisoblanadi. Ular laboratoriya sharoitlarida nisbatan engil sintezlanadi va texnologik xususiyatlariga ko'ra ularni vakuumdan foydalanib yoki foydalanilgan holdagi usullar yordamida olish mumkin.

Vakuum variantli usulga ko'ra bu birmuncha QE narxiga taqalsada, bunda eng yuqori samaradorlik $\sim 22,6\%$ olingan, vakuumsiz variant usulida 17% ortiq samaradorlikga ega QE olish imkoniyati yo'q.

CIGS asosidagi QE strukturasi 3.5-rasmda keltirilgan. Bu yerda CIGS p -turdagi yarimo'tkazgich sifatida yupqa molibden bilan qoplangan, quyi kontakt vazifasini bajaradigan taglikga yotqizilgan.



3.5-rasm. CIGS asosidagi quyosh elementlarining tipik strukturasi



3.6-rasm. CdTe asosidagi quyosh elementlarining tipik strukturasi

n-tur ostida legirlangan keng zonali yarimo‘tkazgich CdS qatlamini yotqizish orqali indiy-titan (to‘rli kontakt) shaffof o‘tkazgich va shaffof rux oksidi yupqa qatlami bilan yopiladigan p-n struktura yaratiladi. 14,7 krat. zichlashtirilgan Quyosh nurlanishi darajasidan foydalanilganda CIGS asosidagi QS samaradorligini 23,3% (3.2-rasm) ga oshirish mumkin.

Bu guruhda navbatdagi natijaviyligi bo‘yicha CdTe asosidagi QE maksimal erishilgan FIK 22,1% hisoblanadi. CdTe asosidagi QE tipik strukturasi 3.6-rasmda keltirilgan. Bunday QE olishning asosiy texnologiyasi bo‘lib sublimatsiya jarayonlari, kimyoviy uchirish, gaz fazadan kimyoviy cho‘ktirish, epitaksiya, trofaret hisoblanadi.

Bu kabi QE ni jahonda etakchi ishlab chiqaruvchi “First Solar” kompaniyasi bo‘lib rekord ko‘rsatkichi 21,5% (2016 y) ni tashkil etadi. Kompaniya direktorlarining so‘zlariga ko‘ra korxonaning asosiy vazifasi “Kristall kremniyli a‘naviy texnologiya bilan taqqoslaganda CdTe afzalligining doimo raqobatdoshligining tasdiqlanishi” hisoblanadi.

2014 yilda “Bloomberg” Qatarda eng ko‘p foydalaniladigan QE narxi va Quyosh modullarining joriy narxi, sotuvdagi narxlari haqida e‘lon qildi. QE samaradorligi haqida yangi ma‘lumotlar bilan birgalikda Quyosh fotoelektrik texnologiyasi bo‘yicha olinadigan elektroenergiya xarajatlari darajasini rivojlantirishni ko‘rsatish mumkin bo‘lgani uchun bu ma‘lumotlar ko‘paytirilgan. Bu ma‘lumotlar kelajakda Qatarda Quyosh

fotonejergikasi uchun elektr energiya harajatlari darajasini rivojlantirish yo'l xaritasini aniqlashga imkon beradi.

Yupqa plyonkali CdTe asosidagi tadqiq etiladigan QE uchun samaradorlikni rivojlantirish tezlashmoqda, bu esa o'z navbatida bu QE olinadigan energiyani 60% bo'lgan chiqimlar darajasini qisqartirish mumkin.

Bu guruhda eng kichik samaradorlikga ega (14,0%) amorf kremniy asosidagi yupqa qatlamli QE hisoblanadi. Bunda modullarning asosiy muammosi amorf elementning degradatsiyasi hisoblanadi. Uchinchi texnologik guruhga kiradigan qarab chiqilgan QE asosan bino va inshootlarning konstruksiyalari elementlarida qo'llaniladi.

To'rtinchi texnologik guruhdagi QE materiallari va texnologiyalariga yaqinda etarlicha o'rganilgan (yuqorida keltirib o'tilgan texnologiyalar bilan taqqoslaganda) va oxirigi yillarda rivojlanish tendensiyalari eng ko'pligi bilan ahamiyatlidir. Bu guruhga sensibilizatsiyalangan bo'yoqlar, perovskitlar, organik va tandem organik plyonkalar asosidagi texnologiyalar, shuningdek kolloid texnologiyasi asosida olingan kvant nuqtalarini kiritish mumkin.

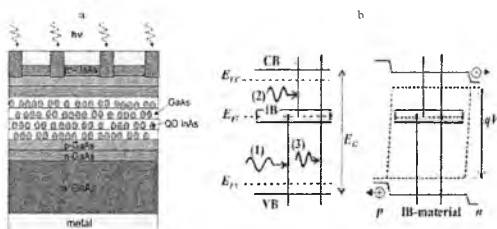
Bu guruhda eng istiqbolli hisoblangan QE perovskitlardir. "Koreya ximiya texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institute" dagi Seo Jang-Won boshchiligida tadqiqot guruhi perovskitli QE eng katta samaradorlikga ega 22,7% (2017 y) ni qayd etishdi.

Bunday QE uchinchi avlodga mansub bo'lib ular engil va ogiluvchandir, ularni tayyorlash nisbatan sodda va arzon usullarni qo'llashni talab qiladi. Ammo, ta'kidlab o'tish kerakki, ayni vaqtda ular vaqtinchalik deqratsiya bilan zararlanadi. Bu QE ga yuqori talabdagi germetizatsiyani qo'llash kerak bo'ladi. Bugun bu texnologik guruxdagi QE ishlab chiqarish sanoat masshtabida mavjud emas. Bu QE tayyorlash uchun arzon texnologik gurux bo'lib laboratoriya tadqiqot bosqichida turibdi.

Yuqorida qayd etilgan texnologiya bo'yicha QE yaratishning muqobili sifatida kvant nuqtali ko'pqatlamli nanogeteroepitiksial struktura asosidagi bir o'tishli elementlarni tayyorlash hisoblanadi. Bu holatda element dizayni sezilarli tarzda soddalashadi, bunday QE bir kaskadli hisoblanadi.

Uni tayyorlash uchun ikkita yarimo'tkazgich material ishlatiladi: birinchisi – keng zonali (matritsali), boshqasi – tor zonali (kvant nuqtani tayyorlash uchun). Bunday QE strukturasi namunasi va uning energetik sxemasi 3.7-rasmda keltirilgan.

Nazariy isbotlandiki, $Eg_2 > Eg_1$ taqiqlangan zona kengligiga ega keng zonali yarimo'tkazgich materialdan tayyorlangan QE ga Eg_1 taqiqlangan zona kengligiga ega tor zonali yarimo'tkazgich materialdan iborat kvant nuqtani kiritilishi keng zonali yarimo'tkazgich materialda yutilmaydigan $h\nu > Eg_2$ energiyali qisqa to'liqlik nurlanish, shuningdek $h\nu > Eg_2$ energiyali nurlanishni utilizatsiya qilish imkonini beradi. Bunda kvant nuqtali bir o'tishli QEning energetik diagrammasida (3.7 b rasm) ko'rsatilgandek, ikki uzun to'liqlik yorug'lik kvantlari energiyasi yig'indisi hisobiga Quyosh nurlanishi spektrining uzun to'liqlik qismining utilizatsiyasi amalga oshiriladi.



3.7-rasm. Kvant nuqtali bir o'tishli Quyosh elementi (a) va uning energetik diagrammasi (b)

1990 yillarda NREL xodimi Artur Nozik Quyosh nurlanishi qisqa to'liqlik spektri nurlangan kvantlari orqali tor zonali yarimo'tkazgichlarda kvant nuqtali bir qancha elektron-kovaklar juftligini olish imkoniyatiga ega bo'ldi. 2006 yilda PbCc kvant nuqtasi ultrabinafsha nurlanish bilan yoritilganda bitta foton ettita elektronni hosil qilish eksperimental aniqlandi, 2007 yilda esa kvant nuqtali kremniyda $\lambda = 0,48 \text{ mkm}$ to'liqlik uzunligiga ega bitta nurlanish fotoni ikkita elektronni yuzaga keltirdi. Nazariy tahlil shuni ko'rsatmoqdaki, kvant nuqta yordamida quyosh nurlanishi spektrining uzun va qisqa to'liqlik qismining utilizatsiyasi QE

samaradorligini yaqin termodinamik chegaraga (84% dan ko'p) erishishga imkon beradi. Si da Ge kvant nuqtali quyosh elementlari uchun 53% samaradorlikga erishish mumkinligini nazariy baholash mumkin. Ge/Si nanoeterostrukturasida asosidagi qurilmalarning samaradorligini oshirish fazoviy kvantlash effekti tufayli amalga oshirish imkoni bo'ladi.

QE da katta zichlikka ega N (yutilish koeffitsientini oshirish uchun) massiv kvant nuqtalari zarurdir va imkon qadar L o'lchov bo'yicha kvant nuqtalarini keng taqsimlash, bu quyosh spektridan to'liq foydalanishni ta'minlaydi.

Nanoeteroepitaksial kvant nuqtali matritsali material sifatida keng zonali yarimo'tkazgichlilarni qo'llash texnik-iqtisodiy xarakteristikalari yaxshilangan QE tayyorlashga imkon beradi.

1) Ta'qiqlangan zona kengligining katta qiymati Eg yaratiladigan QE yuqori ishchi harorat-chegarasi va yuqori harorat barqarorligini aniqlaydi;

2) To'g'ri optik o'tishlar bilan aniqlanadigan asosiy yutilish yo'lining keskin kars ning III-V to'g'ri zonali yarimo'tkazgichlar guruhida mavjudligi yuqqa qatlamli QE Quyosh nurlanishini yuqori o'zgartirish samaradorligini olish imkoniyatiga olib keladi;

3) Yuqori radiatsion barqarorlikga erishish imkoniyati mavjud, shuningdek bu materiallarda radiatsion nurlanish ta'sirida bu materiallar uchun xarakterli bo'lgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar diffuzion uzunliklari kichik qiymatining sezilarli kamayishi yuz bermaydi;

4) III-V guruhlardagi keng zonali materiallarning p-n o'tishlarida katta potensial to'siq kichik tok qiymatlarini asoslabgina qolmasdan, bir tomondan QE chiqish quvvatining yorug'lik oqimiga (katta yorug'lik oqimlari sohasida) chiziqli bog'liqligining katta sohasini ta'minlasa, boshqa tomondan kichik yorug'lik oqimi va harorat diapozonida yuqori samaradorlikni olishga imkon beradi;

5) GaAs dan tashqari, keng zonali yarimo'tkazgich sifatida bir o'tishli QE olish uchun GaP dan foydalanish istiqbollidir, tor zonali kvant nuqtali QE olish uchun esa Ge, InAs, GaSb shuningdek ular asosidagi qattiq birikmalar (Ga_xSi_{1-x} , InAsP, GaInSb) zarurdir.

Kvant nuqtali nanoeteroepitaksial strukturali metall organik birikmali (MOCVD) yuqori samarali QE ni bug' fazasidan kimyoviy

choʻktirish va molekulyar-nur epitaksiya usullari orqali olish boʻyicha urinishlarda matritsali material sifatida GaAs dan foydalaniladi, kvant nuqtalar uchun esa InAs, kvant nuqtalarni kiritish QE da kvant samaradorlikni oshiradi, balki kamaytiradi, bunda kvant nuqtalar massivining ortishi bilan QE samaradorligi kamayadi.

3.4. Fotoenergetikaning nazariy jihatlari

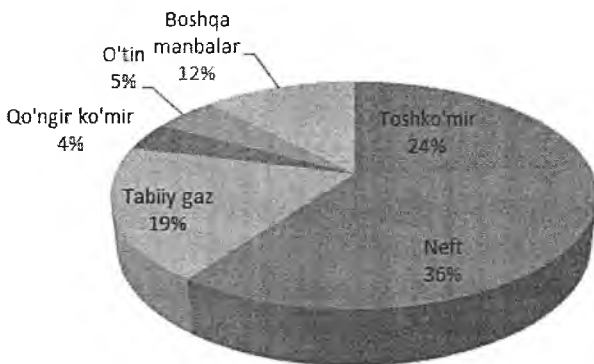
Quyosh nurlanishining toʻgʻridan-toʻgʻri boʻlmagan energetik oʻzgartirish jarayonlari

Quyosh energiyasi Yer sayyorasiga tushib har xil oʻzgartirishlarga uchraydi, yaʼni uning bir qismi Yer yuzasini qizishga sarflaydi, boshqa qismi oʻsimliklar dunyosi tomonidan yutiladi, uchinchi esa Yer sharining $\frac{2}{3}$ qismini tashkil etgan okean, dengiz, daryolar tomonidan yutiladi. Quyosh energiyasining baʼzi qismi atmosferada kislorod oqimini hosil qilish va organik birikmalarni yuzaga keltishda muhim hisoblangan fotosintez reaksiyalarida qatnashadi. Fotosintez natijasida hosil boʻlgan organik birikmalar keyingi bosqichlarda ximiyaviy oʻzgarishlarga uchraydi va oxirgi jarayonlarda uglevodorod xom ashyo resurslariga (neft, koʻmir, tabiiy gaz va h.k) aylanadi.

Amaliy jihatdan butun Yer energetikasi Quyosh energiyasini har xil turlarga oʻzgartirishi va undan foydalanishga orentatsiyalashgan. Bundan faqat atom va geotermal elektrostansiyalari mustasno hisoblanadi. Shuningdek shamol energetikasi ham atmosferada notekis isitilishi hisobiga yuzaga kelgan harakatlanayotgan havo oqimlaridan foydalanishga orentizatsiyalashgan. Hidroelektrstansiyalarda ham tabiiy ravishda Quyosh yordamida bugʻlanish amalga oshirilib suvning potensial va kinetik energiyalaridan foydalaniladi. Xattoki suv oqimining quyilishi va qaytishidan foydalanib ishlaydigan elkrstansiyalarning ish faoliyat Quyosh, Oy va Yer maydoning oʻzaro gravitatsion taʼsiriga bogʻliqdir. Suv oqimining quyilishlari va qaytishi 1 sutka yoki yarim sutka (~12 soat,

25 min) ni tashkil etadi. Yil davomida oqim quyilishi xarakteristikalariga Yer orbitalarida joylashgan kosmik ob'ektlarning o'zaro joylashishi ham o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Bahorda Quyosh va Oy o'rtasida tortilish kuchlari bir yo'nalishda ta'sir bo'ladi, shu sababli oqimning quyilishlari maksimal intensivligiga ega bo'ladi. Minimal intensivlik esa Oyning birinchi va uchinchi choraklarida, ya'ni Quyosh va Oy o'rtasida tortinish kuchlarining vektori perpendikulyar yo'nalganligida yuz beradi.

Asosiy energiya resurslarini dunyo bo'yicha is'temol qilinishing taqsimlanishi quyidagi 3.8-rasmda keltirilgan.



3.8-Rasmdan ko'rinib turibdiki, aynan qazib olinadigan energiya resurslari butun zamonaviy dunyo energetikasining asosini tashkil etadi.

Aytish joizki, ayrim Quyosh elektrstansiyalari (Minora turidagi QES va h.k.), shamol, gidro va oqim quyilishi va qaytishga asoslangan elektrostansiyalarida ham energiya to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartilmaydi. Bu holatlarda albatta energiya yo'qotilishlari ancha yuqori: Ma'lumki, bu energiya zahiralarning (a'anaviy yoqilg'i resurslari) miqdori cheklangan, shuning uchun eng ratsional, foydalanishga qulay bo'lgan Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan to'g'ri o'zgartirishga asoslangan bu Quyosh elementlari hisoblanadi.

Quyosh nurlanishining to'g'ridan-to'g'ri energetik o'zgartirish

Yorug'likning varimo'tkazgichlarda yutilishi. Optik nurlanish yarim o'tkazgichlar bilan o'zaro ta'siri vatida qisman yutiladi, qisman uning yuzasidan akslanadi, qisman yutilishsiz o'tib ketadi. Yutilgan, akslangan va o'tgan energiyaning ulushlari mos keluvchi koefitsientlar bilan baholanadi. Yorug'lik nurlanishini o'tkazish koefitsienti (T) quyidagicha:

$$T = \frac{R_{o'tish}}{R_{tushish}} \quad (3.2)$$

akslanish koefitsienti esa

$$R = \frac{R_{aks}}{R_{tush}} \quad (3.3)$$

o'z navbatida yutilish koefitsienti

$$A = \frac{R_{yutil}}{R_{tush}} \quad (.3.4)$$

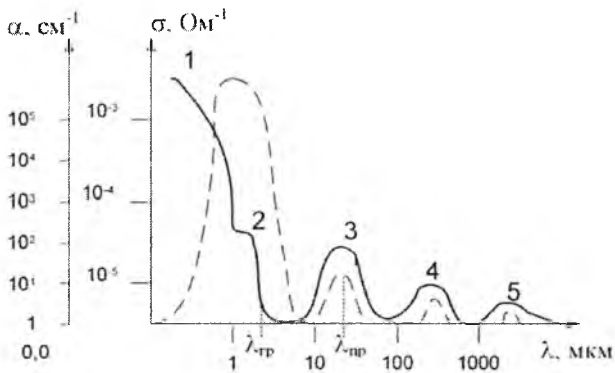
bu yerda $R_{o'tish}$ – o'tgan nurlanishning quvvati; R_{aks} – yuzadan akslangan nurlanishning quvvati; R_{yutil} – yutilgan nurlanishning quvvati; R_{tush} – tushayotgan nurlanishning quvvati.

Yutilish ko'rsatgichi x tushayotgan nurlanishning boshlang'ich quvvati e marta kuchlanishi lozim bo'lgan, yuzadan yutilgan chuqurlikkacha bo'lgan teskari masofaga teng qiymat hisoblanadi, x chuqurlikda:

$$R(x) = R_{tush} e^{-\alpha \cdot x} \quad (3.5)$$

$$\alpha = -\frac{1}{x} \ln \frac{R(x)}{R_{tush}} \quad (3.6)$$

bu yerda $R(x)$ – x chuqurlikda nurlanish quvvati.



3.9-rasm. Yutilish spektr (tutash egri chiziq) va foto o'tkazuvchanlikning spektral bog'liqligi (shtrixli egri chiziq)

1 - Xususiy yutilish; 2 - fononlar va eksitonlar qatnashgan to'g'ridan-to'g'ri bo'lmagan o'tishlar, 3,4 - Kirishmali yutilish; 5 - Panjarali yutilish.

Yuqorida 3.9 – rasmda yutilish koeffitsientining tushayotgan nurlanish to'liq uzunligiga bog'liqlik $\alpha(\lambda)$ grafiqi, ya'ni yutilishi spektori keltirilgan. 1-soha xususiy yutilishiga to'g'ri keladi, 1-sohada yutilgan energiya valent zonasidagi elektron o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadi. O'tkazuvchanlik zonasiga elektronni ko'chirish uchun yutilgan teng fatonning energiyasi ta'qiqlangan zona kengligiga yoki ortiq bo'lishi kerak:

$$E_{ph} = h\nu \geq E_g \quad (3.7)$$

bu erda E_{ph} - tushayotgan fotonning energiyasi; E_g – ta'qiqlangan zona kengligi; h – Plank doimiysi; ν – nurlanishni elektromagnit tebranish chastotasi.

$h\nu \geq E_g$ holatida hosil bo'lgan elektronlar, ya'ni zaryad tashuvchilar fononlar bilan elastik bo'lmagan to'qnashish vaqtida "termalizatsiya" (10^{-12} sek.) ro'y beradi, elektronlar o'tkazuvchanlik zonasining tubiga yoki valent zonasining yuqori qismiga ko'tariladi. Bunda ortiqcha energiya kristal panjaraga issiqlik energiyasi ko'rinishida beriladi. Foydali energiya

sifatida E_g ga teng bo'lgan energiya qoladi. Bu yuqotishlarni oldini olish uchun yarimo'tkazgich materialning ta'qiqlangan zona kengligini oshirish kerak.

Xususiyat yutilish spektri fotoeffektning qizil chegarasi deb nomlangan aniq ifodalangan chegaraga ega;

$$\lambda_{chegara} = \frac{ch}{E_g} \quad (3.8)$$

λ_{cheg} - sohasida fononlar va eksitonlar (3.9-rasm, 2-soha) qatnashadigan yutilishda to'g'ridan-to'g'ri bo'lmagan o'tishlar kuzatilishi mumkin. λ_{cheg} kattaligiga yarimo'tkazgichlarga kirishma chegirash darajasi tashqi maydon, harorat ta'sir etishi mumkin. Kirishmalar konsentratsiyasining oshishi bilan λ_{cheg} kamayadi, bu esa valent zona yuqori qismi yoki o'tkazuvchanlikning zonasining tubida energetik sathlarning to'ldirilishi bilan asoslangan. Harorat ortishi bilan λ_{cheg} ortadi, bu esa ko'pchilik yarimo'tkazgichlar uchun muhim bo'lgan ta'qiqlangan zona kengligining kamayishi bilan tushuntiriladi. λ_{cheg} elektrik maydonda uzun to'liqinli sohaga siljiydi (Keldish-Frans effekti), magnit maydonda esa qisqa to'liqinli sohaga (Landau parchalanish) sijiydi. 3.9-rasmda 3 va 4 sohalar keladi (Foton energiyasi kirishma atomlarining ionlanishiga sarf bo'ladi). SHunday kirishma atomlarining ionlanish energiyasi $\delta E_{ph} \ll E_g$, ya'ni kirishmali yutilish spektri IQ – sohaga siljiydi. Kirishma atomlarining elektronlari asosan uyg'otilgan holatlarda bo'ladi, shuning uchun yutilish spektrida kirishmali yutilishning bir qancha sohalari bo'lishi mumkin (masalan, 3 va 4).

Eksiton yutilish foton energiyasining shunday yutilishiga mos keladiki, bunda elektron valent zonada atomdan uzilib chiqmaydi, balki uyg'otilgan holatga o'tadi va kovaklar bilan elektrik dipol – eksitonni hosil qiladi. Eksiton yutilishining spektra λ_{cheg} sohasida (3.9-rasmda ko'rsatilmagan) tor chiziqlardan tashkil topgan. 3.9-rasmda 5-soha panjarali yutilishga mos keladi, bunda yorug'lik nurlanishi kvantlari yarimo'tkazgichda issiqlik energiyasini ortishiga va fononlar generatsiyasiga olib keladi. Shuningdek ichkarida ruxsat etilgan zonada

erkin zaryad tashuvchilarning boshqa energetik sathlarga o'tish bilan bog'liq nurlanish yutilishlari ham bo'lishi mumkin. Bunda yutilish spektrori amaliy jihatdan sathlar o'rtasida kichik oraliq tufayli uzluksizdir.

Yarimo'tkazgich yoritilganda zaryad tashuvchilar generatsiyasi ularning elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga – fotorezistorli effektga olib keladi. Bu holatda umumiy o'tkazuvchanlik

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_{ph} \quad (3.9)$$

bu erda $\sigma_0 = e(\eta_0\mu_n + \rho_0\mu_p)$ – xususiy qorong'ulik o'tkazuvchanlik; σ_{ph} - fotoo'tkazuvchanlik; μ_n va μ_p – kovaklar va elektronlar qo'zg'aluvchiligi; η_0 va ρ_0 – erking elektronlar va kovaklar muvozanat konsentratsiyasi e – elementar elektr zaryadi.

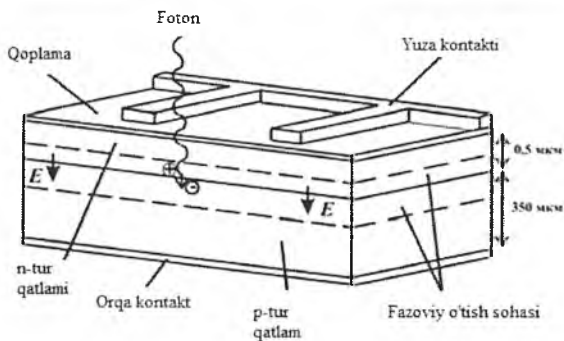
Yorug'likning yutilish samaradorligi yarimo'tkazgichlarda kvant chiqishi bilan baholanadi

$$\eta_{ph} = \frac{\Delta n + \Delta p}{2N_{yutil}} \quad (3.10)$$

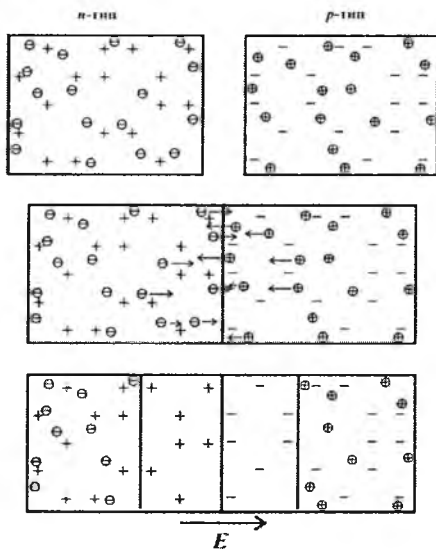
bu erda Δn va Δp – yorug'lik yutilganda yuzaga keluvchi ortiqcha zaryad tashuvchilar miqdori; N_{yutil} - yutilgan fotonlar soni; ideal holatda $\eta_{ph} \approx 1$, ya'ni yutilgan bitta foton bitta elektron – kovak juftligin generatsiyalaydi.

p-n o'tishda fotoelektrik effekt. QE optik nurlanishni soniyalarda energiyaning issiqlik va mexanik ko'rinishi bilan bir qatorda bevosita to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartiradi.

Uning ish jarayoni p–n o'tishli yarimo'tkazgichli strukturalarda, shuningdek (getereoo'tishlar, Shottki to'siqli) strukturalarda ichki fotoeffekt hodisasiga asoslangan. Eng sodda konstruksiyali QE ikkita har xil o'tkazuvchanlik turidagi qatlamlardan (n – elektronli va p – kovakli) tashkil torgan (3.10-rasm)



3.10-rasm. Kristall kremniyli QE konstruktiv sxemasi



3.11-rasm. p – n o'tishining hosil bo'lishi

n – turdagi yarimo'tkazgich bir qancha miqdordagi donar turdagi kirishma atomlaridan tashkil topgan, bunda o'z atomlar xona harakatida hammasi ionlashgan holatda bo'ladi. Batafsil aytganda strukturada n_0 miqdorda muvozanatdagi erkin elektronlar bo'lsa, xuddi shu miqdorda qo'zg'almas musbat zaryadlangan ionlar ham mavjud bo'ladi. Kovakli o'tkazuvchanlikda (n–turdagi yarimo'tkazgichda) p_0 erkin zaryad

tashuvchilar bo‘lib kovaklar va shuncha qo‘zg‘almas holatda manfiy zaryadlangan ionlar bo‘ladi.

p va n – sohalar tushuntirilganda (3.11-rasm) ularda elektronlar va kovaklar konsentratsiyalari gradienti hisobiga n –tur yarimo‘tkazgichdan p –tur yarimo‘tkazgichga qarab elektronlarning diffuzion oqimi yuzaga keladi, aksincha p –sohadan n –sohaga kovaklar oqimi harakatlanadi. n –sohadan p –sohaga o‘tgan elektronlar bo‘linish chegarasi yaqinida kovaklar bilan rekombinatsiyalanadi. O‘xshash holda p – sohadan n – sohaga o‘tgan kovaklar g‘am elektronlar bilan to‘qnashib rekombinatsiya jarayonini yuzaga keltiradi. Natijada p – n o‘tish yaqinida amaliy jihatdan erkin zaryad tashuvchilar qolmaydi, p – n o‘tishning ikki tomonidan qo‘zg‘almas ionlar bilan shakllangan qo‘sh zaryadli qatlam (fazovaiy zaryadlar sohasi yoki birlashtirish sohasi) hosil bo‘ladi. FZS ning elektr maydoni birlashtirilgan sohada asosiy zaryad tashuvchilarning diffuziya jarayoniga qarama qarshi ta‘sir ko‘rsatadi. Bu muvozanat holati deb atalib tashki ta‘sir yo‘qligida istagancha mavjud bo‘lishi mumkin.

Yarimo‘tkazgichda yutilayotgan optik nurlanish kvant energiyasi taqiqlangan zona kengligiga teng yoki katta bo‘lgan shart bajarilganda “elektron -kovaklar” juftligini FZS sohasiga etib borgan asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar diffuzion uzunligiga teng bo‘lgan tashuvchilar hisoblanadi. Diffuzion uzunlikka qaraganda o‘tish chegarasidan katta bo‘lmagan masofada p va n – sohalarida generatsiyalanadigan asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar rekombinatsiya oqibatida FZS ga tushmaydi. Bu holatda zaryadlarning ajralishi p – n o‘tishining o‘rnatilgan elektr maydoni sabab amalga oshiriladi. Shunday qilib p – n o‘tishli yarimo‘tkazgich strukturalarda yorug‘likning yutilishi foto-EYUK ni yuzaga kelishiga va tashqi zanjir mavjudligida esa bu zanjirda tok hosil bo‘lishiga olib keladi.

Yuzaga keluvchi fototok nurlanish yutilishi natijasida generatsiyalangan elektron–kovaklar miqdoriga to‘g‘ri proporsionaldir, o‘z navbatida moddada yutilgan nurlanish kvantlari miqdoriga ham proporsional hisoblanadi. Gamogen p – n o‘tishini qarab chiqsak, p va n – sohalarini qalinliklari mos ravishda L_n – (p – sohada elektron diffuzion uzunligi) va L_p (n – sohada kovaklarning diffuzion uzunligi) bo‘ladi,

shuningdek yuza rekombinatsiyasi va orqa kontaktdan optik nurlanish hisobiga generatsiyalangan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning ko'pchiligi p – n o'tish maydoni tomonidan ajratiladi. Bunda fototok zichligi

$$J_{ph} = 2e \int_{\nu_{cheg}}^{\infty} \frac{\eta_{ph} P_{yutil}(\nu)}{h\nu} d\nu \quad (3.11)$$

bu yerda $R_{yutil} = A \cdot R_{tush} = R_{tush} (1 - R) (1 - e^{-\alpha(L_n + L_p)})$ – yutilgan nurlanish quvvati.

Absolyut qora jism uchun Quyosh nurlanishining spektral zichligi Plank formulasi bo'ysunadi deb hisoblasak,

$$\epsilon_{\nu T} = \frac{2\pi\nu^2}{S^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (3.12)$$

bu yerda k – Bolsman doimiysi, T – termodinamik (absolyut) harorat. Unda

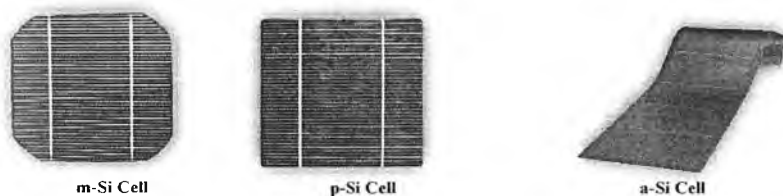
$$J_{ph} = \frac{\varphi\pi R_c^2 A}{\varphi\pi R_0^2} 2e \int_{\nu_{cheg}}^{\infty} \frac{\eta_{ph} \cdot \epsilon_{\nu T}}{h\nu} d\nu = \frac{\varphi\pi e R_c^2 \eta_{ph} A}{R_0^2 c^2} \int_{\nu_{cheg}}^{\infty} \frac{\nu^2}{e^{\frac{h\nu-1}{kT}}} d\nu \quad (3.13)$$

bu erda R_0 - Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa; R_c - Quyoshning radiusi; $\nu_{cheg} = \frac{Eg}{h}$ - yutilish spektrining qizil chegarasi; A – QE da yutilish koeffitsienti.

3.5. Quyosh elementining xarakteristikalari va parametrlari

Quyosh elementlari (angl. **Solar cell**)- quyosh optik nurlanishini to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartiruvchi yarimo'tkazgichli materiallar hisoblanadi. Quyosh elementlari doiraviy, psevdokvadrat, kvadrat yoki to'g'ri to'rtburchakli shaklda bo'ladi. Psevdokvadrat quyosh elementining standart o'lchamlari: $100 \times 100 \text{ mm}^2$, $125 \times 125 \text{ mm}^2$, $156 \times 156 \text{ mm}^2$, $210 \times 210 \text{ mm}^2$ bo'ladi.

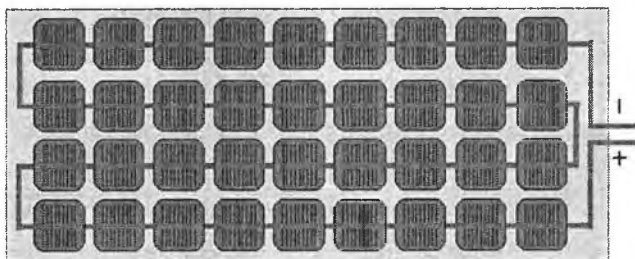
Dunyoda ishlab chiqarilayotgan quyosh batareyalarining 92% dan ortig'i kremniy asosidagi yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Kremniy quyosh elementi strukturaviy tarkibiga ko'ra kristall va amorf kremniylarga bo'linadi. Kristall kremniy o'z navbatida mono va polikristall kremniylarga bo'linadi (3.12-rasm).



3.12-rasm. Kremniy quyosh elementining turlari

m-Si Cell –monokristall kremniy; p-Si Cell-polikristall kremniy;
a-Si Cell-amorf kremniy

Quyosh fotoelektrik batareyalari ketma-ket yoki parallel ulangan QE dan tashkil topadi. Standart holda individual foydalanish uchun mo'ljallangan quyosh batareyalarini 36 ta ketma-ket yoki 72 ta aralash holda ulangan QE hosil qiladi (3.13-rasm).



3.13-rasm. Standart 36 ta QE dan tashkil topgan fotoelektrik batareya

QE yorug'likni yig'ish intensivligiga, kimyoviy tarkibi, qalinligi, qatlamlarning kristallik strukturasi, bitta taglikda birlashtirilgan elementlar miqdoriga ko'ra sinflanadi. Qe kristallik tarkibiga ko'ra monokristall, multikristall, polikristall, mikrokristall va nanokristallarga bo'linadi. Monokristall QE yarimo'tkazgich kristall ko'rinishida yutuvchi QE dan tashkil topadi. Multi-, poli-, mikro- va nanokristallik QE o'lchamlari, strukturasi, har xil orientatsiyasiga ko'ra yarimo'tkazgichli kristall yutuvchi modda aralashmasi sifatiga ega, ularning o'lchamlari QE turlarini aniqlaydi. Masalan, o'lchamlari 1 dan 100 mm gacha – multikristall, 1 dan 1000 mkm- polikristall, 1 mkmdan kichik bo'lsa – mikrokristall, 1 nm dan- kichik bo'lsa nanokristall deb nomlanadi.

QE yutuvchi material tarkibiga ko'ra kremniyli, $A^{III}B^V$ asosidagi yarimo'tkazgichlar, $A^{II}B^{VI}$ asosidagi yarimo'tkazgichlar, $A^I B^{III} C^{VI}_2$ asosidagi yarimo'tkazgich va aralash turlarga bo'linadi. Qoidaga muvofiq, konstruksiyasining qulayligi va QE FIK oshirish uchun uning qatlamlarining birida yorug'lik yutilishini ta'minlash lozim. Bu yutuvchi qatlam (yutuvchi) deb nomlanadi. Ikkinchi yarimo'tkazgich yorug'lik bilan generatsiya qilingan zaryad tashuvchilarni yig'ish va potensial to'siqni yaratish uchun xizmat qiladi.

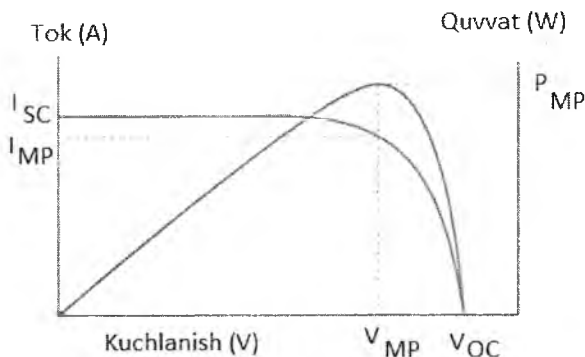
QE yorug'lik yutuvchi material qalinligiga ko'ra yupqa plenkali (bir necha mkm) va qalin plenkali (o'n va yuz mkm) turlarga bo'linadi. Yorug'likni yig'ish intensivligiga ko'ra QE birlik va konsentratimli turlarga bo'linadi. Birlik QE faqat egallab turgan yuzaga tushayotgan Quyosh nurlanishi oqim zichligi uchun mo'ljallangan bo'lib yorug'lik yig'ish uchun hech qanday maxsus jihozlar bilan ta'minlanmaydi. Konsentratimli QE yorug'lik oqim zichligini element yuzasida bir necha marta oshirishga imkon beradigan konsentratsiyalovchi qurilmalar (linzalar yoki ko'zgulalar) bilan ta'minlanadi. Qoidaga muvofiq, konsentratimli QE yorug'likni yuqori fotoelektrik o'zgartirish ko'rsatkichlariga ega qimmat yorug'lik yutuvchan materiallardan

tayyorlanadi. Bunday QE belgilanishida Quyoshlarda (Suns) o'lchanadigan yorug'lik yig'ish koeffitsientlari ko'rsatiladi.

QE volt-amper xarakteristikasi QE chiqish tokining kuchlanishga bog'liqligini ko'rsatadi (3.14-rasm). VAX o'zgarishi QE tushayotgan yorug'lik oqimi kattaligi va spektral tarkibiga bog'liq.

QE va FEB ning asosiy parametrlariga quyidagi kattaliklar kiradi: salt yurish kuchlanishi ($U_{s,yu.}$), qisqa tutashuv toki ($I_{q,t}$), pik (maksimal) quvvati (P_{pik}), nominal quvvat (P_n), foydali ish koeffitsienti (η), maksimal quvvatdagi tok ($I_{pmax.}$), maksimal quvvatdagi kuchlanish ($U_{Pmax.}$), volt-amper xarakteristikasini to'ldirish koeffitsienti (FF), qisqa tutashuv toki zichligi ($J_{q,t}$). Fotoelektrik batareyalarning xarakteristikalariga esa spektral xarakteristika, volt-amper va volt-vatt xarakteristikasi kiradi.

QE asosiy xarakteristikasi hisoblangan volt-amper xarakteristika (VAX), volt-vatt xarakteristika (VVX) va spektral sezgirlik yarimo'tkazgich materiallarning optik va elektrofizik xususiyatlariga bog'liqdir. Quyosh elementlarining VAX, VVX xarakteristikasini o'lchash uchun quyidagi sxemalardan foydalanildi (3.15- rasm).



3.14-rasm. QE volt-amper va volt-vatt xarakteristikalari

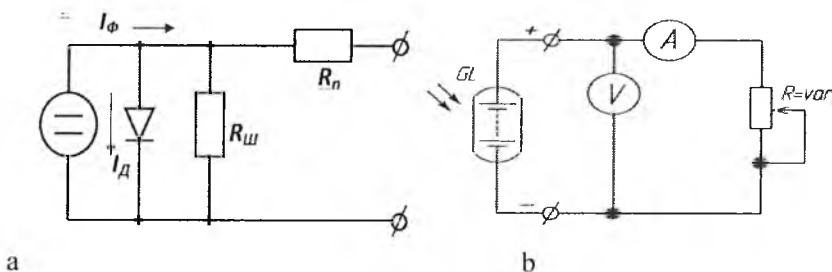
Quyosh elementlarining VAX p-n o'tishli yarimo'tkazgichli diodning VAX dan yangi I_f hadning paydo bo'lishi bilan farq qiladi. I_f – optik nurlanish ta'sirida Quyosh elementida generatsiya bo'lgan tokdir. Agar I_d

– diod orqali oqayotgan tok va I – tashqi yuklanma orqali oqayotgan tok bo'lsa, u holda,

$$I_f = I_d + I \quad (3.14)$$

$$I_d = I_0 + \left(\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (3.15)$$

diodning qorong'ilikdagi xarakteristikasi, I_0 – p-n o'tishning teskari yo'nalishdagi to'yinish toki, q – elektron zaryadi, T – absolyut harorat, k – Bolsman doimiyligi, U – kuchlanish.



3.15-rasm. Quyosh elementlarining ekvivalent (a) va o'lchash (b) sxemalari

Quyosh elementining birlik yuzasidan olinayotgan quvvat P ni quyidagi tenglamadan baholash mumkin.

$$P = (I_n U_n) = FF I_{q.t.} U_{s.yu.} \quad (3.16)$$

bu yerda, FF – volt-ampere xarakteristikaning to'ldirish koeffitsienti, ya'ni VAX shaklining to'g'ri turtburchakka qay darajada yaqinligini ko'rsatadi. To'ldirish koeffitsienti hozirgi zamon QE larida (kremniy va galliy arsenidi asosidagi elementlarda) 0,8 va undan kattadir. Shuningdek volt-ampere xarakteristikaning to'ldirish koeffitsienti Quyosh elementi ishlab chiqarayotgan quvvatning qancha qismi yuklanmada foydalanishi mumkinligini ko'rsatuvchi koeffitsient hisoblanadi, uning qiymati esa

Quyosh elementining ish rejimini tanlash orqali aniqlanadi:

$$FF = \frac{I_n U_n}{I_{q.t.} U_{s.yu.}} \quad (3.17)$$

($U_{s.yu.}$) salt yurish kuchlanishi – QE QN bilan yoritilganda uning ochiq kontaktlarida yuzaga keladigan maksimal kuchlanish hisoblanadi. Bunda $I_{q.t.}$ nolga teng bo'ladi.

($I_{q.t.}$) qisqa tutashuv toki – QE kontaktlarining qisqa tutashuvida yuzaga keladigan maksimal tok hisoblanadi. Bunda $U_{s.yu.}$ nolga teng bo'ladi.

QE ning spektral xarakteristikasi. Kvant samaradorligi kattaligining (aniq to'lqin uzunligi sohasida QE monoxromatik yorug'lik nuri bilan yoritilgandagi samaradorligi qiymati) unga tushayotgan QN to'lqin uzunligiga bog'liqligini tavsiflovchi xarakteristika hisoblanadi. Spektral xarakteristikani o'lchashda aniq standart o'lchov sharoitlariga rioya qilish zarur.

QE muhim parametrlaridan biri uning FIK hisoblanadi va u QN elektr energiyasiga o'zgartirish samaradorligini aniqlaydi. QE FIK unga tushayotgan QN qancha qismini (foiz hisobida) elektr energiyasiga o'zgartirish mumkinligini ko'rsatadi. QE FIK yuza maydonining faol qismi bo'yicha ($\eta_{faol} - 1,25$) va umumiy yuza maydoni ($\eta_{um.} - 1,26$) bo'yicha farqlanadi.

$$\eta_{faol} = \frac{P_n}{E \cdot S_{faol}} \quad (3.18)$$

$$\eta_{um.} = \frac{P_n}{E \cdot S_{um.}} \quad (3.19)$$

QE qisqa tutashuv toki zichligi $J_{q.t.}$ uning qisqa tutashuv toki qiymatining yuza maydoniga nisbati bilan aniqlanadi.

$$J_{q.t.} = \frac{I_{q.t.}}{S} \quad (3.20)$$

Bu yerda QE to'g'ri to'rtburchak, kvadrat shaklida bo'lsa umumiy maydon $S=ab$ ifodadan topiladi, a - bo'yi, b -eni sm^2 aniqlanadi.

Quyosh elementi va fotoelektrik batareyaning foydali ish koefitsientini (F.I.K.) aniqlash uchun tushayotgan optik nurlanish energiyasining miqdorini va element yoki batareya ishlab chiqargan elektr energiyasining miqdorini bilish zarur. F.I.K.ni aniqlash uchun quyida keltirilgan masalalarni echish kerak bo'ladi.

1. Quyosh nurlanishi atmosfera holatiga va uning vaqt davomida tez o'zgarishiga olib kelganligi uchun, uning spektral tarkibini va quvvatini aniq o'lchash kerak .
2. Birinchi punktni hisobga olgan holda aniq quyosh xarakteristikasini qaytara oladigan imitatorlar (quyoshdan tarqalayotgan optik nurlariga o'xshash nurlar paydo qila oladigan qurilmalar) yasash ilmiy texnik muammo bo'lib, haligacha to'liq echilmagan.
3. Imitatorlarda taqqoslash uchun ishlatiladigan parametrlari vaqt davomida stabil o'zgarmaydigan kerakli spektral sezgirlikka va diapazonga ega bo'lgan QE ishlab chiqish uchun materialning optik va elektrofizik xususiyatlarini hisobga olgan holda tanlash lozim.
4. Quyosh elementlari va batareyalarining elektr parametrlarini o'lchash davomida o'lchov asboblarning ketma-ketlik qarshiligining ta'sirini hisobga olish zarur.

Xulosa qilib aytganda, quyosh elementlari va batareyalarining F.I.K.ni aniqlash bu murakkab kompleks masala bo'lib, uni alohida o'rganish lozim bo'ladi.

3.6. Quyosh elementlari va modullarni ketma-ket va parallel ulash

Quyosh fotoelektrik batareyalari ketma-ket yoki parallel ulangan quyosh elementlaridan (fotoelektrik plastinalar) tashkil topgan. Ketma – ket ulash natijasida fotoelektrik plastina (yacheyka) tezda birlashadi va asosan chiqish kuchlanishi sezilarli darajada oshadi. Tok kuchi esa butun zanjir bo'ylab bir xil bo'ladi (3.16-rasm).

$$U_{um.} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + \dots + U_n \quad (3.21)$$

$$I_{um.} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_n \quad (3.22)$$

Quyosh fotoelektrik batareyasining pik quvvati quyidagi ifodadan topiladi.

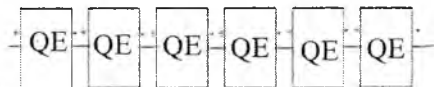
$$P_{pik} = U_{um.} * I_{um.} \quad (3.23)$$

Quyosh elementlarini (QE) ketma-ket yig'ishda barcha elementlar zanjir shaklida boradi va yig'ilgan qo'shni elementlar qarama-qarshi ishorada boradi (3.17-rasm).



3.16-rasm. Quyosh elementlarini ketma-ket va parallel ulash uchun tajriba stendi

Dastlab tajriba stendi quyosh nurlari bilan yoki sun'iy quyosh imitatorida yoritiladi. Bitta quyosh elementi tanlab olinib uning parametrlari (salt yurish kuchlanishi $U_{c,yu.}$, qisqa tutashuv toki $I_{q,t}$, pik quvvati R_{pik}) va yoritilganlik quyosh nurlanishi oqim zichligi aniqlanadi.

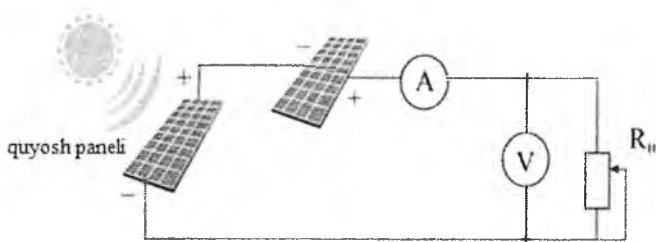


3.17-rasm. Quyosh elementlarini ketma-ket ulash

Masalan: 22V salt yurish kuchlanish olish uchun har bittasining chiqish quvvati 0,58 V yoki 0,6 V quyosh elementlaridan 36 ta donasi etarli bo'ladi. Agar bitta plastinadagi tok kuchi maksimal qiymatga ega

bo'lsa, butun zanjirdagi tok kuchiga ekvivalent bo'ladi yoki plastinalarda kombinatsiya bo'lib aylanadi. Quyosh elementlarini (QE) ketma-ket yig'ishda barcha elementlar zanjir shaklida boradi va yig'ilgan qo'shni elementlar qarama-qarshi ishorada boradi (3.17-rasm).

Bunda ketma-ket yoki parallel ulanganda ideal holatdagi bitta plastinadagi maksimal quvvat, har bir plastinalarga ekvivalent bo'lib o'tadi, plastinalar miqdori qancha bo'lishidan qat'iy nazar barchasini maksimal o'ziga teng quvvat bilan taminlaydi. Boshqacha aytganda, barcha o'zaro payvandlab ulangan joylardan I_{mak} va U_{chiq} ekvivalentning o'tishi tufayli (P_{mak}) maksimal quvvat hosil bo'ladi. Haqiqatdan ham, shunday ko'rinishda quyosh batareyalaridan quvvat olinadi, moduldagi quvvat miqdori yo'qotilganda quvvat summasi ham kamroq bo'ladi. Bir xil tipdagi modullarni boshqa turdagi modullar bilan xarakterlaymiz. Shuning uchun quyosh batareyalarida modullarni sinchiklab tanlash muhim, negaki parametrlari past modul quvvat yo'qolishini kamaytirishga olib keladi.



3.18-rasm. Ketma-ket ulangan quyosh fotoelektrik batareyalarning yig'ish sxemasi

Parallel va ketma – ket ulash natijasida fotoelektrik plastina (yacheyka) tezda birlashadi va chiqish quvvati sezilarli darajada oshadi. Agar bir qancha fotoelement (yoki bir qancha quyosh elementlari parallel) ulansa ularda chiqish kuchlanishi o'zgarmaydi, aksincha tok kuchi ortadi. Yaxlit panelda quyosh batareyasining quvvati 400 Vt gacha bo'lishi mumkin.

$$U_{\text{um.}} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5 = \dots = U_n \quad (3.24)$$

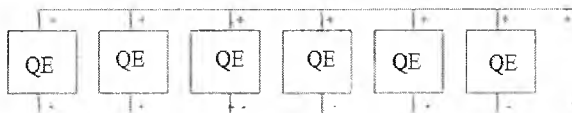
$$I_{um.} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + \dots + I_n \quad (3.25)$$

Quyosh fotoelektrik batareyasining pik quvvati quyidagi ifodadan topiladi.

$$P_{pik} = U_{um.} * I_{um.} \quad (3.26)$$

Quyosh elementi va quyosh batareyasining foydali ish koeffitsientini (F.I.K.) aniqlash uchun tushayotgan optik nurlanish energiyasining miqdorini va element yoki batareya ishlab chiqargan elektr energiyasining miqdorini bilish zarur.

Daslab tajriba stendi quyosh nurlari bilan yoki sun'iy quyosh imitatorida yoritiladi. Bitta quyosh elementi tanlab olinib uning parametrlari (salt yurish kuchlanishi $U_{s,yu.}$, qisqa tutashuv toki I_{qt} , pik quvvati R_{pik}), yoritilganlik – lyuksmetr yordamida aniqlanadi. Tajriba tabiiy ochiq havoda olib borilsa quyosh nurlanishi oqim zichligini aktinometr yoki etalon quyosh elementlari yordamida aniqlash mumkin. Masalan: 22 V salt yurish kuchlanishi va 8 A qisqa tutashuv tokiga ega quyosh batareyalaridan 4 tasi parallel ulansa, 22 V kuchlanish o'zgarishsiz qoladi, tok kuchi esa 32 A ni tashkil etadi. Fotoelektrik qurilmaning bo'tlovchi jihozlari sifatida 40A, 24 V parametrlarga ega zaryad-razryad kontrolleri, 12 V, 200 Asoat elektr sig'imga ega akkumulyator tanlanadi. Agar bir qancha fotoelement parallel ulansa butun yig'ilgan zanjirda chiqish tok kuchi kattalashadi. Agar bitta plastinadagi tok kuchi maksimal kiymatga ega bo'lsa, butun zanjirdagi tok kuchiga ekvivalent buladi yoki plastinalarda kombinatsiya bo'lib aylanadi. Haqiqatdan ham, shunday ko'rinishda quyosh batareyalaridan quvvat olinadi, moduldagi quvvat miqdori yo'qotilganda quvvat summasi ham kamroq bo'ladi. Bir xil tipdagi modullarni boshqa turdagi modullar bilan xarakterlaymiz. Shuning uchun quyosh batareyalarida modullarni sinchiklab tanlash muhim, negaki parametrlari past modul quvvat yo'qolishini kamaytirishga olib keladi. Parallel yig'ishda barcha elementlar parallel yig'iladi, bir xil tipdagi yo'l hosil qiladi.



3.19-rasm. Quyosh elementlarini parallel yig‘ish

3.7. Quyosh elementining foydali ish ko‘ffitsientiga harorat, yoritilganlik darajasi, ketma-ketlik va parallellik qarshiliklarining ta‘siri

FEB harorati – umuman olganda FEB elektrik parametrlari va samaradorligini aniqlovchi asosiy omillardan biridir. QE haroratning ko‘tarilishi ularning taqiqlangan zona kengligining ortishiga va shu jumladan uzun to‘lqinli sohada fotojavob spektrining kengayishi hisobiga fototokning bir oz ortishiga olib keladi. Ammo, harorat ko‘tarilganda fototokning ortishi salt yurish kuchlanishi va VAX to‘ldirish ko‘ffitsientining kamayishini kompensatsiya qilmaydi, natijada to‘yinish tokining eksponensial ortishi FIK sezilarli kamayishiga olib keladi. Harorat ko‘tarilishi bilan yarimo‘tkazgichlarning taqiqlangan zona kengligi kamayadi, yutish chegaralari kichik energiya sohasiga siljiydi. Kremniy va arsenid galliy QE uchun $E_g(T)$ monoton bo‘lib quyidagi ifoda yordamida approksimatsiyalanadi:

$$E_g^{Si}(T) = E_g - \frac{4.73 \cdot 10^{-4} T^2}{T+636} \text{ eV} \quad (3.27)$$

$$E_g^{GaAr}(T) = E_g - \frac{5.405 \cdot 10^{-4} T^2}{T+204} \text{ eV} \quad (3.28)$$

Bu yerda T- QE harorati.

Shuningdek, nol yoritilganlik darajasida QE salt yurish kuchlanishi nolga teng bo'lmaydi. Kremniyli QE uchun uning qiymati standart 25 °C haroratda quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{xx} = \frac{1}{2} \left(\frac{E_g}{q_e} - \frac{3kT}{2q_e} \right) \approx 0,53 V \quad (3.29)$$

Asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar yuq bo'lgan sharoitda, ya'ni yoritish bo'lmaganda n-turdan p-turga yarimo'tkazgichning o'tish chegarasida potensial to'siqning shakllanish nazariyasi bilan tasdiqlanadi.

Salt yurish kuchlanishi harorat o'zgariganda qo'yidagi ifodadan topiladi:

$$U_{s,yu}(T) = U_{s,yu0} + \beta(T_0 - T) \quad (3.30)$$

bu yerda, $U_{s,yu0}$ – standart haroratda salt yurish kuchlanishi; β – kuchlanish bo'yicha harorat koeffitsienti mV/°C; $T_0 = +25$ °C.

Ba'zi ilmiy adabiyotlarda kuchlanish bo'yicha harorat koeffitsienti QE harorati 25 °C dan har bir gradusga ko'tarilganda chiziqli ravishda - 2,3 mV °C⁻¹ ga kamayishi yozilgan.

$$\frac{\partial U_{xx}}{\partial T} \approx -2,3 mV \text{ } ^\circ C^{-1} \quad (3.31)$$

Tokning qiymati har xil haroratlarda va yoritilganlikda qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$I_{o,n} = I_{q.t.} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) - \alpha \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right) (T_0 - T) \quad (3.32)$$

bu erda $I_{o,n}$ -har xil haroratlarda optimal nuqtada tokning qiymati, A; $I_{q.t.} \left(\frac{E_{FEB}}{E_0} \right)$ – yoritilganlikka bog'liq holda qisqa tutashuv tokining o'zgarishi; E_0 – standart sharoitda yoritilganlik qiymati $E_0 = 1000 \frac{Vt}{m^2}$;

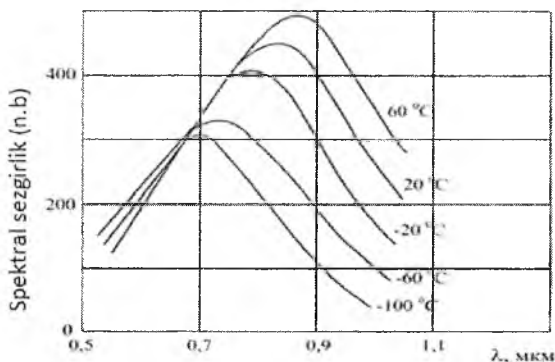
E_{FEB} – FEB yuzasiga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligining kunduz vaqtidagi o‘rtacha oylik qiymati kW/m^2 ; α – tok bo‘yicha harorat koeffitsienti $\text{mKA}^{\circ}\text{C}$.

Teskari to‘yinish toki I_0 haroratga bog‘liq holda qo‘yidagi ko‘rinishga ega:

$$I_0 = I_{0,n} \exp\left(-\frac{qU_{s,yu,t}}{A_k k(t+273)}\right) \quad (3.33)$$

bu yerda A_k -diod koeffitsienti.

FIK haroratga bog‘liq holda, ayniqsa ishchi haroratning keng interval oraliqlarida QE kosmosda va issiq iqlim sharoitida Yerda ekspluatatsiya vaqtida salbiy o‘zgarishi katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, kremniyli QE uzun to‘lqinli spektr sohasida spektral sezgirligining keskin kamayishi, (qisqa to‘lqinli qismida bir qancha o‘sishiga) ular haroratining kamayishi kuzatiladi.

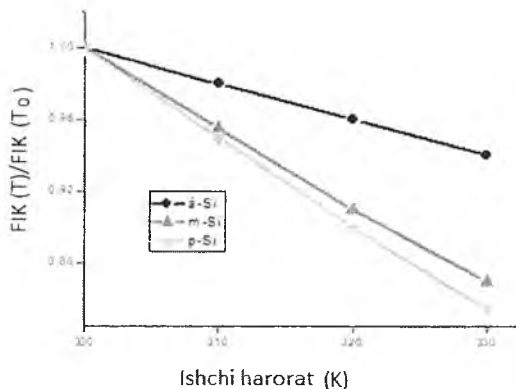


3.20-rasm. Kremniyli QE spektral sezgirligining haroratga bog‘liqligi

QE har xil turlarining haroratga bog‘liqlik xarakteristikalari har xil bog‘liqlikga ega. Amorf kremniyli QE parametrlari kristall kremniyli QE ga nisbatan harorat ta‘sirida kamroq degradatsiyalanadi (3.21-rasm). Masalan, kosmos uchun mo‘ljallangan arsenid-galliy QE yuqori

haroratlarda ($\sim 150^{\circ}\text{C}$) ham o'zining samaradorligini saqlab qoladi, shuningdek u radiatsion barqaror element hisoblanadi.

Yupqa qatlamli kadmiy-sulfid QE 100°C gacha o'zining yuqori samaradorligini saqlab qoladi.



3.21-rasm. Har xil turdagi QE elektrik samaradorligining ishchi haroratga bog'liqligi

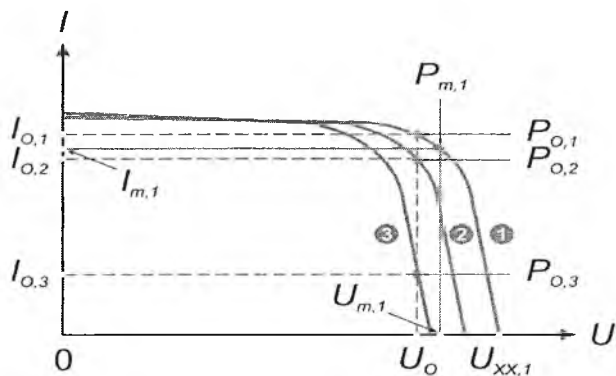
Belgilanishi: $\eta(T)/\eta(T_0)$ - Ma'lum haroratdagi FEB elektrik samaradorligining standart sharoitda FEB samaradorligiga nisbati; β_0 -QE tayyorlangan materialning harorat koeffitsienti; m-Si, p-Si, a-Si – mos ravishda monokristall, polikristall, amorf kremniy QE belgilanishi. (odatda $T_0 = 25^{\circ}\text{C}$, $\eta_0 \approx 0,12$, $\beta_0 \approx 0.0045^{\circ}\text{C}^{-1}$, $E = 1000 \text{ W/m}^2$)

Markaziy Osiyo keskin kontinental iqlim sharoiti, xususan O'zbekistonda yilning issiq mavsumlarida (may-sentyabr) atrof muhit haroratining yuqori ko'rsatkichlari $45-50^{\circ}\text{C}$ FEB ning ekspluatatsiya vaqtidagi parametrlarini (salt yurish kuchlanishi, quvvat, FIK) kamayishiga olib keladi, bu o'z navbatida FEB QE "o'ta qizishi" bilan asoslanadi.

"O'ta qizish" – standart test sinovi (STC) sharoitlarida FEB pasport ma'lumotlaridagi texnik ko'rsatkichlarning mos emasligini ko'rsatadi. Salt yurish kuchlanishi kattaligining kamayishi bilan akkumulyasiya tizimida AB zaryadlash jarayoni sezilarli kamayadi.

FEB pasport ma'lumotlarida kuchlanish va tok bo'yicha harorat koeffitsientlari ko'rsatib o'tiladi, odatda ishchi harorat +10-+80 °C oralig'i ko'rsatiladi. Ammo issiq iqlim sharoitlarida harorat ko'tarilishi natijasida FEB ning samaradorligi kamayib pasport ko'rsatkichlari 50% dan kamayib ketadi. Shunday qilib O'zbekistonning ayrim mintaqalarida 36 ta QE dan tayyorlangan FEB yilning yoz mavsumlarida parametrlari pasayganligi sababli samarali ishlay olmaydi.

Har xil atrof muhit haroratlarida FEB joylashgan QE haroratlarini o'lchash ishlari bo'yicha tadqiqotlar olib borilgan.



3.22-rasm. Har xil haroratlarda kremniyli QE asosidagi FEB ning yuklanmadagi volt-ampere xarakteristikasi

1-atrof muhit harorati 15 °C da (elementning orqa tomonidagi harorat 37 °C); 2- 30 °C (54 °C); 3- 45 °C (71 °C).

Masalan, Toshkent shahrida iyul-avgust oylarida (soyadagi atrof muhit harorati 45-48 °C) bo'lganda, shamol tezligi 1-3 m/s da FEB harorati 72 °C dan oshgan. Bu esa real sharoitda FEB salt yurish kuchlanishining 21,5 V (pasport ko'rsatkichi) dan 16,4-16,5 V ga kamayganligi aniqlangan (3.22-rasm). Bu tadqiqotlar asosida FEB ning yangi konstruksiyasi ishlab chiqildi. Respublika hududlari uchun FEB tayyorlashda ularning iqlim sharoitlari (meteofaktorlarni nazarda tutib) hisobga olindi. Janubiy hududlar uchun (Qashqadaryo, Surxondaryo viloyatlari) FEB konstruksiyasida QE soni 42 taga, qolgan hududlar uchun 40 ga etkazildi.

Shu sababli 40 yoki undan ko‘p QE dan tashkil topgan standart bo‘lmagan FEB (NOST) talablarini to‘liq qanoatlantiradi.

Standart sharoitdan farqlanuvchi QE yoki FEB elektrik parametrlarini haroratga bog‘liqligi QE materialiga bog‘liq holda empirik munosabatlardan aniqlanadi. Monokristall kremniyli QE asosiy parametrlarining haroratga bog‘liqligini qo‘yidagi ko‘rinishga ega:

$$\left. \begin{aligned} U_{xx}(t) &= U_{xx}(25^{\circ}C) [1 - a(t - 25^{\circ}C)] \\ I_{e,\varphi}(t) &= I_{e,\varphi}(25^{\circ}C) [1 + b(t - 25^{\circ}C)] \\ P_{max}(t) &= P_{max}(25^{\circ}C) [1 - c(t - 25^{\circ}C)] \end{aligned} \right\} \quad (3.34)$$

bu yerda $a = (3,7 \cdot 10^{-3})^{\circ}C^{-1}$; $b = (6,4 \cdot 10^{-4})^{\circ}C^{-1}$; $c = (4 \cdot 10^{-3})^{\circ}C^{-1}$

SPP1.1 turli FEB (Germaniya) ishchi energetik xarakteristikalariga harorat ta‘sirini baholash bo‘yicha tadqiqot natijalari 3.1-jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

Energetik parametr	Harorat, t °C		
	0	+25	+60
Salt yurish kuchlanishi $U_{s,yu}$, V	22,4	20,5	17,8
Qisqa tutashuv toki I_{qt} , A	2,93	2,98	3,05
FEB maksimal quvvat nuqtasidagi tok, A	2,71	2,76	2,83
FEB maksimal quvvati, Vt	50,8	45	37,8

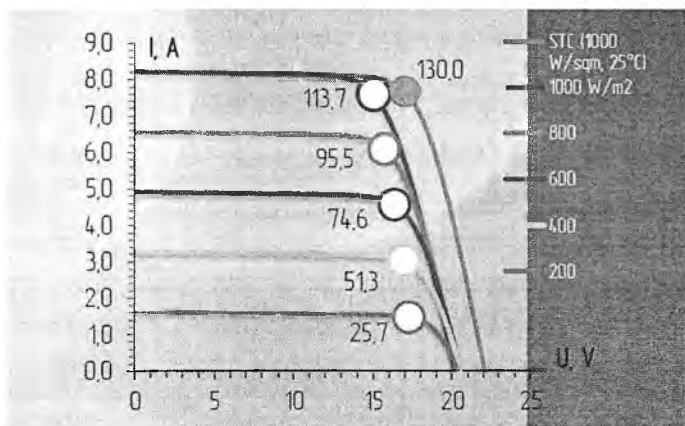
Ayrim adabiyotlarda haroratga bog‘liq ravishda QE FIK ni aniqlash uchun tenglamalar keltiriladi. QE FIK haroratga bog‘liqligi chiziqli xarakterga ega bo‘lib quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\eta = \eta_0 + \alpha_T (t - t_0); \quad (3.35)$$

Bu yerda t – QE ekspluatatsiya vaqtidagi harorati, $^{\circ}\text{C}$; α_T - QE konstruksiyasi, turiga bog‘liq holda FIK harorat koeffitsienti, $(^{\circ}\text{C})^{-1}$; η_0 – STC sharoitida QE FIK.

Yuqorida qayd etilgan ma‘lumotlar asosida fotoelektrik stansiyalar loyihalashtirilganda hisob ishlarida albatta hisobga olish zarur.

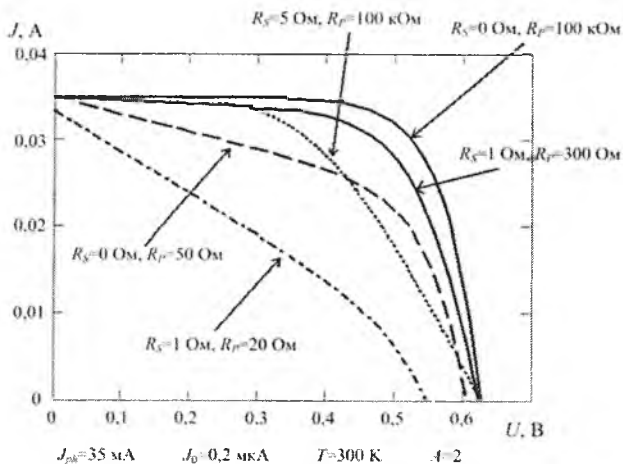
Olimlarning tadqiqotlariga ko‘ra, chang konsentratsiyasining yuqori ko‘rsatgichi quyosh fotoelektrik modulining va boshqa gelioqurilmalarining samaradorligiga salbiy ta‘sir qilib u qurilmaning FIK ni 40-50 % gacha kamaytirishi mumkin.



3.23-rasm. Quvvati 130 Vt monokristall turdagi fotoelektrik modulning yoritilganlikka bog‘liqlik VAX.

Quyosh fotoelektrik panelining quvvati yoritilganlikka to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi. Ma‘lum aniq yoritilganlikda, ya‘ni juda past qiymatlarda quyosh fotoelektrik moduli elektr energiya berishni to‘xtatadi. Yoritilganlik kristall turiga, ya‘ni kremniy fotoelektrik modullari uchun taxminan $150 - 200 \text{ W}/\text{m}^2$ ni, amorf kremniyli modullar uchun $100 \text{ W}/\text{m}^2$ atrofida bo‘ladi (3.23-rasm).

Shuningdek FIK ga ketma-ketlik R_s va parallellik qarshiliklarining R_p ham ta'siri mavjud. 3.24-rasmda R_s va R_p ning har xil qiymatlari orqali hosil qilingan bir qancha VAX keltirilgan.



3.24-rasm. Ketma-ketlik (R_s) va parallellik qarshiliklarining (R_p) QE VAX ga ta'siri

Rasmdan ko'rinib turibdiki, yuqori samarali QE olish uchun ketma-ketlik qarshiligi R_s ni kamaytirish va parallellik qarshiligi R_p ni oshirish lozim. Ketma ketlik qarshiligi R_s elementning har bir p- va n- sohalari qarshiliklari, kontakt qatlamlar qarshiligi, metall-yarimo'tkazgich o'tish qarshiliklaridan iborat, parallellik qarshiligi esa p-n o'tishga parallel mumkin bo'lgan sirqish toklari kanallarini aks ettiradi. Shu nuqta'i nazardan QE VAX ni aniqlash usullarini rivojlantirish zarurdir.

3.8. Yarimo'tkazgichli Quyosh elementlari yordamida Quyosh optik nurlanishini elektr energiyasiga o'zgartirish

Fotoelektrik effektga asoslangan YAO' materiallarda p-n o'tishli tuzilmalardan iborat QE da, ularga tushayotgan quyosh nuri bevosita elektr energiyasiga aylantiradi. Shuning uchun, QE fotoqabullagich va fotoqarshiliklardan farqli ravishda tashqi kuchlanish manbaiga muhtoj emas. Bu effekt yuz yildan ortiq vaqt davomida selen va mis oksidining fotoelektrik xususiyatlari sifatida o'rganib kelingan, ammo ularning FIK 0,5 % dan oshmagan.

Bu muammoning nisbatan faol echilishi YAO' materiallar elektron tuzilishining soha nazariyasi yaratilganidan keyin, materiallarni kirishmalardan tozalash va nazoratli kirishmalar kiritish texnologiyasi, hamda r-p o'tishning nazariyasi yaratilishi bilan bog'liqdir.

So'nggi 35 yil davomida energiya manbai sifatida yuqori samarali Si, GaAs, InP, CdTe va ularning qattiq qotishmalari asosida FIK 20-24 % bo'lgan QE yaratildi. Kaskadli QE larda esa FIK 30 % gacha etkazildi.

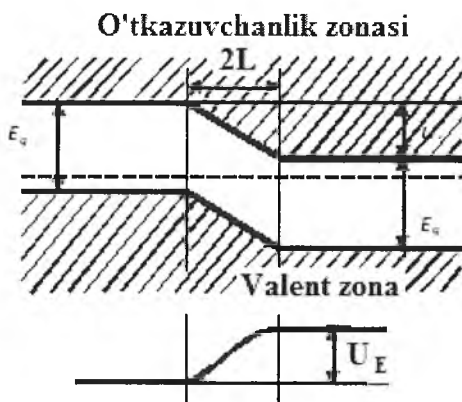
Quyosh elementlari konstruksiyalari

Keng tarqalgan kremniy asosidagi QE lari konstruksiyasi qarama-qarshi tipdagi p- va n-materialning bir-biriga yaqin tutashtirishdan hosil qilinadi. YAO' material ichidagi p- va n-tip materiallar orasidagi o'tish sohasi (chegara xududi) elektron-teshik yoki p-n o'tish deyiladi. Termodinamik muvozanat holida elektron va teshiklar muvozanat holatini belgilovchi Fermi sathi materialda bir xil holda bo'lishi kerak. Bu shart p-n o'tish hududida ikkilangan zaryadli qatlam hosil qiladi va uni hajmiy zaryad qatlami deyilib, unga taaluqli elektrostatik potensial paydo bo'ladi.

p-n tizilma sirtiga tushgan optik nurlanish sirdan material ichiga qarab p-n o'tish yo'nalishiga perpendikulyar ravishda konsentratsiyasi kamayib boruvchi elektron-teshik juftliklar hosil qiladi. Agar sirt yuzasidan p-n o'tishgacha bo'lgan masofa nurning kirish chuqurligidan ($1/\alpha$ dan) kichik bo'lsa, elektron-teshik juftliklar n-p o'tishdan ichkarida ham hosil bo'ladi. Agar p-n o'tish juftlik hosil bo'lgan joydan diffuzion

uzunlikchalik masofa yoki undan kamroq masofada bo'lsa, zaryadlar diffuziya jarayoni natijasida p-n o'tishga etib kelib, elektr maydoni ta'sirida ajratilishi mumkin. Elektronlar p-n o'tishning elektron bor bo'lgan qismiga (p-qismiga), teshiklar p-qismiga o'tadi. Tashqi p- va n -sohalarni birlashtiruvchi elektrodlarda (kontaktlarda) potentsiallar ayirmasi hosil bo'lib, natijada ulangan yuklanma qarshiligi orqali elektr toki oqa boshlaydi.

p-n o'tishga diffuziyalangan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar, potensial to'siq bo'lganligi sababli, ikkiga ajratiladi. Ortiqcha hosil bo'lgan (to'siq yordamida ajratilgan) va to'plangan, n-sohadagi elektronlar va n-sohadagi teshiklar p-n o'tishdagi mavjud hajmiy zaryadni kompensatsiya qiladi, ya'ni mavjud bo'lgan elektr maydoniga qarama-qarshi elektr maydonini hosil qiladi. Yoritilish tufayli tashqi elektrodlarda potentsiallar ayirmasi hosil bo'lishi bilan birga yoritilmagan p-n o'tishdagi mavjud potensial to'siqning o'zgarishi ro'y beradi. Hosil bo'lgan foto-EYUK bor bo'lgan potensial to'siq qiymatini kamaytiradi. Bu esa o'z navbatida qarama-qarshi oqimlarning paydo oqimini, p-qismdan teshiklar oqimini hosil qiladi. Bu oqimlar bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni elektron qismdan elektronlar p-n o'tishga qo'yilgan elektr kuchlanishi ta'siri natijasida to'g'ri yunalishdagi tok bilan deyarli teng bo'ladi.



3.25-rasm. Yoritilmagan n-p o'tishli yarim o'tkazgichda energetik zonalar strukturasi (a) elektrostatik potensial taqsimoti (b) $2l$ – fazoviy zaryad sohasining kengligini, U_E – p- va n- sohalar chegarasidagi muvozanat hol uchun elektrostatik potensial, E_g – man qilingan soha kengligi, shtrixlangan chiziq – muvozanat holi uchun Fermi sathi.

Yoritilish jarayoni boshlangan vaqtdan boshlab ortiqcha (muvozanatdagiga nisbatan) zaryadlarning to'planishi (elektronlarning n-sohada va teshiklarning p-sohada) potensial to'siq balandligini kamaytiradi, yoki boshqacha qilib aytganda elektrostatik potensialni pasaytiradi (3.25-rasmga qarang). Bu esa o'z navbatida tashqi yuklanmadan oqayotgan tok kuchini oshiradi va qarama-qarshi oqimlar hosil qiluvchi elektronlar va teshiklar oqimini r-n o'tishdan o'tishini ta'minlaydi. Yorug'lik tufayli hosil bo'lgan ortiqcha juftliklar soni p-n o'tish yoki tashqi yuklanma orqali ketayotgan juftliklar soniga teng bo'lganda stasionar muvozanat hosil bo'ladi. Odatda bu hol yoritilish jarayonining mingdan bir soniyasi davomida ro'y beradi.

QE qisqa tutashuv toki $I_{q.t.}$ ni, tushayotgan optik nurlanish zichligi va spektral tarkibidan o'rganish element tuzilmasi ichida bo'layotgan alohida har bir nurlanish kvantining elektr energiyasiga aylanish jarayoni samaradorligi haqida tasavvur hosil imkoniyatini beradi. QE uchun ma'lum yorug'lik oqimi zichligi tushayotgan hol uchun quyidagi tenglamani keltirish mumkin.

$$I_{q.t.yut.}(\lambda) = I_{q.t.tush.}(\lambda) / [1 - R(\lambda)] \quad (3.36)$$

bu yerda $I_{q.t. yut.}(\lambda)$ va $I_{q.t.tush.}(\lambda)$ – QE qisqa tutashuv tokining qiymati, berilgan intensivlikdagi tushayotgan va yutilgan nurlanish uchun, $R(\lambda)$ - birlamchi qaytish koeffitsienti. Keltirilgan uchala kattaliklar xam bir xil to'liqin uzunligi bo'lgan hol uchun to'g'ridir.

QE ni tahlil qilish va sifatini baholash uchun uning I_{kz} tokining spektral xarakteristikasini yutilgan har bir kvant nur uchun hisoblangani o'ta muhimdir. Bu kattalikni quyosh elementining effektiv kvant chiqishi

deyiladi va Q_{eff} bilan belgilanadi. Agar N_0 – YAO' material sirtining birlik yuzasiga tushayotgan kvantlar soni bo'lsa, u holda

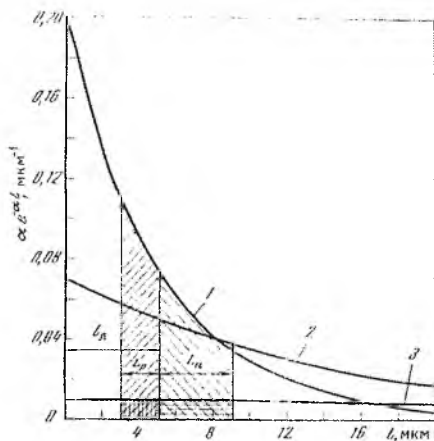
$$Q_{\text{eff}} = I_{q,t} / N_0 \quad (3.37)$$

bo'ladi, bu yerda I_{kz} elektron soniyada o'lchanadi, va Q_{eff} elektron kvant (foton)larda olinishi kerak.

QE effektiv kvant chiqishi ikki parametrga bog'lik bo'lib, u

$$Q_{\text{eff}} = \beta\gamma \quad (3.38)$$

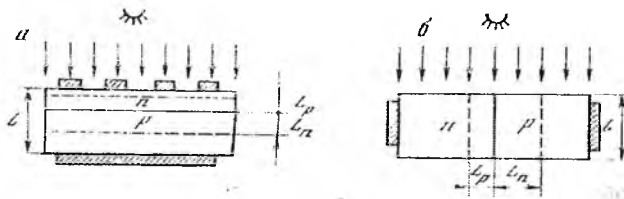
β -ichki fotoeffektning kvant chiqishidir. Bu kattalik har bir yutilgan kvant uchun fotoionizatsiya jarayonida YAO' ichida hosil bo'ladigan elektron-teshik juftliklarni ko'rsatadi. γ – p-n o'tish potensial to'siqining tok tashuvchilarni yig'ish (jamlash) koeffitsientidir, yoki boshqachasiga aytganda tok tashuvchilarning ajratish koeffitsienti ham deyiladi.



3.26-rasm. Har xil to'liqin uzunlikka ega bo'lgan nurlanishning kremniy asosidagi p-n o'tishga perpendikulyar tushgan hol uchun hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklarining taqsimlanishi. 1- $\lambda = 0,619$

mkm, $\alpha=2000 \text{ sm}^{-1}$; 2- $\lambda =0,81 \text{ mkm}$, $\alpha=700 \text{ sm}^{-1}$; 3- $\lambda =0,92 \text{ mkm}$, $\alpha=90 \text{ sm}^{-1}$ qobiliyati ularning energiyasiga bog'likdir).

Bu koeffitsient optik nurlanish yordamida hosil bo'lgan umumiy juftliklardan qancha qismi qisqa tutashuv tokida ishtirok etishini ko'rsatadi. Tashqi o'lchash asbobi ulangan hol uchun, $\beta=1$ bo'lsa, har bir kvant bitta juftlik hosil qila olishini ko'rsatadi. chuqurlikka kirish Har xil to'liqin uzunlikka ega bo'lgan optik nurlanish, materialda har xil chuqurlikka kira oladi (kvantlarning YAO' materiallarda yutilgan kvantlar hisobiga hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklar materialda fazoviy taqsimot hosil qiladi (3.26-rasm ga qarang). Hosil bo'lgan juftliklarning keyingi taqdiri YAO' ateriallarning diffuzion yo'li uzunligiga bog'likdir. Agar bu parametr kattaligi etarlicha bo'lsa, u holda nurlanish tufayli hosil bo'lgan ortiqcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar faqat diffuziya jarayoni tufayli p-n o'tishga kelib uning elektr maydoni orqali ajratilishi mumkin. Optik nurlanishni aylantirilishi jarayonida muhim rolni elektronlarning diffuziya yo'li uzunligi(L_n) va p-n utish chuqurligi (ℓ_p) o'ynaydi, chunki hosil bo'laetgan va ajratilishi kerak bo'lgan juftliklar ularga bog'liqdir.



3.27-rasm. Yarim o'tkazgichli kristalda n-p o'tishlarning joylashish sxemalariga qarab (a) perpendikulyar va (b) parallel n-p o'tish tekisligi uchun optik nurlanishning tushishi. L_n, L_p – n- va p – sohalarda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunliklari; ℓ - yarim o'tkazgichda nurlanishning kirish chegarasi; shtrixlangan sohalor – n- va p-sohalardagi metall kontaktlarning ko'rinishi.

Optik nurlanishning YAO' materialga tushish yo'nalishiga qarab p-n o'tish konstruksiyasining ikki xili mavjud va ularni quyidagi 3.27- rasmda keltirilgan holi uchun ko'rib o'tamiz.

1-hol. Optik nurlanish yo'nalishiga n-p o'tish perpendikulyar joylashgan hol. Optik nurlanish qalinligi l ga teng bo'lgan YAO' materialning butunlay oxirigacha kiradi.

2-hol. Optik nurlanish yo'nalishiga p-n o'tish parallel joylahgan hol. Nurlanish kengligi d ga teng bo'lgan tuzilmaga tushadi.

Perpendikulyar va parallel joylashgan p-n o'tishlar uchun yig'ish (jamlash) koeffitsienti (effektivligi) quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi.

$$\gamma = (L_n + L_p) / \ell \quad (6) \quad \text{va} \quad \gamma = (L_n + L_p) / d \quad (3.39)$$

bu erda, L_r – teshiklarning diffuziya yo'li uzunligi.

Birinchi qarashda p-n o'tishning parallel joylashishi afzalroq ko'rinadi, chunki hosil bo'lgan zaryad juftliklarini to'laligicha yig'ish va ajratish uchun YAO' material qalinligiga va p-n o'tishga nisbatan ularning taqsimlanishi muhimdir. YAO' ichida juftliklarning material chuqurligiga nisbatan bir tekis hosil bo'lishi ularning p-n o'tish tomon diffuziya hodisasi orqali ajratilish jarayoni uchun o'ta muhimdir. Shuning uchun, ko'p n-p o'tishlarga ega bo'lgan QE larda (fotovoltlar-ko'p sonli mikro QE lardan iboratlarda), ularning p-n o'tishlari tushayotgan optik nurlanishga parallel joylashtiriladi. Optik nurlanishning uzun to'lqinli qismida, bu konstruksiya zaryad tashuvchilarning yig'ishning yuqori samaradorligiga ega bo'ladi, hamda bir birlik yuzadan katta miqdordagi foto-EYUK olishga imkon yaratadi.

Ammo, asosiy muammolardan biri bo'lib, nisbatan kichkina o'lchamli parallel joylashgan r-n o'tishlarga ega bo'lgan mikro QE larida rekombinatsiya hodisasining perpendikulyar joylashgan p-n o'tishlarga nisbatan kattaligi nazariy va amaliy jihatdan aniqlandi. Shuning uchun, bu turdagi QE uchun quyosh nurlanishiga qaratilgan yuzasida qisqa to'lqinli nurlar spektral effektivligini oshirish uchun, qo'shimcha kirishmalar kiritilgan teskari tipdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qushimcha yupqa

qatlam hosil qilish maqsadga muvofiqdir. Ya'ni, yana qisman perpendikulyar konstruksiya elementiga qaytish maqsadga muvofiqdir.

Parallel joylashgan p-n o'tishli QE larida hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklar konsentratsiyasi (N) material yuzasidan ichkarisiga qarab o'zgaradi. Perpendikulyar joylashgan p-n o'tishli QE konstruksiyasi uchun esa p-tipdagi material uchun ham r-tipdagi uchun ham hosil bo'layotgan juftliklarning aksariyati p-n o'tishga yaqin joyda hosil bo'ladi. Hosil bo'ladigan elektron-teshik juftliklar birlik chuqurlikda quyidagi tenglama orqali aniqlanadi.

$$N = N_0 \alpha \exp(-\alpha \ell) \quad (3.40)$$

bu erda, N_0 -bir birlik yuzaga tushayotgan kvantlar soni. Juftliklar soni, ichkariga qarab kamayib boradi. Ularning sonini YAO' materialda yutilishi mumkin bo'lgan sohada α (E) ni aniqlash mumkin. n- va p-tip materialdagi zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunliklari sohalarini chegaralagan vertikal chiziqlar, p-n o'tish perpendikulyar bo'lgan hol uchun zaryad tashuvchilar jamlash jarayonini baholash imkonini beradi. Chiziqlar ordinatalari $\alpha \exp(-\alpha \ell)$ ga proporsional bo'lib, absissalar esa YAO' material yoritilgan yuzasidan ichkariga kirish chuqurligini ko'rsatadi. O'qlar orasidagi chiziqlar bilan chegaralangan yuzalar – tushayotgan kvantlar oqimiga teng, ordinatalar bilan chegaralangan yuzalar $\ell = \ell_d \ell_n$ va $(\ell_d + \ell_n)$ (shtrixlangan qism) – qisqa tutashuv tokini ko'rsatadi. Shunday qilib, shtrixlangan yuzaning umumiy yuzaga nisbati ichki fotoeffekt kvant chiqishini aniqlovchi ifodaga asosan ($\beta = 1$ hol uchun) yig'ish effektivligini beradi.

Quyosh elementlarining planar konstruksiyasi (optik nurlanish tuzilma yuzasiga perpendikulyar tushgan hol) QE texnologiyasida va ularni amaliy ishlatishdagi asosiy konstruksiyadir. Bunday QE har xil YAO' materiallar asosida ishlab chiqildi. Yuqorida keltirilgan tahlillar asosida yuqori samarali optimallashtirilgan konstruksiyalar ishlab chiqildi. Ammo har qanday material uchun ham ularga qo'yiladigan yuqorida keltirilgan asosiy talablar saqlab qolinishi kerakligi aniqlandi. γ ni va I_{qt} oshirish uchun p-n o'tishning ikkala tomonida xam albatta diffuzion

uzunlikni oshirish maqsadga muvofiqdir. Buni amalga oshirish uchun kerakli material tanlash va p- n o'tishni texnologik tayyorlash jarayonida diffuzion uzunlikni pasaymasligiga harakat qilish kerak. Agar uning pasayishi aniq bo'lsa uni hisobga olish zarurdir. Agar L_d ni frontal sirtga oshirish imkoniyati bo'lmasa, u holda frontal sirt qalinligini $L_p \gg \ell$ ga amal qilgan holda olish kerak. Shu asosda baza parametrlarini tanlash zarurdir.

3.9. Quyosh nurlanishi immitatorlari

Ideal holatda Quyosh nurlanishi imitatorlari (KNI) – bu Quyosh nurlanishining hamma xususiyatlarini juda yaqin qaytarishi lozim bo'lgan asbob bo'lib, bunday xususiyatlarga nurlarning parallelligi, vaqt orasidagi stabiligi, yoritilganlikning bir tekisligi, nurlanish oqimining zichligi, spektral tarkibi kiradi. Bunday asboblarda juda qimmat va murakkab tuzilishga egadir, ulardagi optik nurlanishning va oqimning parametrlari quyoshnikidan farq qiladi. Ayrim hollarda KNI maxsus holda loyihalangani va tayyorlanadi.

Eng sodda parametrlari nisbatan stabil ishlab chiqarish sharoiti uchun moslashgan KNI, asosan volframli cho'g'lanish lampalar asosida tayyorlanadi. Ko'zguli yoki nisbatan xira akslantirgichlar bilan ta'minlanib, ular Quyosh batareyalari yuzalarini hisobga olgan holda yoritilganlikni boshqarish imkoniyatiga ega bo'ladi. Volframli cho'g'lanuvchi lampalar nurlanishining nisbatan IQ nurlanishi kuproq bo'lgani uchun, o'lchash jarayonida QE va batareyalarini isishiga olib keladi. SHuning uchun, ko'pincha lampa va QE lari orasiga IQ nurlanishni qisman qirqadigan filtrlar quyiladi. Bu filtrlar asosan shaffof plastinaga (misol shishaga) o'tkazilgan ITO (indiy va qalay oksidi aralashmasi) qatlamlaridan tayyorlangan.

Cho'g'lanuvchi lampa optik nurlanishining IQ qismini kamaytirishning boshqa usuli bu issiqlikni yutuvchi filtrlarni ishlatishdir. Bu filtrlar qalinligi 20-40 mm li suv quyilgan shaffof idishlardir. Oddatda o'lchash jarayonida bu suvli filtrni o'zini sovutish uchun radiator qurilmasi yoki bevosita oquvchi suv ishlatiladi.

Nisbatan katta o'lchamli quyosh batareyalarining ko'p sonli guruhlari parametrlarini o'lchash uchun QNI lar impulsli ksenon lampalar asosida tayyorlanadi. Bu qurilmalar optik qismlarsiz ishlaydi. Bir tekis yoritilganlikka erishish uchun lampalar QB laridan kerakli uchokda joylashtirilishi mumkin. Optik spektrni standartga spektrga yaqinlashtirish uchun interferensiyon yoki ba'zan suvli filtrlar ishlatiladi. Impulsli ksenon lampalar asosidagi QNI lardan foydalanilganda ular ismaydi, va harorati uy haroratiga yaqinligicha qoladi.

Maxsus tajribalar va sinovlar uchun turli davlatlarda quyosh batareyalarini o'lchash harorati turlichadir, misol AQSH va Evropada standart sifatida 28° C qabul qilingan.

Har xil atmosfera massasida o'lchash uchun QNI yasash qiyin masala. Yer sharoitida quyosh nurlanishining spektral tarkibi vaqtga qarab o'zgaradi. Misol uchun AM 1,5 standarti uchun spektral diapazon 0,4-1,1 mkm orasidadir.

3.10. Etalon quyosh elementlari va ularni graduirovkalash

Quyosh nurlanishi imitatorlarining nurlanish energiyasining spektral taqsimlanishi standart quyosh nurlanishidan albatta farq qiladi. QE sezgirliги selektiv (tanlovchi) bo'lgani uchun QNI intensivligini nosektiv nurlanish qabullagichlari (radiometrlar) bilan sozlash maqsadga muvofiq emasdir. Shuning uchun, sezgirlikni hamda boshqa parametrlarni o'lchashda maxsus etalonli quyosh elementlari qo'llaniladi. Etalonli yoki standart QE – bu selektiv sezgirlikka ega bo'lgan amaldagi radiometrlardir.

Atmosfera massasining nisbatan bir xil qiymatligiga qaramasdan quyosh nurlanishi oqimining zichligi atmosfera tarkibining oz miqdorda o'zgarishiga qarab keskin o'zgarishi mumkin. Har xil atmosfera sharoitlarini taqqoslash natijasi shuni ko'rsatadiki, quyosh nurlanishining oqim zichligi ayrim o'zgarishlardan keyin nosektiv radiometrlar bilan o'lchanganda, nurlanishning spektral tarkibi bir-biridan jiddiy farq qilganda ham, bir xil natijani ko'rsatishi mumkin. Bunga sabab QE ning selektiv sezgirligining har xilligidir. Hattoki, yuqori sifatli materialdan

qilingan va effektivligi katta bo'lgan QE larida ham, Yer sharoitida bir xil energetik yoritilganlik sharoitida o'lchangan qisqa tutashuv toki I_{qt} , atmosfera holati har xil bo'lsa, o'lchangan tok farqi 15 % gacha bo'lishi mumkin.

Etalon QE larining qisqa tutashuv tokini aniqlab graduirovka qilishda standart yoritilganlikdan foydalanish talab qilinadi. Buning uchun etalon element yordamida QNI sozlanadi – ya'ni uning nurlanishi oqimi boshqarilgan holda o'zgartirilib, qisqa tutashuv tokini standart holdagi I_{qt} ga teng bo'lguncha davom ettiriladi.

Ta'kidlash lozimki, QNI ish sohasining energetik yoritilganligi aslida aniq standart sharoitdagi optik nurlanishning energetik yoritilganligini takrorlamaydi. Bunga asosiy sabab, nurlanishni baholash konkret konstruksiyali selektiv sezgirlikka ega bo'lgan, quyosh elementga ta'sir orqali amalga oshiyapti.

Misol, harorati 2850° K bo'lgan cho'g'lanma yoritgichdan yoritilayotgan kremniy asosidagi, n-p o'tish chuqurligi 0,5 mkm li QE ning qisqa tutashuv toki I_{qt} koinot sharoitida, energetik yoritilganligi suvli filtdan ($d=40$ mm li) keyin 780 W/m² ga teng bo'lgan va filtsiz esa 960 W/m² ga teng bo'lgan element tokiga teng bo'ladi. Bundan farqli, ikkala hol uchun xam etalon QE shunday lampa yorug'ligida 1360 W/m² yoritilganlikni ko'rsatadi.

Etalon QE larini qo'llash, nurlanish manbai sifatida energiyaning taqsimlanish spektri ixtiyoriy bo'lgan holda ham, spektrlarini korreksiyalash mumkin bo'lgan QNI yordamida aniqligi qoniqarli darajada bo'lgan o'lchovlar olib borishga imkon yaratadi. Bunday sharoitda QE ning fotoelektrik xarakteristikasining o'lchash xatoligi etalonli va o'lchanayotgan elementlarning spektral sezgirligining farqi darajasi bilan aniqlanadi. SHuning uchun, etalon QE ga quyiladigan asosiy talablar quyidagicha – ularning optik xususiyatlari va spektral xarakteristikalari o'lchanishi lozim bo'lgan elementning shunday xarakteristikasiga monand bo'lishi kerak.

Etalon QE loyihalash va tayyorlash – bu ularning konstruksiyasini, metrologik xarakteristikalarining stabilligini o'rganishni, graduirovka

qilish usulini va ularni parametrlarini o'lchash jixozlarini yaratishni va qo'llashni taqozo qiladi.

Etalon QE larini ishlatilish sharoitiga qarab turlicha konstruksiyali bo'lishi mumkin, ularga quyiladigan asosiy talab – parametrlarining yuqori darajada stabilligining saqlanishidir. O'z navbatida bu talab elementning haroratdan stabil va haroratni aniq o'lchashni taqozo etadi. Etalonli Quyosh elementning oddiy konstruksiyasi bu chuqurlashtirilgan metall plastinaga o'rnatilgan va himoya sifatida frontal sirtiga shisha o'rnatilgan variantidir. Haroratni o'zgarmas qilib ushlab turish uchun u issiqlikdan himoya qilingan taglikka o'rnatiladi.

Tayyorlash texnologiyasining doimiy mukammallashib borayotganligi tufayli va yangi turdagi QE lari yaratilayotganligi sababli spektral sezgirligi nostandart taqsimotga ega bo'lgan elementlarning parametrlarini o'lchash masalasi paydo bo'lmoqda. Etalon sifatida ishlatiladigan QE, yo seriya qilib chiqarilayotgan elementlardan tanlanadi, yoki maxsus tayyorlanadi. Tanlash jarayonida asosiy diqqatni quyosh elementi tuzilmasining yon sirti tomonlarining sifatiga, shunt va ketma-ketlik qarshiliklarining kattaligiga qaratiladi. Bu maqsadda ishlatilishi ko'zda tutilgan QE lari yuzasi bir jinsli, spektral sezgirligi stabil, qisqa tutashuv tokining harorat buyicha koeffitsienti minimal bo'lishi kerak. Yer sharoitida ishlatilishi ko'zda tutilgan etalonli QE lari uchun spektral sezgirlikning tushayotgan optik nurlanish tushish burchagiga va qisqa tutashuv toki I_{qt} ning tushayotgan nurlanish oqimi zichligiga chiziqli munosabatda bo'lish bog'likligi amalda tekshiriladi.

Etalon QE ni absolyut graduirovka qilish mashaqqatli ish bo'lib, bu jarayon uzoq vaqtni va ko'p xarajatni talab qiladi. Shuning uchun, bunday jarayonlar orqali olingan etalon elementlar ko'rgazmali o'lchash asboblarda birinchi etalon sifatida ishlatiladi. Etalonli QE lari qisqa tutashuv rejimida ishlatiladi va ularning graduirovka qilish jarayoni quyosh nurlanishining spektral tarkibi va zichligi normirovka qilingan sharoitda qisqa tutashuv tokini aniqlashdan iboratdir.

Gruduirovka qilishning ikki prinsiplial farq qiluvchi turi mavjud.

I. Bevosita Quyosh nurlanishidan foydalanish usuli,

2. Laboratoriya sharoitida o'lchov vositalarini va oldindan o'lgan davlat etalonini qo'llash usuli.

Yer sharoitida bevosita quyosh nurlanishidan foydalanish usuli odatda kuproq ishlatiladi. Buning uchun asosan dengiz sathidan bir necha ming metr balandlikdagi tog' hududlaridan foydalaniladi va keyin olingan natijalar AM 0 sharoiti uchun ekstropolyasiya qilinadi.

Graduirovka qilish jarayonida etalon QE larining qisqa tutashuv toki qiymatini asta-sekin har xil atmosfera massalari uchun o'zgartirilib o'lchanadi, ya'ni quyoshning har xil balandlikdagi nurlanishi uchun o'lchanadi. O'lchash jarayoni statsionar sharoitda o'tkaziladi, shuning uchun atmosfera massasining nisbatan har xil qiymatlari uchun I_{kz} ning o'zgarishini aniqlash kifoya. AM 0 sharoit uchun to'g'ri keladigan qiymatni topish jarayoni $\ln I_{qt}$ ni nul atmosfera massasiga chiziqli ekstropolyasiya qilish bilan topiladi. O'lchash jarayonini kunning birinchi yarmida olib borish ma'qo'lroqdir.

IV BOB. QUYOSH FOTOELEKTRIK TIZIMLARI

Yer sharoitida qo'llaniladigan quyosh fotoelektrik stansiyalarini ularning qo'llanilishiga muvofiq holda quyidagi sinflarga ajratish mumkin. Bu tizimlar asosan 3 ga bo'linadi:

- 1) avtonom Quyosh fotoelektrik stansiyalari (AFES);
- 2) rezerv Quyosh fotoelektrik stansiyalari (RFES);
- 3) Elektr tarmog'i bilan parallel ulangan Quyosh fotoelektrik stansiyalari.

Lokal elektr tarmog'i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyalar o'z navbatida akkumulyasiya tizimiga ega va akkumulyasiya tizimi bo'lmagan FES larga bo'linadi. Rezerv akkumulyatorlar bilan ta'minlangan "tarmoq" FES lar elektr energiyasi uzulishlari, avariya holatlarida iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash funksiyasi orqali afzalliklarga egadir.

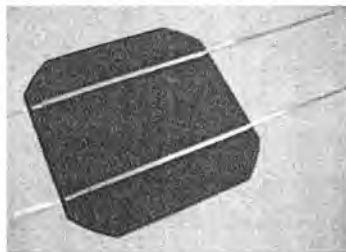
4.1. Fotoelektrik batareyalarni tayyorlash texnologiyasi

FEB tayyorlash texnologiyasi bir qancha usullarda amalga oshirilishi mumkin: avtomatik, yarimavtomatik va mexanik usulda (qo'lda).

1. Bosqich. Quyosh elementlarini testdan o'tkazish va saralash.

Ushbu bosqichda fotoelektrik plastinalarning elektrofizik parametrlari o'lchash amalga oshiriladi. Quyosh immitatori sifatida yuqori quvvatli ksenon lampadan foydalanilib yorug'lik berilgandan so'ng QE nazorat parametrlari qayd qilinadi. O'tkazilgan o'lchashlar amalga oshirilgandan so'ng fotoelektrik plastinalar elektrik xarakteristikalariga ko'ra saralanadi. Bu bosqichda fotoelektrik plastinalar nazoratidan tashqari ularning mexanik zararlanishi ham hisobga olinadi. Elektrik parametrlari va xarakteristikalari kichik va mexanik zararlangan QE dan keyingi jarayonlarda foydalanilmaydi. Ammo ularni testdan o'tkazgunga qadar QE frontal va orqa tomonlariga qalinligi kengligi 0,05 – 0,1 mm, kengligi 0,2 dan 1 mm bo'lgan POS-61 qalayida botirib olingan mis shinalari payvand qilinadi (4.1-rasm). Payvandlashda QE kontakt qismidagi kanallarga flyus

qo'yilib ustidan mis shina payanik yordamida qizdirilib payvandlanadi. Tayyor bo'lgan QE maxsus qutilarga joylanadi.



4.1-rasm. Yassi o'tkazgich bilan payvandlangan QE (mis shinali o'tkazgich)

Ishlash jarayonida o'ta ehtiyotkor bo'lish lozim, chunki kristall kremniy asosida QE mo'rt, tez deformatsiyalanadigan, payalnik uzoq muddat plastinada qizdirilgan holatda bo'lmasligi kerak.

2.Bosqich.Ultratovush yordamida distillangan suvda QE tozalash.

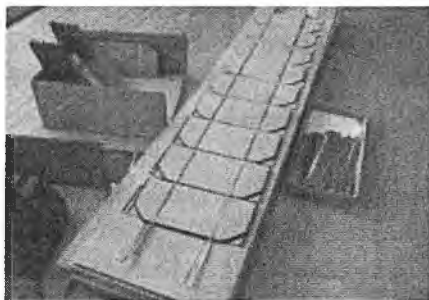
So'ngra 60 gradus haroratli distallangan suvda ultra tovush yordamida QE tozalash amalga oshiriladi (4.2-rasm). Bu operatsiyada QE changdan, ifloslanish, yog'li ifloslanishlardan tozalanadi. 42 kGs chastotali yuqori chastotali ultratovush tozalashda hattoki odatiy tozalashning ikoni bo'lmagan mayda ifloslangan zarralar ham yuqotiladi. To'liq tozalangan va quritilgan QE yig'ishga beriladi.



4.2-rasm. Har xil elektron komponentlarni tozalash uchun ultratovush vannasi

3-Bosqich. QE seksiyalarga 9 ta yoki 10 ta bo‘lib payvanlash (4x9 yoki 6x10 tarzida zanjir asosida yig‘ish)

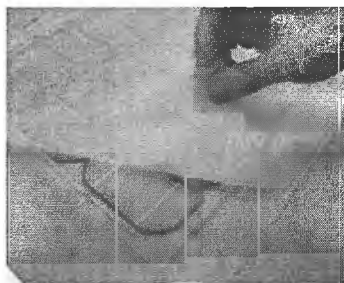
Ushbu bosqichda fotoelektrik plastinalar seksiyalar ko‘rinishida biriga payvandlanadi (4.3-rasm). Bunda tekstolit, ebonit, dyuralyumindan tayyorlangan shablon yordamida fotoelektrik plastinalar zanjiri hosil qilinadi (ketma-ket ulangan fotoelektrik plastinalar zanjirda qat’iy tartibda joylashishi zarur). Fotoelektrik plastinalarni chetki qismlarini bir-biriga yaqin joylashtirishda o‘ta ehtiyotkorlik talab qilinadi. 9 ta ketma-ket ulangan QE elektrofizik parametrlari simulyatorda tekshirib olinadi, chunki modulga yig‘ishdan oldin teshirilmasa keyin kech bo‘lishi mumkin.



4.3- rasm. Modulga yig‘ish oldidan QE zanjiri

Agar zanjirda biror QE ishlamasa uni darhol almashtirish yoki tuzatish mumkin. Hamma QE elektrik parametrlari normada bo'lsa, zanjir pnevmatik bosim bilan ko'tariladi. Bu QE yuzasini iflos qilmaslik va yig'ish jarayonini engillashtirish uchun xizmat qiladi.

QE kommutatsiya qilish uchun ular orqali metall lenta o'tkazgich sifatida amalga oshiriladi, 9 ta ketma-ket ulangan QE 4 ta guruh bo'lib shakllantiriladi va umumiy o'tkazgich orqali ulanadi.



4.4-rasm. 36 ta QE tashkil topgan kommutatsiyalangan zanjir (chapdan), ikki qatlamli germetizatsiya plenkasi (EVA) va bir qatlamli himoya plenkasi (PET) (o'ngdan)

4 Bosqich – Frontal va orqa tomondan FEM himoya qoplamalari laminatsiyalash va yig'ish

FEB uchun shaffof shisha asosiy qo'llab turuvchi asos bo'lib xizmat qiladi. Bunda shisha teksturalangan yuzaga ega bo'lib 92% dan ortiq yorug'lik o'tkazish ko'effitsientiga ega bo'ladi. Shaffof shishadan so'ng germetik laminatsiya plenkasi (EVA-etilenvinilatsetat) qo'yilib, uning ustidan 36 ta ketma-ket ulangan QE, so'ngra yana laminatsiya plenkasi EVA yig'iladi. EVA plenkasi QE shishaga to'liq germetizatsiya qilish (havo pufakchalari qoldirmaslik) qo'shimcha yorug'lik sinishi, quvvat yuqotilishini oldini oladi (4.4-rasm).

Bundan tashqari germetizatsiya QE har xil atmosfera ta'sirlari va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan karroziyadan asraydi.

Shuningdek fotoelektrik modulni himoyalash uchun maxsus himoya plenkasi xam yopishtiriladi. Orqa himoya plenkasi sifatida PT-

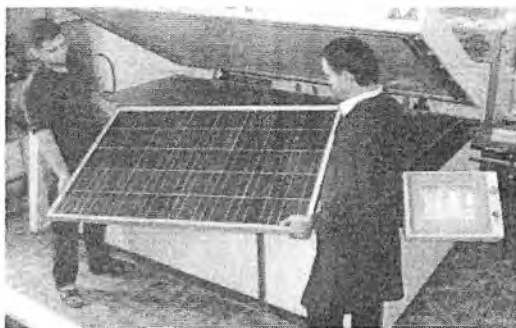
polietilentereftalat, (polyetheleneterftalate), TPE - termo-plastik elastomerdan plenka (thermoplastic elastomer film), TPT–tedlar-poliester-tedlar (Tedlar-Polyester-Tedlar) xizmat qiladi.



4.5-rasm. Laminatsiyalangan modul

Himoya plenkasi ham elementlarni atmosfera ta'sirlari (qor, yomg'ir, do'l) va karroziyadan asraydi.

Modul konstruksiyasi qo'shimcha qattqlik berish, laminatsiya qilish uchun vakuumga ega laminatsiya qurilmasiga joylashtiriladi, bunda 15 daqiqa ichida 138-150⁰C harorat saqlanadi. Vakuum pechidan olingandan so'ng modulning hamma komponentlari bilan mahkam yagona bo'lib qoladi (4.5- rasm).




4.6-rasm. Fotoelektrik modul laminatsiya pechidan so'ng

Laminatsiyadan so'ng (4.6-rasm) fotoelektrik modul maxsus simulyatorga joylashtiriladi va elektrofizik parametrlari, xarakteristikallari

olinadi. Quyosh fotoelektrik panellarining parametrlari butun dunyoda ishlab chiqaruvchilar tomonidan standart test sharoiti (STC) da olib boriladi. Bunda quyidagilar hisoga olinadi: ($E=1000 \text{ W/m}^2$, fotoelektrik modul harorati - 25°C , atmosfera massasi AM1).

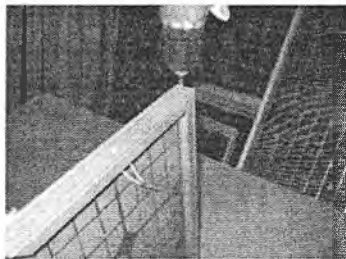
Olingan natijalar etiketkada (4.7-rasm) aks ettirilgan holda fotoelektrik modulning orqa tomoniga yopishtiriladi.

		PHOTOVOLTAIC MODULE	
MODEL		KD220GX-LFBS	
IRRADIANCE AND CELL TEMPERATURE	1000Wm^{-2}	800Wm^{-2}	MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE
	AM 1.5 25°C	AM 1.5 47.9°C	
P_{max}	220W	156W	600V
V_{pmax}	26.6V	23.6V	
I_{pmax}	8.28A	6.62A	
V_{oc}	33.2V	-	MASS
I_{sc}	8.98A	-	
SERIAL NO.	11YPSY0545		0

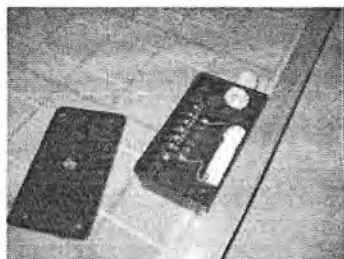
4.7-rasm. Quyosh fotoelektrik modulining orqa tomonida yopishtiriladigan elektrofizik parametrlari etiketkasi

Fotoelektrik moduli etiketkasida quyidagi parametrlar ($U_{s,yu}$, $I_{q,t}$, M_{QN} , U_n , I_n , P_{pik} , modul og'irligi, seriyasi va boshqalar) aks etadi.

Tayyor fotoelektrik modul maxsus plastik ramasiga yoki alyuminiy profil ramasiga joylashtiriladi. Alyuminiy profil montajidan so'ng himoya diodlariga, ulash kabellariga ega kommutatsion quti modulning orqa tomoniga klemma chiqqan joyga o'rnatiladi (4.8-rasm).



A

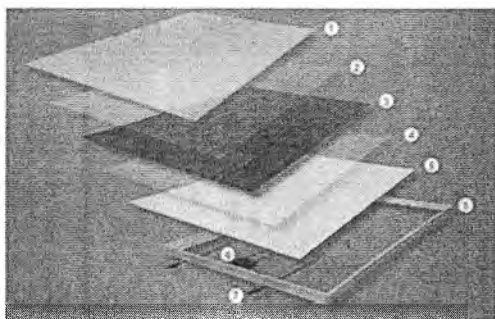


B

4.8-rasm. A-alyuminiy karkasni montaj qilish; B-klemmali qutini o‘rnatish

Kommutatsion qutida joylashgan himoya (shunt) diodlari fotoelektrik modulni qisman soya hosil bo‘lishi va o‘ta qizish hisobiga elementlarning ishdan chiqishini oldini olishga mo‘ljallangan. Ularsiz hamma modul elementlardan birining kuyishi, ishdan chiqishi hisobiga yaroqsiz holatga kelishi mumkin.

Quyosh fotoelektrik paneli (4.9-rasm) quyidagi qismlardan tashkil topgan:



4.9-rasm. Quyosh fotoelektrik paneli strukturasi

1-himoya shishasi; 2-old laminatsiya plenkasi (EVA - etilenvinilatsetat); 3-quyosh elementlari zanjiridan tashkil topgan fotoelektrik modul; 4-orqa laminatsiya plenkasi (EVA - etilenvinilatsetat); 5-orqa himoya plenkasi (PET – Polietilentereftalat (polyetheleneterftalate),

TPE - Termoplastik elastomerdan plenka (thermoplastic elastomer film), TPT – teflon-poliester-teflon (Tedlar-Polyester-Tedlar); 6-himoya diodlaridan tashkil topgan klemmali quti; 7-konnektorlar; 8-alyuminiy rama.

FEB tayyorlashning mexanik usuli qo‘yidagicha amalga oshiriladi: laminatsiyalovchi germetik qoplamalar sifatida maxsus silikon smolali yoki sintetik kauchchik (SKTN - sinteticheskiy kauchuk termostoykiy nizkomolekulyarnyy, GOST 13835-73) foydalaniladi. Laminatsiya qilishdan oldin silikon smolasidan havo pufakchalari vakuum qurilmasi yordamida chiqarib yuboriladi. Bu germetik smola maxsus toblangan shishaga bir tekislikda quyiladi, so‘ngra 36 ta ketma-ketlikdan iborat QE zanjiri silikon smola ustidan yotqiziladi. Shisha va QE o‘rtasida havo pufakchalari bo‘lmasligiga harakat qilinadi, keyingi jarayon quritish hisoblanib (polimerizatsiya jarayoni), 30-35°C harorat bir necha sutka davomida ta‘minlanadi. Bunda hamma texnologik jarayonlar qo‘lda amalga oshiriladi. Frontal tomondan himoya qoplamasi sifatida o‘tkazish koeffitsienti ~90% dan yuqori bo‘lgan, har xil qalinlikdagi MDH davlatlarida ishlab chiqarilgan toblangan shishalar ishlatiladi.

4.1-jadval

QE silikon smola asosida laminatsiyalash			QE EVA plenkasida yordamida maxsus qurilmada laminatsiyalash		
I _{q.t.} A	U _{s.yu.} V	Pik quvvat W	I _{q.t.} A	U _{s.yu.} V	Pik quvvat W
8,3	23,1	150	9,2	24,1	165,1
Smena davomidagi unumdorlik			Smena davomidagi unumdorlik		
300 W			1650 W		
Laminatsiyalash jarayonida elektr energiya harajatlari, Wt			Laminatsiyalash jarayonida elektr energiya harajatlari, Wt		

soat/kun	soat/kun
0	150 DAN ORTIQ

Bir xil qalinlikda shishada foydalanish holatida FEB parametrlari mexanik usulda tayyorlangan holatda 3-5% ga kichikligi tadqiqotlar natijasida aniqlandi. Shuningdek QE sinish kabi holatlar ham uchraydi va 6-% ni tashkil etadi, bir vaqtda silikon smolasining har xil qalinligi, bir jinqli emasligi sabab FEB tok ko'rsatkichi bo'yicha parametrlarining tushuvi ruy beradi.

Afzalligi, elektr energiyasi uzulish holatlarida ham laboratoriya sharoitida tayyorlash mumkin. Quyidagi 4.1-jadvalda o'lehamlari 156x156 mm² bo'lgan QE laminatsiyalashning 2 usulda tayyorlashdagi FEB parametrlari keltirilgan.

4.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, 2-holatda tayyorlangan tekstura yuzaga ega shisha asosidagi moduldagi qisqa tutashuv toki 9 A dan yuqori, salt yurish kuchlanishi esa 24 V dan ortiqni tashkil etadi.

4.2. Amorf va kristall quyosh fotoelektrik panellarni taqqoslash

Yupqa qatlamli Quyosh elementlari quyidagi asosiy turlarda bo'ladi:

- 1). Amorf kremniy (a-Si) yoki yupqa qatlamli kremniy (TF-Si);
- 2). Kadmiy-tellur asosida (CdTe);
- 3). Diselenid galliy-mis-indiy(CIS yoki CIGS);
- 4). Organik qo'shilmali sintetik materiallar asosida (dye-sensitized solar cell);

Yupqa qatlamli QE o'ziga quyida olti qatlamni biriktiradi. Shaffof qoplamadan iborat antiakslanuvchi qatlam, so'ngra *p*- va *n*- tur yarimo'tkazgichlar, kontakt qatlami va taglik. Yupqa qatlamli QE ish jarayoni xuddi kristall QE kabi bir xildir.

Umumiy holatda yupqa qatlamli quyosh fotoelektrik modullari tannarxi kristall modullarga qaraganda arzonidir, bu tayyorlash texnologiyasining soddaligi, kremniy sarfining kamligi bilan izohlanadi.

Ammo amalda narxlar o'rtasida uncha tavofut yuq, chunki oxirgi yillarda kristall fotoelektrik modullarning narxi sezilarli arzonlashdi.

Ikkalasining ham tayyorlash texnologiyasi rivojlanmoqda, narxlaridagi farq ham kamaymoqda. Yupqa qatlamli Quyosh fotoelektrik modullari odatda shishaning ikki qatlamidan foydalanilmoqda, shuning uchun bir xil quvvatda bo'lsa ham hatto qimmat turishi mumkin.

Yupqa qatlamli Quyosh fotoelektrik modullarining boshqa turida yarimo'tkazgichli qatlam egiluvchan asosga uchirish yuli bilan hosil qilinadi. Bunday modullar engil va ularni osonlik bilan egish mumkin. Odatda ular ko'chma tizimlarda va murakkab shaklli holatlarda foydalaniladi. 4.2-jadvalda bu ikki texnologiyaning qisqacha taqqoslash holati keltirilgan.

4.2-jadval

Parametr	Kristall modullar	Yupqa qatlamli modullar
Texnologiyaning har xil ko'rinishi	Monokristall kremniy (c-Si). Polikristall kremniy (pc-Si/ mc-Si).	Amorf kremniy (a-Si). Kadmий tellur (CdTe). Diselenid galliy-mis-indiy(CIS yoki CIGS). Organik elementlar (OPV/ DSC/ DYSC).
Maksimal quvvat nuqtasidagi kuchlanishning salt yurish kuchlanishiga nisbati $U_{\max.P}/ U_{s.yu.}$	80%–85%	72%–78%
Harorat koeffitsientlari (yuqori atrof muhit haroratlarida harorat koeffitsientining	(–0,4%/gradus, –0,5%/gradus) dan	(–0,1%/gradus, (–0,2%/gradus) dan

kichik qiymati yaxshi ko'rsatkich)	yuqori	kam
Volt-amper xarakteristikasining to'ldirish koeffitsienti	73%–82%	60%–68%
Modul konstruksiyasi	Alyuminiy profil asosidagi rama	Ramasiz, ikkitalik shisha orasida –narxi arzon, vazni yuqori, egiluvchan asosda engil, arzon
Modul FIK	15-19%	4-12%
Ommabop qo'llanilishi	Aholi yashaydigan uyalar, savdo ob'ektlari, tarmoqqa generatsiyalash	Aholi yashaydigan uyalar, savdo ob'ektlari, tarmoqqa generatsiyalash
Talab qilinayotgan maydon	150 W/m ² atrofida	Shu quvvat uchun 50% gacha ko'proq maydon talab qilinishi mumkin

Kristall va yupqa qatlamli fotoelektrik modullarining bir biridan farqlanishi ularning FIK sabablidir, shuningdek kristall fotoelektrik modullarning yaroqlilik muddati ham kattadir. Kristall modullarni o'rnatish uchun harajatlar ham kam sarflanadi va deyarli ikki marta kam maydon ishlatiladi.

Kristall fotoelektrik modullarning kamchiligiga boshlang'ich materialning yuqori narxi, uning mo'rtligi hisoblanadi. Yupqa qatlamli modullarni o'rnatish montajchilardan yuqori malaka talab qiladi. Ammo ta'kidlab o'tish kerakki, real sharoitlarda amorf kremniy mono va polikristall quyosh modullariga nisbatan ko'proq energiya ishlab chiqaradi. 4.3-jadvalda mono va polikristall quyosh fotoelektrik modullarini ba'zi qiyoslash natijalari keltirilgan.

Parametr	Monokristall kremniyli modul	Polikristall kremniyli modul
QE kristall strukturasi	Hamma kristallar bitta yunalishda orientatsiyalangan, kristall donalari parallel	Hamma kristallar har xil yunalishda orientatsiyalangan, kristall donalari parallel emas
QE ishlab chiqarish texnologiyasi	Monokristall kremniy silindrlari plastinalarga kesiladi, soʻngra kvadrat shaklda yana kesiladi	Toʻgʻri toʻrtburchak shakldagi polikristall ishlanmalar plastinalarga kesiladi
QE tayrlash harorati	1400 °C	800–1000 °C
QE shakli	kvazikvadrat, kvazi toʻgʻri toʻrtburchak	Toʻgʻri toʻrtburchak, kvadrat
QE qalinligi	≤300 mkm	300–500 mkm
QE FIK	15%–23%	12%–17%
QE parametrlari barqarorligi	Yuqori barqarorlik	Yuqori barqarorlik, ammo monokristall kremniy elementlaridan kichik
Fotoelektrik modul tannarxi	Nisbatan yuqori	Nisbatan yuqori, ammo monokristall kremniy elementlaridan arzon

4.3. Quyosh fotoelektrik panellari yaroqlilik muddati

Quyosh fotoelektrik modullari koʻpgina qurilmalarda dala sharoitlarida uzoq yillar sinovdan oʻtkazildi. Amaliyot shuni koʻrsatdiki, mono-polikristall kremniy asosidagi FEB yaroqlilik muddati 25 yildan ortadi.

Dunyoda mavjud FEB konstruksiyalarining hammasi, materiallar va quyosh modullarini tayyorlash texnologiyasiga qarab tropik iqlimlarda 20 yil, mu'tadil iqlim sharoitlarida 25 yil bo'lib yaroqlik muddatining oxirgi yillarida quvvat yuqotilishi 25% gacha kamayishi mumkin. Sababi shisha qoplamasi va optik polimer germetik material –etilenvinatsetatning ultrabinafsha va harorat degradatsiyaga uchrashidir. Modullar tayyorlashda foydalaniladigan laminatsiya texnologiyasi vakuum pechida 150 °C gacha qizitish va 1 MW quvvatda quyosh modullarini tayyorlash uchun 80 000 kW·soat elektr energiyasi harajatlarini talab qiladi. RF Qishloq xo'jaligini elektrlashtirish umummilliy tadqiqot instituti olimlari tomonidan taklif qilingan yangi texnologiyada etilenvinatsetat va laminatsiya texnologiyasi butunlay yangi silikonli kompozitsiya asosidagi polisiloksan gel bilan laminatsiyalash texnologiyasiga almashtirilgan. Unga ko'ra FEB yaroqlilik muddati ikki marta (40-50 yil) ga ortadi, bunda QE ishchi haroratining kamayishi va gel yuqori shaffofligi hisobiga elektr quvvati ham ortadi, modulni tayyorlash uchun energiya harajatlari 70 000 kWsoat/MW ga kamayadi. Bundan tashqari yaroqlilik muddatining 2 marta ortishi 1 MW pik quvvatli FES uchun elektr energiya ishlab chiqarishni 20 mln. kWsoatga oshiradi.

Shunday qilib monokristall kremniyli fotoelektrik modullarning real yaroqlilik muddati 30 yilga yaqin. Polikristal kremniyli modullar 20 yil va undan ortiq muddat ishlaydi. Amorf kremniy asosidagi modullar 7 yil yaroqlilik (birinchi avlod yupqa qatlamli texnologiya), 20 yilgacha (yupqa qatlamli texnologiyaning ikkinchi avlodi) tashkil etadi. Yupqa qatlamli modullar ekspluatatsiyaning birinchi ikki yilligida odatda 10% dan 40% gacha quvvat yuqotiladi, shuning uchun fotoelektrik modur bozorida 90% ortig'ini kristall kremniyli FEB tashkil etadi. Quyosh fotoelektrik modullarining parametrlarining yomonlashishi va muammolari quyidagi sabablar tufayli yuzaga yuzaga keladi:

1) **QE sifati.** QE samaradorligi ko'pgina parametrlarning to'plamiga bog'liq: shunt va ketma-ketlik qarshiligiga, shovqinli toklarga, teskari qarshilikga, haroratga, changlanish va boshqalar. Ko'pgina omillar QE ishlab chiqarish sifatiga va undan materiallar, jihozlar tayyorlashga

bog‘liq. Ishlab chiqarishning har bir bosqichlarida kontakt o‘tkazish, flyus sifati, mikroyoriqlarni hisobga olish zarur.

2) **QE payvandlash sifati.** QE da sifatsiz payvandlash olib borilganda (ya’ni kontakt qismlarida lokal o‘ta qizish, kuyish) yaroqlilik muddati kamayadi. Faqat avtomatlashtirilgan texnologiyada QE robot tomonidan payvandlanganda sifat bir muncha yaxshi bo‘ladi.

3) **Etilenvinilatsetatnoy (EVA) ning sifati.** Bu plenka shisha va elementlar o‘rtasida joylashadi, QE eskirishi asosan bu plenkaning xiralashishi va ishdan chiqishi bilan bog‘liq. Sifatsiz plenka bir necha yildan so‘ng optik xususiyatlari yomonlashib, xiralashib qolishi mumkin. Yaxshi plenka 30 yilgacha xizmat qilishi mumkin.

4) **Modulni germetizatsiyalash sifati va orqa himoya plenkasi.** Orqa himoya plenkasi modulga namlik kirishini oldini oladi. Istalgan modulda plenka bo‘ylab namlik diffuziyasi sodir bo‘ladi. Agar plenkaning sifati yaxshi bo‘lsa panel ichiga kirgan namlik ochiq havo bo‘lganda qizib tashqariga chiqib ketadi. Agar plenka sifatsiz bo‘lsa ko‘proq namlik kirib QE frontal yuzasidagi to‘rli kontakt, omik kontaktlarda karroziyani chaqirishi mumkin.

5) **Alyuminiy ramaning sifati.** Sifatsiz alyuminiy profili ishlatilganda rama oksidlanish sodir bo‘lib karroziya yuzaga keladi. Ayrim holatlarda (modullar machtalarga o‘rnatilganda, kuchli shamol yuklanmalarida metall karroziyasining kuchayishi sabab) modullar parchalanib ketishi mumkin.

Fotoelektrik tizimning boshqa komponentlari har xil yaroqlilik muddatiga ega: akkumulyator batareyalari 2 yildan 15 yilgacha, elektronik jihozlari 5 yildan 20 yilgacha bo‘lishi mumkin.

4.4. Quyosh fotoelektrik batareyalari samaradorligiga atmosfera tarkibidagi changlanganlik konsentratsiyasining ta’siri

FES odatda to‘prog‘ining unumdorligi past bo‘lgan yarim cho‘l va cho‘l hududlarida o‘rnatiladi. Atrof muhit haroratining yuqori ko‘rsatkichi, shuningdek FEB yuzasiga chang qatlamining o‘tirib qolishi sababli FES da QE ning samaradorligi keskin kamayadi. FEB va Quyosh konsentratorelari,

geliostatlar yuzasida changlanganlik konsentratsiyaga qarab samaradorlik 10% dan 50% gacha kamayib ketadi.

O‘zbekiston hududida ham uchta viloyat changlanganlik erroziyasi bilan zararlangan: Qashqadaryo viloyati, Surxandaryo viloyatining janubi-sharqiy qismi, Farg‘ona viloyatining g‘arbiy qismi. O‘zbekistonning so‘g‘oriladigan Yerlarida Farg‘ona va Zarafshon vodiylarida ham chang erroziyasi tarqalgan. Chang erroziyasining salbiy ta’siri bu hududda atmosfera havosi tarkibida changlanganlik konsentratsiyasining ortib ketishi hisoblanadi. Respublika hududlarida chang va tuzlarning asosiy ko‘chib yurish o‘chog‘i yuza qismi tuzli ko‘llardan iborat Orol dengizining qurigan qismi hisoblanadi.

O‘zgidromet ilmiy tadqiqot institutining olib borgan tahliliga ko‘ra cho‘l hududlarida changlanish miqdori yiliga 9 t/ga, so‘g‘orilib dehqonchilik bilan shug‘ullanadigan hududlarda yiliga 0,1-1,2 t/ga tashkil etgan.

Metrologiyada qabul qilinishicha yog‘in miqdori o‘lchov birligi (yog‘in massasining birlik yuzaga tushishi, ya’ni g/sm^2) FEB ning asosiy xarakteristikalariga xech qanday bog‘liq emasligi aniqlandi, shu sababga ko‘ra FEB yuzining ifloslanishi darajasi kriteriyasi sifatida foydalanib bo‘lmaydi. FEB oynasi yuzining atmosfera yog‘inlari bilan ifloslanish darajasi kriteriyasiga zarurat tug‘iladi. FEBning asosiy texnik va iqtisodiy xarakteristikasi uning ish samaradorligi (FIK) bo‘lganligi uchun, FEB oynasi yuzining ifloslanish kriteriyasi sifatida uning FIK ning nisbiy o‘zgarishi kattaligini kiritamiz:

$$\gamma = \left| 1 - \frac{\eta_1}{\eta_0} \right| \quad (4.1)$$

η_1 - (changlangan oynada) FEBning ekspluatatsiya vaqtining, qandaydir vaqtidagi FIK; η_0 - (toza oynada) ekpluatatsiya boshlanishidan oldingi FEB ning FIK. Agar QE FIK formulasidan foydalansak ifoda:

$$\eta = ff \frac{j_{q.t} U_{s,yu.}}{ws} \quad (4.2)$$

Unda (4.1) ni quyidagicha yozish mumkin;

$$\gamma = \left| 1 - \frac{j_{q.t.,1}}{j_{q.t.,0}} \right| \quad (4.3)$$

bu yerda $j_{q.t.,1}$ – qisqa tutashuv toki zichligi, $j_{q.t.,0}$ – salt yurish kuchlanishi, ff - volt-ampere xarakteristikasining to'ldirish koeffitsienti, W - QN oqimi zichligi, S – QE yuzasi. Qisqa tutashuv toki zichligining QE ga va antiakslantiruvchi qatlamdagi oynaning optik xususiyatiga bog'liqligi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$j_{q.t.} = \frac{q}{hc} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda \cdot T(\lambda) \cdot E(\lambda) \cdot Q(\lambda) \cdot (1 - R(\lambda)) d\lambda \quad (4.4)$$

q -elektron zaryadi, h - Plank doimiysi, c -yorug'lik tezligi, λ - QN to'lqin uzunligi, $E(\lambda)$ - QN energiyasi oqim zichligining spektral taqsimoti, $T(\lambda)$ - shishaning o'tkazish koeffitsienti, $Q(\lambda)$ -yig'ish koeffitsieteti, $R(\lambda)$ - Shisha-antiakslantiruvchi tizimning akslantirish koeffitsienti, $\lambda_1 \lambda_2$ –QE spektral sezuvchanlik sohasining chegaralari. Shunday qilib spektrning quyoshli sohasida (0,4-2,55 mkm) shishaning sindirish ko'rsatkichi dispersiyasi sezilarsiz bo'lgani uchun (4.4) dagi o'tkazish koeffitsientini o'rtacha qiymat bilan almashtirib, integraldan chiqarsak, unda (4.1) quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = \left| 1 - \frac{T_1}{T_0} \right| \quad (4.5)$$

bu yerda T_0 , T_1 – toza va ifloslangan shishalarning o'tkazish koeffitsientining o'rtacha qiymatlari.

O'zR FA "Fizika-Quyosh" IICHB Fizika texnika institutida tadqiqot olib borilib 4.06.2014 dan 24.09.2014 yil vaqt oralig'ida Toshkent shahri markazidagi ko'chalarga o'tkazish koeffitsienti 88,6% bo'lgan uchta shisha plastina joylashtirildi.

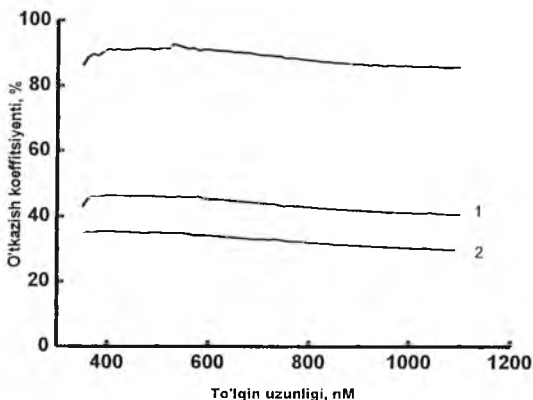
Bu uchta shishaning fotoplastinkaning yorug'lik o'tkazish koeffitsienti Lambda EZ-150 spektrofotometrda o'lchandi. O'lchash natijalari 4.10 rasmda keltirilgan. (4.5) bo'yicha hisoblash natijalari 4.4

jadvalda keltirilgan. Toza plastinkaning o'tkazish koeffitsientining o'rtacha qiymati 88,6%.

4.4 Jadval

Spektr raqami	T, %	γ , %
1	43,6	50,8
2	32,7	63,1

Natijalarga asoslanib xulosa qilishimiz mumkinki, 80 kun oyna yuzi tozalanmasa, FEB quvvati ~50% ga kamayadi. Tadqiqot davomida Toshkent shahri sharoitida kuzatish (tekshirish) davomida xavo ochiq, kun tun haroratlari maksimal yaqin bo'lganligini qayd qilish joiz, yog'inlar kuzatilmadi.



4.10-rasm. Toza fotoplastinkaning (raqamsiz) va ko'chada 80 kun (1), 110 kun (2) davomida ekspozitsiyadan keyin fotoplastinkalarning o'lgangan nur o'tkazish spektrlari.

4.5. Quyosh fotoelektrik moduli haroratiga konvektiv issiqlik almashinuvining ta'siri

FEB termodinamik modeli – termodinamik muvozanatda bo'ladigan yassi parallel tizim bo'lib chegar elementlari shisha va himoya plenksi

hisoblanadi. Termodinamik muvozanat holatida FEBning harorati doimiy va T ga teng.

FEB ning yuziga tushuvchi QN oqimi zichligi Q_s (akslanishni hisobga olganda) xususiy issiqlik nurlanishi oqimi zichligi Q_r va konvektiv issiqlik almashinuvi zichligi Q_c yig'indisiga teng bo'ladi.

$$Q_s = Q_r + Q_c \quad (4.6)$$

$$Q_r = \sigma(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(T^4 - T_0^4) \quad (4.7)$$

$$Q_c = 2\alpha(T - T_0) \quad (4.8)$$

$$Q_s = (1 - \eta) \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (1 - R(\lambda)) \cdot E(\lambda) d\lambda \quad (4.9)$$

bu yerda T_0 – atrof–muhit (havoning) harorati; ε_1 -shishaning nurlanish qobiliyati; ε_2 -EVA ning nurlanish qobiliyati; σ -Stefan-Bolsman doimiysi; α -issiqlik berish koeffitsienti; λ - QN to'lqin uzunligi; $R(\lambda)$ -yuzaning akslanish spektr koeffitsienti; $E(\lambda)$ -QN oqim zichligi.

Issiqlik uzatish koeffitsienti uchun ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \gamma}{l} \quad (4.10)$$

$$Nu = 0,032 \left(\nu \frac{l}{\nu} \right)^{0,8} \quad (4.11)$$

bu yerda Nu- Nusselt kriteriyasi (soni) l-xarakterli uzunlik, γ va ν - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti va havoning kinematik yopishqoqligi ; ν - havoning harakat tezligi.

Quyosh nuri spektr diapazonida shisha yorug'lik nuri yutilmasligi sababli, n- shishaning sindirish ko'rsatkichi kattaligini, u holda (4.9) quyidagicha yozish mumkin.

$$Q_s = (1 - \eta) \cdot \tau \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) d\lambda \quad (4.12)$$

Shishada ko'p karrali akslanishlarni hisobga olganda o'tkazish koeffitsienti τ -ifodasi quyidagi ko'rinishga keladi.

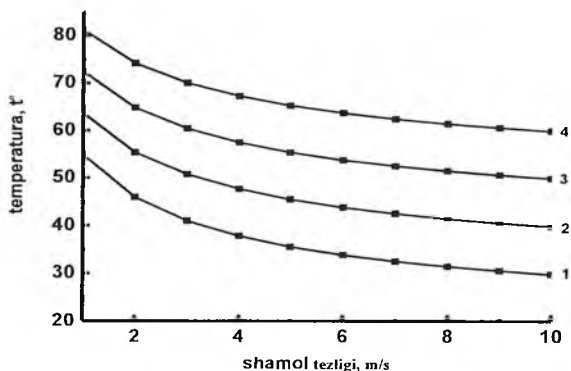
$$\tau = \frac{2n}{n^2 + 1} \quad (4.13)$$

Sindirish ko'rsatkichi 1,48-1,53 bo'lgan shishalar uchun o'tkazish koeffitsientining o'rtacha qiymati $\tau=0.92$ ga teng. AM1,5D modeli uchun $\lambda_1=0,4$ mkm dan $\lambda_2=2,55$ mkm gacha oraliqda integral kattaligi 961,0 Wt/m^2 ga teng. Agar $x=T/T_0$ o'lchamsiz o'zgaruvchi kiritilsa, unda (4.6) ni (4.7) -(4.13) gacha bo'lgan ifodalarni hisobga olib quyidagi tenglama ko'rinishida yozish mumkin:

$$x^4 + \frac{2\alpha}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\sigma T_0^3} x - \left(1 + \frac{Q_s + 2\alpha T_0}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\sigma T_0^4} \right) = 0 \quad (4.14)$$

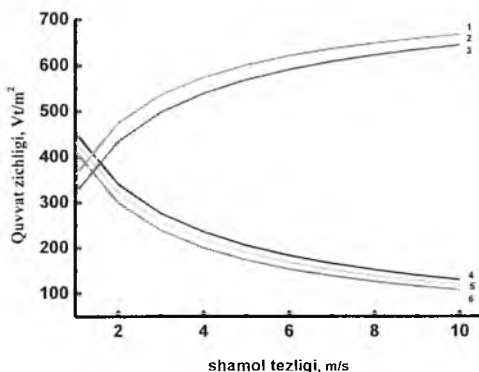
Boshlang'ich ma'lumotlar: shishaning nurlanish qobiliyati $\varepsilon_1=0,937$, kremniya EVA plenkasining nurlanish qobiliyati $\varepsilon_2=0,72$ termoradiometr (TPM) yordamida o'lchangan, γ, ν qiymatlari ilmiy ma'lumotnomalardan olindi.

Atrof-muhitning xar xil harorati uchun $\eta=16\%$ FEB hisobga olib (4.14) tenglamaning uchun echimi 4.11-rasmda keltirilgan.



1 - 20 °C; 2 - 30 °C; 3 - 40 °C; 4 - 50 °C;

4.11-rasm. FEBning harorati o'zgarishining shamol tezligi va atrof – muhit haroratiga bog'liqligi



1, 4 - 30 °C; 2,5 - 40 °C; 3,6 - 50 °C.

4.12-rasm. Xususiy konvektiv issiqlik almashinuvi o'zgarishi (1, 2, 3) va issiqlik nurlanishi (4,5,6) ning shamol tezligi va atrof – muhit haroratiga bog'liqligi.

Agar atrof-muhit harorati 30°C dan kichik bo'lsa, FEBning harorati shamol tezligiga qattiq bog'liq bo'ladi. Shamol tezligi 10 m/s ga etganda harorat – 40% ga kamayadi. Bunday hollarda Fotoelektrik issiqlik qurilmasidan foydalanish yaxshi samara bermaydi. Agar atrof-muhit harorati 30°C dan yuqori bo'lsa, shamol tezligi ortishi bilan FEB ning harorat o'zgarishi sezilarsiz (~20%) bo'lib FEBning samarali ishlashi uchun uni sovutish kerak bo'ladi.

4.12-rasmda xususiy issiqlik nurlanishi oqimi Q_r va konvektiv issiqlik almashinuvi Q_c ning shamol tezligi va atrof-muhit xaroratiga bog'liqligi hisobi natijalari keltirilgan. Shamol tezligi 2 m/s dan kam bo'lganda FEB ham konvektiv, ham radiatsion issiqlik almashinuvi hisobiga sovutiladi. Shamolning 2 m/s dan yuqori tezligida konvektiv issiqlik almashinuvi radiatsion issiqlik almashinuvidan ustun bo'ladi.

Kombinatsiyalashgan geliotexnik qurilmalarni loyihalashda uning konvektiv issiqlik almashinuvi haroratiga u foydalaniladigan hududning iqlimiy sharoitlarini hisobga olgan ma'qul.

4.6. Fotoelektrik qurilmalar ish samaradorligiga metefaktorlarning ta'siri

A'nanaviy energiya manbalaridan uzoqda joylashgan elektr energiya iste'molchilari uchun FEB dan energiya manbalari sifatida foydalanishdan tashqari boshqa muqobil variantlari O'zbekistonning texnik salohiyatidan kelib chiqqan holda aytadigan bo'lsak mavjud emas. Kremniy asosidagi FEB samaradorligini oshirish, ishlab chiqarishda ularning tannarxini tushirish, konstruksiyalarini optimallashtirish, yangi materiallarni qo'llash FEB savdo tizimining kengayishiga olib keladi. Hozirgi vaqtda FEB asosidagi quyosh elektrostansiyalaridan yakka holdagi iste'molchilar foydalanishmoqda. Ishlab chiqarayotgan quvvati va funksiyasiga bog'liq ravishda FEB tarkibiga har xil kattalikdagi quyosh elementlari kiradi, ularning soni va kommutatsiya usullari FEB ning chiqish quvvatini aniqlaydi. FEB ning chiqish quvvati ekspluatatsiya sharoitlariga bog'liq, ya'ni sutkalik vaqt, joylashish o'rni (iqlimiy zona), FEB ning yorug'lik qabul qilgich yuzasi holati va boshqalar.

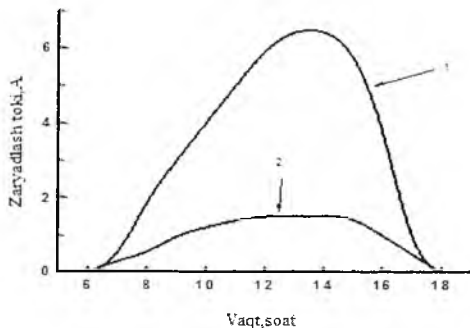
O'zbekistonda Quyosh nur porlashining kun davomidagi davomiyligi 8-10 soat, qish mavsumlarida esa tutash bulut bilan qoplanganlik sabab ikki marta kam bo'ladi. Quyosh energiya oqimining davomiyliligini baholash uchun quyosh porlashining yillik soni – yig'indi ko'rsatkich qo'llaniladi.

Quyidagi 4.5 jadvalda O'zbekistonning har xil hududlari uchun normal yuzaga nisbatan quyosh nurlanishi oqimining zichligi (Σq , kVt soat/m²), yil davomida quyosh nur porlashining yig'indi davomiyligi (n, soat), yoz oylarida (n₁ soat) va qish oylarida (n₂ soat) quyosh nur porlashining o'rtacha sutkalik davomiyligi berilgan.

№	Hududlar	$\Sigma q^{\pm}, kW$ soat/m ²	n, soat	n ₁ , soat	n ₂ , soat
1	Respublikaning shimoli (Qorqalpog'iston Respublikasi, Xorazm viloyati va Navoiy viloyatining shimoli)	1900- 2100	2900- 3000	11	4
2	Respublikaning janubi (Kashkadaryo va Surxandaryo viloyatlari)	1900- 1960	2950- 3050	12,6	4,6
3	Farg'ona vodiysi (Farg'ona, Andijan i Namangan viloyatlari)	1500- 1550	2650- 2700	11,2	3,9
4	Zarafshon vodiysi (Samarqand, Jizzax, Buxoro viloyatlari va Navoiy viloyatining janubi)	1910- 1980	2930- 3000	12,6	3
5	Toshkent shahri	1943	2852	12,6	3

FIK 18,5%, 40 ta QEdan tashkil topgan FEB ning qisqa tutashuv toki, salt yurish kuchlanishi va quyosh nurlanishi oqim zichligi o'Ichandi. O'Ichash ishlari Toshkent shahrida qish mavsumida ochiq va tutash bulutlilik kunlarida olib borildi.

4.13- rasmda sutkaning kun davomida FEB ning qisqa tutashuv tokini o'Ichash bilan bog'liq tajriba natijalari keltirilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, ochiq havoda to'plangan sig'im ($790 W/m^2$ da, 42,7 A-soat), tutash bulutlilik ob havoda ($280 W/m^2$ da 11,6 A soat) 4 marta kichikligi aniqlandi.

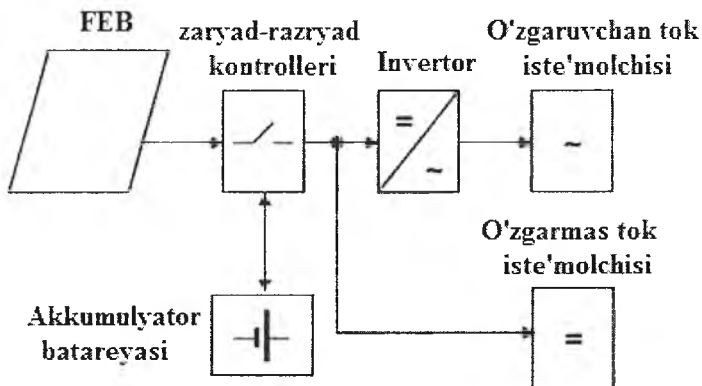


4.13-rasm. Zaryadlash tokining ob havoning holatiga bog‘liqligi
 1 – ochiq havoda; 2 – tutash bulutlilikda

Aniq bo‘ldiki, tutash bulutlilik sharoitlarida zaryadlash toki kamayishi sabab FEB samarali ishlay olmaydi, natijada ularning zaryad toki sutkaning kun davomiyligiga bog‘liq bo‘ladi. Akkumulyatorlarda zaryadlash vaqtini qisqartirish va FEB ning samaradorligini ta‘minlash uchun qish mavsumlari va tutash bulutlilik kunlarida a‘naviy elektr tarmog‘idan foydalanish kerak.

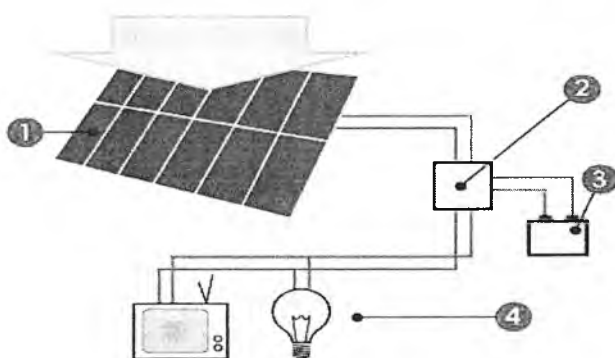
4.7. Avtonom fotoelektrik stansiyalar

Elektr uzatish liniyalaridan uzoqda joylashgan elektr ta‘minoti uchun mo‘ljallangan quvvati 0,01...100 kW bo‘lgan sodda AFES larning strukturaviy sxemasi 4.14-rasmda keltirilgan.



4.14-rasm.AFES ning soddalaşgan strukturaviy sxemasi

Avtonom fotoelektrik tizimlardan markazlashtirilgan elektr ta'minoti mavjud bo'lmagan joylarda foydalaniladi. Sutkaning tungi vaqtlarida energiya ta'minoti va quyosh yaxshi nur sochmagan vaqtlar uchun akkumulyator batareyasi (AB) zarur. Avtonom fotoelektrik tizimlar alohida uylarning elektr ta'minoti uchun tez-tez qo'llaniladi. Kichik tizimlar asosiy yuklamani ta'minlashi mumkin (yoritish manbai, ba'zan televizor yoki radio), o'ta quvvatli tizimlar suv nasosi, radiostansiya, muzlatgich, elektrojihozlar va boshqalar. Bunday tizim quyidagilardan tashkil topgan (4.15-rasm).



4.15-rasm. Avtonom fotoelektrik tizim:

1 – quyosh paneli; 2 – kontroller; 3 – AB; 4 – yuklama

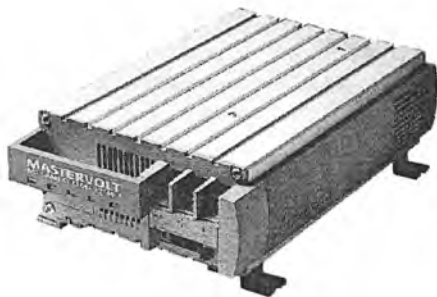
Tayanch konstruksiya

Quyosh fotoelektrik tizimlari muhim qismi sifatida quyosh panellari uchun qo‘llab quvvatlovchi konstruksiya xizmat qiladi. U hamma tizim uchun zaruriy mustahkamlik va quyosh paneli uchun to‘g‘ri qiyalik burchagini ta‘minlaydi. Quyosh paneli bilan tayanch konstruksiyaning birikuvi har xil shamol tezliklariga va boshqa atrof muhit ta‘sirilariga bardoshli bo‘lishi kerak.

Yirik fotoelektrik tizimlar uchun kichik nusxadan sanoat darajadagi nusxasigacha tayyorlanadigan konstruksiyalarning turli xillari mavjud. Bunday konstruksiya metallardan yoki sintetik materiallardan tayyorlanadi. Fotoelektrik tizimlarni o‘rnatish vaqtidagi holatga qarab tayanch konstruksiyalarning turli xil turlari mavjud. Tarmoq bilan bog‘langan tizimlar uchun tayanch konstruksiyalarning yassi yoki tomda kichik burchak ostida, shuningdek uy fasadlari uchun turlari mavjud. Tarmoq bilan bog‘langan tizimlar bino konstruksiyasining elementi ham bo‘lishi mumkin (integratsiyalashgan quyosh tizimlari)

Zaryad-razryad kontrollerlari

Avtonom fotoelektrik tizimlarda zaryad-razryad kontrollerlari ortiqcha energiya sarfi bo‘lganda akkumulyator batareyasini (AB) chuqur razryaddan himoya qilish va AB to‘liq zaryad holatida quyosh paneli elektr energiya generatsiya vaqtida AB ni qaytadan zaryadlanish holatidan asraydi. (4.16-rasm). Zaryad-razryad kontrolleridan foydalanishda afzalliklaridan biri shuki, AB razryad holatida yuklamani darhol uzadi. Odatda fotoelektrik tizimlar zaryad-razryad kontrollerlari bilan ta‘minlanadi. Shuning uchun yuklama hech qachon to‘g‘ridan to‘g‘ri AB ga ulanmaydi, bunda AB ishdan chiqishi mumkin.



4.16-rasm. Zaryad-razryad kontrollerlari

Keng –impulsli modulyasiyali zaryad tokiga ega kontrollerlar

Oddiy kontrollerlar AB kuchlanish 14,4 V ga etganida energiya manbai (quyosh batareyasi) ni uzadi (AB nominal kuchlanish 12 V). AB da kuchlanish $\approx 12,5-13$ V ga kamayganida quyosh paneli qaytadan ulanadi va zaryad AB da tiklanadi. Shuning uchun AB maksimal razryadlanish darajasi 60–70% ni tashkil etadi. Muntazam ravishda to‘liq zaryalanish bajarilmasa, AB ning yaroqlilik muddati kamayadi.

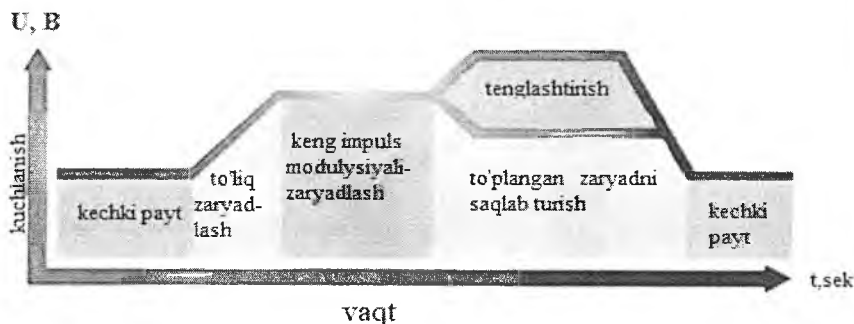
Zamonaviy kontrollerlar zaryadning tugash bosqichida keng impuls modulyasiyali zaryad toki (KIMZT) deb nomlanadigan jarayondan foydalaniladi. Bunda AB zaryadi 100% gacha zaryadlanadi. 4.17- rasmda quyosh paneli yordamida AB zaryadlashning 4 ta bosqichi ko‘rsatilgan.

1). Maksimal tok bilan zaryadlash. Bu bosqichda AB quyosh panelidan kelayotgan hamma tokdan foydalanadi.

2). KIMZT dan foydalanish. AB da kuchlanish aniq sathga chiqqanida kontroller doimiy kuchlanish bilan KIMZT hisobiga ta‘minlay boshlaydi. Bu AB da gaz ajralib chiqishi va o‘ta qizishni oldini oladi. AB zaryadlanish sathiga qarab tok kamayib boradi.

3). Tenglashish. Ko‘pgina suyuq elektrolitga ega AB gaz hosil bo‘lishigacha davriy zaryadlanish davomida ish jarayoni yaxshilanadi, elektrolit aralashib plastinalar tozalanadi, AB har xil bankalarida kuchlanish tenglashadi.

4). Tayanch zaryad. AB to‘liq zaryad holatida bo‘lsa ham, zaryad kuchlanishi bataryada gaz ajralib chiqqanda yoki uning qizishi vaqtida kamayadi, bu vaqtda AB zaryad holatida ushlab turiladi.



4.17-rasm. Quyosh panelidan AB zaryadlashda bosqichlar

Maksimal quvvat nuqtasini (MPPT) kuzatishga mo'ljallangan kontrollerlar

Quyosh batareyalari ishlab chiqarayotgan energiya miqdorini oshirish kerak bo'lsa, qo'shimcha quyosh panellari qo'shmasdan ham oddiy kontrollerni maxsus «Maximum Power Point Tracker» (MPPT) deb nomlanadigan quyosh batareyasida maksimal quvvatni (TMM) kuzatishga mo'ljallangan kontroller bilan almashtirish kerak.

MRRT-kontroller quyosh batareyasidagi kuchlanish va tokni doimo kuzatib boradi, uning qiymatlarini kupaytirib, quyosh batareyasi quvvati maksimal bo'lgandagi tok kuchlanish juftligini aniqlaydi. O'rnatilgan protsessor AB ning zaryad bosqichini kuzatadi (to'lishi, o'ta to'yinishi, tenglashish, tayanch) va shu asosida unga qanday miqdordagi tok berilishini aniqlaydi. Protsessor bir vaqtda tablodagi parametrlar indikatsiyasiga ham komanda beradi (ma'lumotlarni saqlash va boshq.)

Maksimal quvvat nuqtasi har xil usullar bilan ham hisoblanishi mumkin. TMM ni qidiruv usullari ham har xildir.

1). Odatda «Perturb and Observe» usulidan foydalaniladi. Ya'ni quyosh batareyasining volt-amper xarakteristikasini TMM bilan davriy ravishda to'liq skanerlash (2 soatda 1 marta) olib boriladi. Navbatdagi skanerlash jarayonigacha kontroller qidirishda davom etib, quyosh batareyasining quvvat tebranishini hisoblaydi va agar unda quvvat katta

bo'lsa yangi ishchi nuqtaga, yangi kuchlanishga siljitadi. Amaliy jihatdan hamma kontrollerlarda ushbu usul qo'llaniladi.

Uning kamchiligi shundan iboratki, doimo o'lchash ishlarini olib borish va bu vaqtda paneldan kelayotgan energiyaning uzilishi hisoblanadi. Har xil ishlab chiqaruvchilar quyosh batareyasi maksimal quvvat nuqtasini optimal kuzatish uchun Quyoshdan kelayotgan optimal miqdordagi energiyaning chastota iteratsiyalari, to'liq skanerlash davriyligi va qidiruv chuqurligi parametrlarini tanlashadi.

2). Ikkinchi usul. – «Scan and Hold». Birinchi skanerlash jarayonidan so'ng topilgan nuqta darajasida kuchlanish aniqlanadi va navbatdagi to'liq skanerlash holatigacha ushlab turiladi. Bunday usul quyosh panelida soya va bulutlar paydo bo'lmaganda yaxshi hisoblanadi. Afzalliklari – ishning yuqori tezligi, o'lchash jarayonida generatsiya vaqtida uzilishlar bo'lmaydi.

3). Uchinchi usul – «Percentage of open circuit voltage». Salt yurish kuchlanishi va (Us.yu.k) darajasidagi ishchi nuqta o'lchanadi. Bu erda k-0 dan 1 gacha bo'lishi mumkin (k-0.8). Nuqta navbatdagi skanerlash jarayonigacha ushlab turiladi. Bunday usul panellarda soya tushishi va bulut bo'lmagan holatlar uchun yaxshidir. Afzalliklari – ishning yuqori tezligi, o'lchash vaqtida generatsiyada uzilishlar bo'lmaydi.

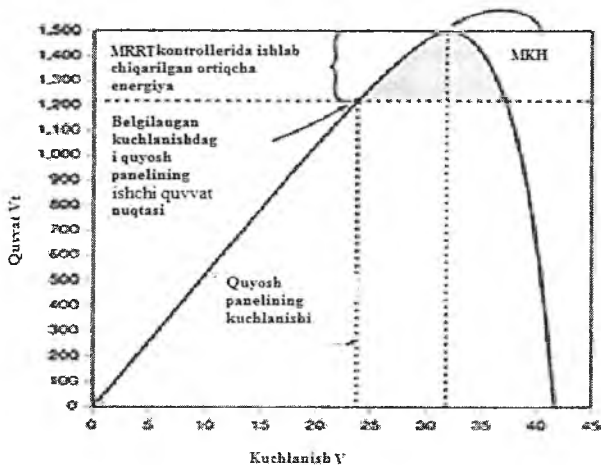
4). To'rtinchi usul – ishchi nuqtani qat'iy ravishda tanlash. Kontroller qo'llab turadigan istalgan kuchlanish belgilanadi. U hech qanday o'lchash va hisoblashlarni bajarmaydi, doimo ishlab turadi. Kamchiliklari – tanlangan kuchlanish haqiqiy TMM dagidan uzoq bo'lishi mumkin. Ammo, aniq ma'lum bo'lsa qanday kuchlanishda batareya maksimal quvvat ishlab chiqaradi va quyosh batareyasi amaliyotda doimo ochiq havoda ishlaganda ushbu usuldan foydalangan ma'qulroq.

Tizim ishga tushirilganda kontroller qo'llab turadigan kuchlanish beriladi, ya'ni u quyosh batareyasining aniq parametrlari bo'yicha hisoblanadi.

TMM ning holati panellarning yoritilganligiga, haroratiga, foydalanadigan panellarning har xilligiga va boshq. bog'liqdir. Kontroller davriy ravishda o'tgan bosqichdagi nuqtadan "o'zgarishga" harakat qiladi, bunda quyosh panelining quvvati ko'tarilishi lozim, shunda u yangi

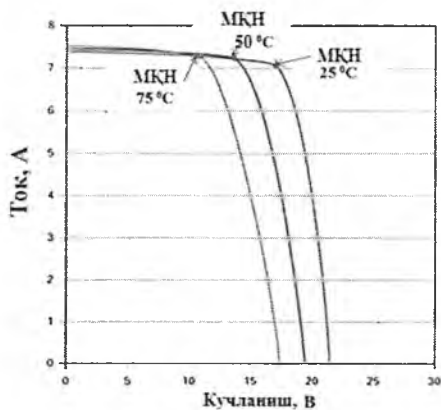
nuqtadagi ishga o'tadi. Nazariy jihatdan olganda, TMM ni qidirish vaqtida bir oz energiya yuqotiladi, lekin bu energiya qo'shimcha ravishda MPPT-kontroller ta'minlagan energiya bilan taqqoslaganda juda ham kamdir. Qo'shimcha ravishda olingan energiyani bu holatda aniqlash juda qiyindir. Qo'shimcha ravishda ishlab chiqarish jarayoniga ta'sir qiluvchi omillar bo'lib harorat va AB zaryadlanish darajasi sabab bo'ladi.

Ishlab chiqarish jarayoniga eng ko'p hissa asosan, panellarning past haroratlarda va razryadlangan AB sodir bo'ladi.



4.18-rasm. MPPT – kontrollerdan foydalanganda qo'shimcha ravishda olingan energiya miqdori

Maksimal quvvat nuqtasida quyosh panelining kuchlanishi har xil harorat kattaliklarida o'zgaradi (4.19- rasm). Quyosh paneli qanchalik qizisa, kuchlanishi kamayib quyosh batareyasining ishlab chiqarish samaradordligi ham kam bo'ladi. Qandaydir vaqtlarda MQN ning kattaligi AB dagi kuchlanishdan ham kichik bo'lishi mumkin, bu holatlarda oddiy kontroller bilan taqqoslaganda hech qanday yutuq bo'lmaydi. Bu quyosh batareyasiga qisman soya tushgan vaqtlarda yuz beradi. MPPT-kontrollerlarning joriy narxi ularni 200 W quvvatdan boshlab quyosh panellarida yoki nostandart kuchlanishlanishga ega panellarda qo'llash imkonini beradi.



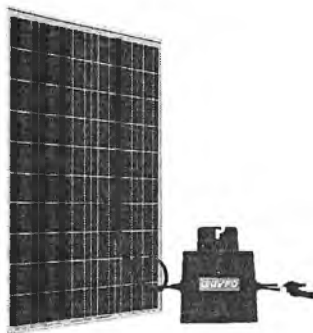
4.19-rasm. Maksimal quvvat nuqtasining haroratga bog'liq holda o'zgarishi

Fotoelektrik tizimlar uchun inverterlar

Inverterlar AB da doimiy tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirish yoki quyosh panellarida doimiy tokni markaziy elektr ta'minoti tarmoqlaridagi analog tok kabi o'zgartiradi.

Tarmoq bilan bog'langan tizimlarda inverterlar (tarmoq inverterlari) quyosh panellaridan energiyani qabul qilib ularni o'zgaruvchan tokka aylantiradi, so'ngra tarmoqqa ham uzatadi.

Ko'pchilik quyosh panellari doimiy tok ishlab chiqaradi. Integratsiyalashgan inverterlar bilan qo'llaniladigan panellar ham bo'lib ular mikroinverterli AC fotoelektrik panel deb nomlanadi (4.20- rasm).



4.20- rasm. Quyosh panelining orqa tomonida mikroinverter

Ularning afzalliklari shundaki, oson sozlash, bunday panellarni fotoelektrik tizimga oson qo‘shish yuli bilan masshtabini kengaytirish imkoniyatidir. Bunday inverterlar faqat tarmoq bilan bog‘langan tizimlarda ishlatiladi.

Avtonom tizimlarda standart maishiy qurilmalarni 220 V o‘zgaruvchan kuchlanish bilan ta‘minlash uchun AB yoki quyosh panellaridagi tokni o‘zgartirish lozim bo‘ladi.

Shuningdek, rezerv tizimlarda ham ushbu muammo – AB dagi doimiy tokni o‘zgartirish va odatiy jihozlarni ta‘minlash. Ko‘pgina inverterlar mavjud bo‘lib ular quvvati va turlari bilan farqlanadi. Ulardan ba‘zilari – yuqori samaradorikka ega. Agar inverter ko‘p hollarda yuklamasiz bo‘lsa, kutish rejimida iste‘mol qilinadigan kichik quvvatni berish kerak. Agar u ko‘p hollarda yuklamani ta‘minlaydigan bo‘lsa, unda maksimal FIK ga ega inverter tanlash kerak bo‘ladi.

Quyosh paneli domiy tok ishlab chiqaradi, AB esa doimiy tok ko‘rinishida energiyani saqlaydi, lekin ko‘pchilik jihozlar 220 V yoki 380 V o‘zgaruvchan tok kuchlanishini talab qiladi. Inverter domiy tokdagi kichik kuchlanishlar 12, 24, 32, 36, 48, 96, 120 V ni yuqori kuchlanish 220 V ga o‘zgartirib beradi. O‘zgartirish vaqtida energiyaning bir qismi yo‘qoladi, ya‘ni 5% dan – 20 % gacha, bu esa uning ish rejimi vaqtida sifatining darajasiga bog‘liq bo‘ladi.

Inverterlar har xil quvvatda bo‘lib ularning turi qo‘llash holatiga qarab tanlanadi. Kichik avtonom tizimlarda kamquvvatli inverterlar (100-1000

W) televizor, radio, lampochkalar va boshqa jihozlarni ta'minlash uchun foydalaniladi. Bu inverterlarda kirish kuchlanishi 12 V yoki 24 V chiqish kuchlanishi esa 220 V bo'ladi. Katta quvvatli inverterlarda kirish kuchlanishi 24 V, 48 V yoki 96 V yoki yuqori bo'lishi mumkin. Arzon inverterlar generaatsiya vaqtida energiyani bosqichli yoki to'g'ri to'rtburchakli shaklda yoki umumiy nom bilan kvazisinusoidal yoki modifikatsiyalashgan sinusoida signal shaklida o'zgartiradi. Kuchlanishning bunday shakli har doim ham hamma jihozlarga to'g'ri kelmaydi. Sof sinusoidal inverterlar tarmoqdagi kabi sifatli tok kabi istalgan yuklamani muammosiz ta'minlay oladi.

Zamonaviy inverterlar funksiyasi

- O'lchash. Invertor displeyida kuchlanish, tok, chastota va quvvat tasvirlanadi.
- Generatorni avtomatik qo'shish imkoniyati. Invertorda AB kuchlanishga bog'liq ravishda rezerv generatorni to'xtatish yoki avtomatik qo'shish uchun qo'shimcha rele mavjud. Bu funksiya ko'pchilik hollarda invertorga alohida blok ko'rinishida biriktiriladi. Zamonaviy inverterlar tarmoqdan AB aniq vaqtda zaryadlay olish mumkin, generatorni qo'shish kunduzi bajarilishi maqsadga muvofiq (shovqin tufayli).
- Tarmoq bilan parallel ishlay olishi. Tarmoq inverterlari to'g'ridan to'g'ri quyosh batareyasidan energiyani AB siz tarmoqqa o'zgartirib yunaltiradi. Bu anchagina tizimning tannarxini kamaytiradi, ya'ni elektr energiyasini arzonlashtiradi.
- O'rnatilgan zaryad qurilmasi. Bunday inverterlar generatordan yoki tarmoqdan foydalanib AB ni zaryadlashi mumkin. Bir vaqda ular energiyani bevosita iste'molchilarga ham uzatishi mumkin.
- Parallel ulash. Ba'zi inverterlar quvvatni oshirish uchun parallel ulanishi ham mumkin.

Avtonom FES asosiy kamchiligi shundaki kichik yuklanma rejimlarida ortiqcha energiyaning ko'p yuqolishi hisoblanadi. Ko'pchilik standart avtonom fotoelektrik stansiyalarda akkumulyatorlar tizimi zaryadlanib bo'linganidan so'ng FEB uzib quyiladi. Ortiqcha energiya

energiyani ballast qarshiliklarida havo yoki suvni qizdirish uchun foydalanish mumkin, bu esa generatsiya qilingan energiyadan maqsadli foydalanishni bildiradi, ammo muammo hanuzgacha echilmayapti.

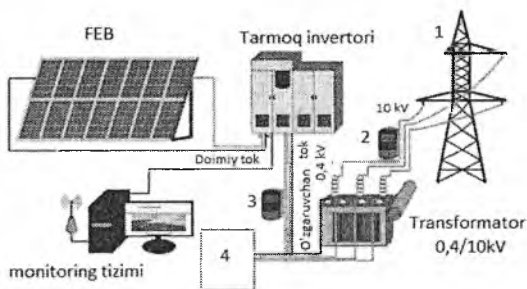
Avtonom FES ning jiddiy kamchiligi siklik rejimda ishlaydigan AB foydalanish zaruriyati hisoblanadi. Eng ko'p tarqalgan qo'rg'oshin-kislotali AB ishchi sikli (1500-2000) dan ko'p emas, shuning uchun ularni tezda almashtirish lozim bo'ladi. Katta yaroqlilik muddatiga ega sanoat akkumulyatorlaridan foydalanish (masalan, nikel-kadmiyli yoki litiy-ionli) energetik tizimni qurishda katta kapital moliyaviy mablag'larni oshishiga sababchi bo'ladi.

Bundan tashqari shuni nazarda tutish kerakki, AB ham energiya yuqotilish bo'ladi. Akkumulyatorlarda zaryad-zaryad jarayonlari samaradorligi ~90% atrofida bo'lib u vaqt o'tishi bilan eskirib boradi.

4.8. Lokal elektr tarmog'i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyalar

FES lardan elektr tarmog'i mavjudligida foydalanish avtonom FES dagi kamchiliklarni bartaraf etishga yordam beradi. Mohiyatan elektr tarmog'i 100% FIK ga ega hamma ishlab chiqarilgan ortiqcha energiyani qabul qiluvchi katta akkumulyator hisoblanadi.

“Tarmoq” FES ning strukturaviy sxemasi 4.21-rasmda keltirilgan.



4.21-rasm. Elektr tarmog'i bilan integrallashgan FES ning strukturaviy sxemasi

1-Tashqi elektr tarmog‘i; 2- kirish hisoblagichi; 3- yashil hisoblagich; 4-xususiy iste’molchilar.

“Tarmoq” FES tarkibiga FEB tashqari quyidagilar kiradi:

- Tarmoq inverterlari, ya’ni FEB yordamida doimiy tokni (DC) o‘zgaruvchan tokga (AC) o‘zgartirib berish vazifasini bajaradi;

- FES ish rejimlari parametrlarini kuzatishga imkon beruvchi monitoring tizimlari;

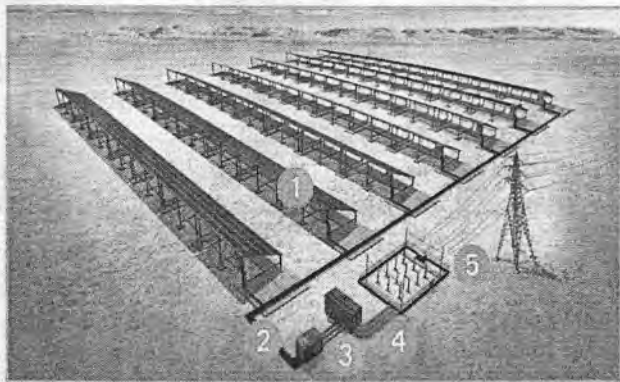
- “Yashil tarif” bo‘yicha elektr energiyasini sotish va ishlab chiqarish tizimini monitoring qilish uchun mo‘ljallangan hisoblagichlar;

- Yerda, bino tomida FEB ni joylashtirish uchun tayanch metall konstruksiyalari yoki qo‘zg‘almas Quyoshni kuzatish tizimlari;

- Markazlashtirilgan tarmoq – Elektr stansiyasi ulangan elektr uzatish liniyalari;

- Elektr energiyasining xususiy iste’mol qiluvchilar (sanoat yoki maishiy elektr jihozlari).

4.22-rasmda “Tarmoq” FES ning umumiy ko‘rinishi keltirilgan.



4.22-rasm. a- “Tarmoq” FES ning umumiy ko‘rinishi

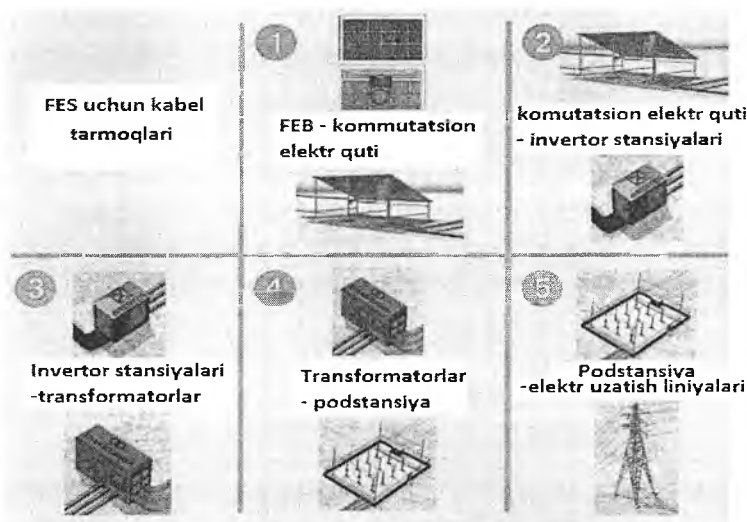
“Tarmoq” FES o‘z navbatida loyihalash usuliga qarab ikki turga bo‘linadi:

- Akkumulyator tizimi bo‘lmagan holda;

- Akkumulyator tizimli;

Amaliyotda FES ning akkumulyator tizimi qo‘llanilmagan holatdagi variantlari ko‘p tarqalgan. Akkumulyator tizimisiz FES juda ishonchli

hisoblanadi, amaliy jihatdan shaxs xizmatini talab qilmaydi. Bundan tashqari, ular FEB energiyasidan maksimal foydalanish - 90÷98% samaradorligiga ega. Bunday tizimlarda maxsus inverterlar ishlatilib ular tarmoq bilan integrallashadi va tarmoqni tayanch kuchlanishni shakllantirish, ishga tushirish va sinxronizatsiyalashda foydalanadi.



4.22-rasm. b – Alohida ko‘rinishdagi holatlar

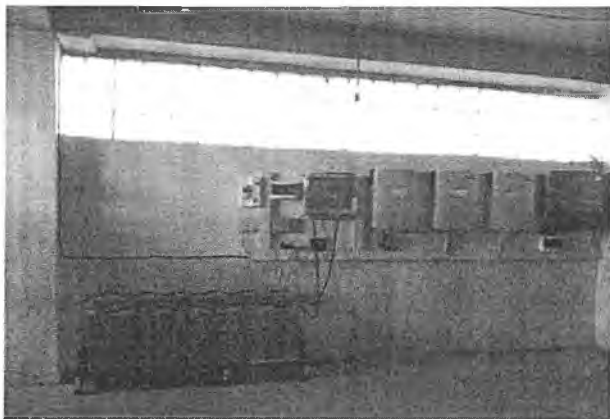
Bunday tizimlarning kamchiligi shundaki, markaziy elektr tarmog‘ida uzilishlar bo‘lganda iste‘molchilarning energiya iste‘moli to‘xtab qolishi hisoblanadi. SHunday qilib tarmoq inverterlar elektr tarmog‘iga o‘xshash kuchlanish ishlab chiqaradi, elektr tarmog‘idagi kuchlanish yuqolganda u ham ish rejimini to‘xtatadi. Elektr tarmog‘ida kuchlanish to‘xtatilganda tarmoq inverterlarining generatsiyasi to‘xtatilishi tarmoqda ta‘mirlash ishlarini olib borish bilan bog‘liq xavfsizlikni ta‘minlash bilan bog‘liq.

Berlin konsorsiumi **Prethezm Solutions/BAE Batterien va Dena Energetika agentligi (Germaniya)** tomonidan beg‘araz maqsadda 2016 yil 23 sentyabrda Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetiga quvvati 20 kW bo‘lgan Quyosh FES o‘rnatilgan edi (4.23-rasm).



4.23-rasm. 20 kW quvvatli Quyosh fotoelektrik stansiyasining umumiy ko‘rinishi

FES 60 ta ketma-ket va parallel ulangan fotoelektrik panellar (FEP), quvvati 22 kVt bo‘lgan uch fazali tarmoq inverteri (SMA, Sunny Tripower 22000TL), umumiy quvvati 9.9 kW bo‘lgan 3 dona akkumulyator kuchlanish inverteri (SMA, Sunny Island invertors), eruvchan saqlagich (Batfuse–B.03), sig‘imi 660 A·soat va yig‘indi kuchlanishi 48 V bo‘lgan 24 ta ketma-ket ulangan elektr energiyasini akkumulyasiya qilish tizimi, elektr hisoblagichi, SMA Energy meter va distansion boshqarish uskunasi bilan tashkil topgan. SHuningdek uning tarkibiga yana Wi-Fi-Router, Quyoshli uy regulyatori (Sunny Home Manager) va ma’lumotlarni taqdim etish uchun monitor kiradi.



4.24-rasm. 20 kW quvvatli FES energetik boshqaruv bloki va nazorat qurilmalari

FEP Germaniyada tayyorlangan bo‘lib FIK 19% li kremniy monokristali asosidagi 60 ta ketma-ket ulangan quyosh elementlaridan iborat. Sky (AR) 290 W quvvatdagi FEP xarakteristikalari va parametrlari to‘g‘risidagi ma‘lumotlar uning pasportida aks etgan:

Standart test sharoitida (STC) uning elektrik xarakteristikalari quyidagicha olingan (Quyosh nurlanishi oqim zichligi 1000 W/m^2 , FEPning harorati $T=25^{\circ}\text{C}$ va atmosfera massasi AM 1,5 ga teng). Mos keluvchi ma‘lumotlar 4.6 jadvalda keltirilgan.

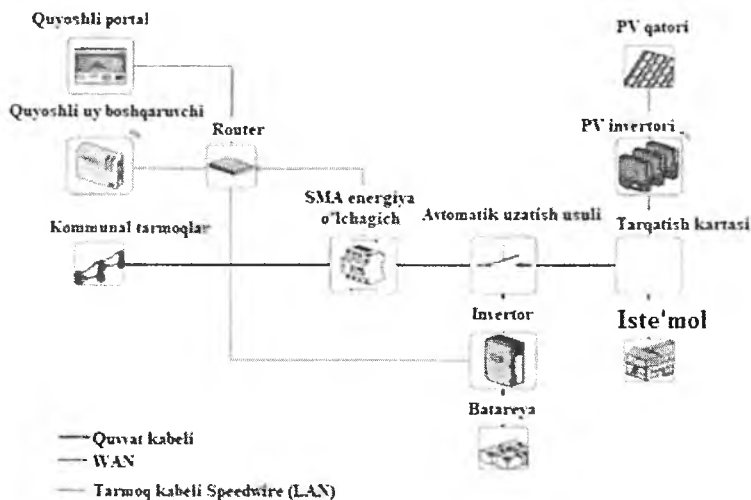
4.6-jadval

Qisqa tutashuv toki $I_{k.z.}$	Salt yurish kuchlanishi $U_{x.x.}$	Nominal quvvatdagi tok $I_{n.m}$	Nominal quvvatdagi kuchlanish $U_{n.m.}$	Tokning maksimal qiymati I_{max}
9,6 A	39,8 V	9,1 A	32,2 V	18 A

Hamma FEP havo oqimi sirkulyasiyasi hisobiga ularning sovitilishi ta‘minlanadigan maxsus statsionar konstruksiyalarda o‘rnatilgan. FEP maksimal energiya ishlab chiqarishi uchun fotoelektrik batareyalarning frontal yuzasi janubga tomon qiyalatib quyosh nurlanishi oqimining tushishiga perpendikulyar joylashishi lozim. Odatda FEP tayanch konstruksiyasida yiliga uch xil holatda o‘zgartiriladigan qilib tavsiya etiladi. ToshDTU Energetika fakulteti binosining tomida FES yozgi holat uchun (gorizontga - 20° qiya burchak ostida) joylashgan, shu sababli yil davomida fotoelektrik batareyalar nisbatan kam miqdorda elektr energiya ishlab chiqaradi.

Fotoelektrik modullarni qiyalik burchagining o‘zgarishini ko‘zda tutmagan tizimlar uchun yil davomida maksimal energiya ishlab chiqarish modullar hududning kenglik burchagini hisobga olib (Masalan, kenglik Toshkent sh. – $41,26405^{\circ}$) o‘rnatilganda amalga oshirish mumkin.

4.24-rasmda tasvirlangan 20 kW quvvatga ega FES ikkita turdagi inverterlar bazasida qurilgan bo‘lib yuqori ishonchlilik va samaradorlikni ta‘minlaydi. Sunny Island markasidagi akkumulyator inverteri akkumulyator batareyalarini zaryadlashda ishonchli hisoblanadi. Sunny Tripower tarmoq inverteri ikkita MPPT-trekerdan tashkil topib elektr tarmog‘iga ulangan holda FES ishlab chiqarayotgan doimiy tokni uch fazali o‘zgaruvchan tokga o‘zgartiradi va elektr ta‘minotining tarmog‘iga uzatadi. Sunny Tripower markali inverter faqat sifatli fotoelektrik batareyalar, ya‘ni qo‘llanilish sinfi A, IEC 61730 standartidagi va himoya sinfi II bo‘lganda foydalanish mumkin.



4.25-rasm. Rezerv iste'mol funksiyasiga ega fotoelektrik elektrik ta'minot tizimining strukturaviy sxemasi

Sutkaning kunduz vaqtida elektr tarmog‘ida kuchlanish mavjudligida FES tarmoq inverter orqali iste‘molchilarni (Sontrollable loads) elektr energiyasi bilan ta‘minlaydi. Agar yuklanma fotoelektrik batareyalar ishlab chiqarayotgan energiyadan kamroq energiyani iste‘mol qilsa ortiqcha elektr energiyasi akkumulyatorlarni zaryad qilish uchun yo‘naltiriladi, to‘liq zaryadlanib bo‘lingandan so‘ng lokal elektr

tarmog'iga uzatiladi. Agar yuklanma fotoelektrik batareyalar ishlab chiqarayotgan energiyadan ko'p energiya iste'mol qilsa, kerakli energiya lokal elektr tarmog'idan olinadi. Lokal elektr tarmog'ida uzilishlar bo'lganda (avariya holatlarida) akkumulyator inverterlari elektr energiya uzatishni akkumulyasiya tizimidan ola boshlaydi, bunda tarmoq inverteri uchun tayanch kuchlanishni shakllantirib beradi. FESdan olinadigan energiyaning ortiqcha qismi akkumulyator zaryadlangan holatida akkumulyator inverteri akkumulyatordagi kuchlanish ma'lum chegaraga tushmaguncha tarmoq inverterini o'chirib quyadi.

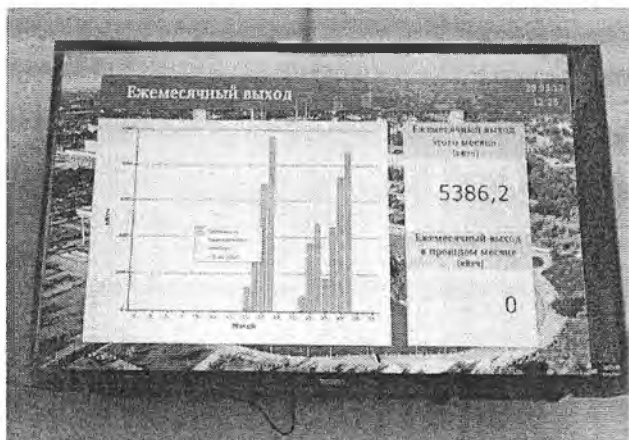
Ushbu strukturadan avtonom energetik tizimlarini loyihalashda ham foydalanish mumkin, lekin bu holatda akkumulyator inverterining quvvati yuklamaning to'liq quvvatigacha ko'tarilishi zarur.

FES ning Sunny Home Manager deb nomlangan maxsus qurilmasi bo'lib, u yordamida tizimning parametrlari nazorati va monitoring amalga oshiriladi, qisman akkumulyator inverterlarining parametrlarini distansion boshqarishni ta'minlaydi. Elektr tarmog'idan va FES ishlab chiqarayotgan elektr energiyasini qayd etish uchun elektron hisoblagich xizmat qiladi. Xizmat ko'rsatilayotgan xavfsizlikni ta'minlash uchun tizimning bosh elektrik zanjiriga avariya holatlarida tarmoqning uzilishini ta'minlaydigan avtomatik uzib ulagich o'rnatilgan.

SMA Solar Technology AG kompaniyasining mahsulotlari haqida batafsil ma'lumot olish, qurilmalarning texnik xarakteristikalari haqida kompaniya saytida tanishish mumkin (SMA Solar Technology AG – URL: www.SMA.de).

Bunday FES lar energetikaning global muammolari va lokal energetik vazifalarni echish uchun foydalanish mumkin. 20 kW quvvatli FES Energetika fakultetining lokal elektr tarmog'iga parallel ulangan bo'lib, ishlab chiqarilgan energiya fakultet elektr tarmog'iga uzatilmoqda.

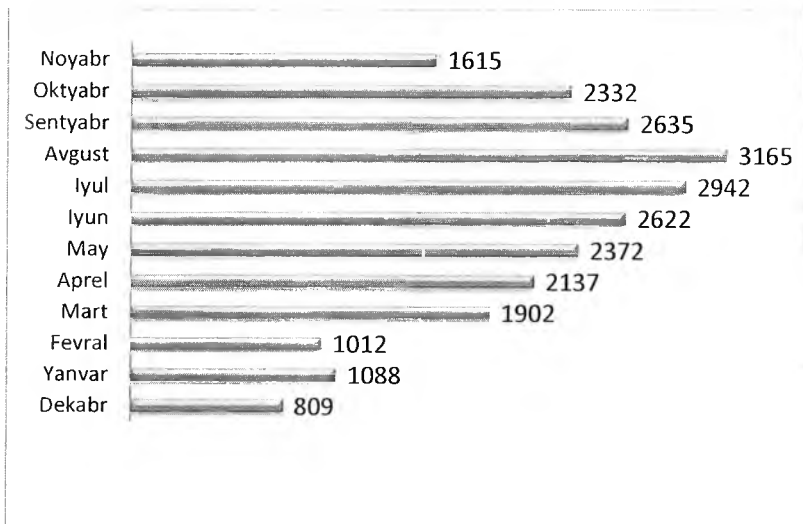
FES ishlab chiqargan elektr energiyasi, akkumulyasiyalangan energiya, iste'mol qilingan elektr energiya elektr hisoblagichida qayd etilib so'ngra "Elektronika va avtomatika" fakulteti binosi kirish qismidagi monitorga uzatiladi.



4.26-rasm. FES sutkalik va oylik parametrlarini tasvirlash uchun monitor

Maxsus dastur yordamida ekvivalent holda an'anaviy yoqilg'i resurslarini tejashni hisoblab beradi. Masalan (o'tin, ko'mir va mazut), shuningdek zaharli gaz CO₂ chiqindilarini oldini olishni aniqlab beradi.

Elektron hisoblagich yordamida FES texnik ko'rsatkichlarini davriy ravishda yozib olinganda quyidagi natijalar olindi. FES ning yillik monitoring natijalari (4.27-rasm) da keltirilgan.



4.27-rasm. FESning elektr energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlari (oyiga kW·soat).

Tadqiqot natijalaridan ko'rish mumkinki, FES ning yillik elektr energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichi 24631 kW·soat ga teng.

Ta'kidlab o'tish kerakki, FES ning yil davomidagi elektr energiya ishlab chiqarishning kichik ko'rsatkichiga sabab qilib quyidagilarni aytish mumkin: stansiyaning butlovchi qismlari tarkibida Quyoshni kuzatish tizimlari mavjud emas, shuningdek xavo tarkibidagi changlanishning tasiri, yoz mavsumlarida atrof-muxit haroratining keskin ko'tarilishi va uning stansiyaning parametrlariga salbiy ta'siri sabab FESning samaradorligi 50-60 foizga kamaygan. Ushbu muammolar bartaraf etilsa stansiyaning yillik elektr energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichi 40000 kW·soat ga oshadi.

Bu muammo O'zbekistonda qurilishi rejalashtirilayotgan hamma yirik Quyosh fotoelektrik stansiyalari uchun o'rinlidir.

Ta'rif bo'yicha 1 kW·soat elektr energiyasiga to'lanadigan narxni nazarda tutsak yillik ko'rsatkich 40000 kW soat elektr energiyasini "Toshkent hududiy elektr tarmoqlari" korxonasi shartnoma asosida (hozirda bu harakatlar olib borilmoqda) sotish mumkin. (№ZRU – 539

sonli O‘zbekiston Respublikasining Qonuni “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish haqida”). 40000 kW soat elektr energiyasi ta’rif bo‘yicha 11 mln. 800 ming sumni tashkil etadi. Agar ta’rifning yillik o‘shish ko‘rsatkichi o‘rtacha 14 % ekanligini hisobga olsak FES o‘zini 10 yil davomida to‘liq iqtisodiy jihatdan oqlaydi.

Agar FES ning yaroqlilik muddati 25 yil atrofida ekanligini nazarda tutsak keyingi 15 yil ichida toza foydaga ishlaydi. Bu namuna misolida mahalliy korxonalarimizda ishlab chiqarilayotgan FES larning tannarxini arzonligini e’tiborga olsak, Quyosh FES 7-8 yilda iqtisodiy jihatdan o‘zini oqlashi mumkin.

4.9. Quyosh fotoelektrik stansiyalari uchun tayanch konstruksiyalarni tayyorlash

Tayanch konstruksiya: Quyosh fotoelektrik tizimlari muhim qismi sifatida quyosh panellari uchun qo‘llab quvvatlovchi konstruksiya xizmat qiladi. U hamma tizim uchun zaruriy mustahkamlik va quyosh paneli uchun to‘g‘ri qiyalik burchagini ta’minlaydi. Quyosh paneli bilan tayanch konstruksiyaning birikuvi har xil shamol tezliklariga va boshqa atrof muhit ta’sirlariga bardoshli bo‘lishi kerak.

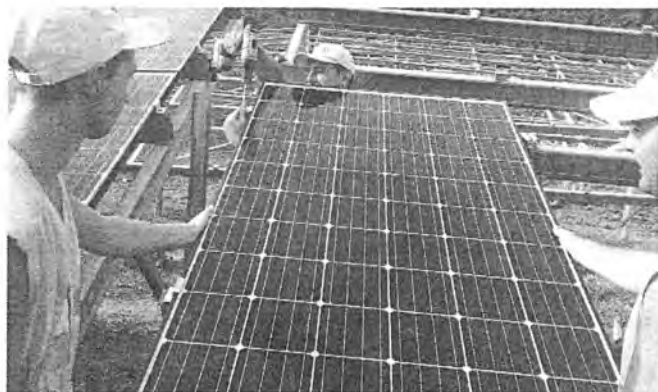
Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish va montaj qilish: Yirik fotoelektrik tizimlar uchun kichik nusxadan sanoat darajadagi nusxasigacha tayyorlanadigan konstruksiyalarning turli xillari mavjud. Bunday konstruksiya metallardan yoki sintetik materiallardan tayyorlanadi. Fotoelektrik tizimlarni o‘rnatish vaqtidagi holatga qarab tayanch konstruksiyalarning turli xil turlari mavjud. Tarmoq bilan bog‘langan tizimlar uchun tayanch konstruksiyalarning yassi yoki tomda kichik burchak ostida, shuningdek uy fasadlari uchun turlari mavjud. Tarmoq bilan bog‘langan tizimlar bino konstruksiyasining elementi ham bo‘lishi mumkin (integratsiyalashgan quyosh tizimlari).

Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish va montaj qilish ishlari malakali, tajribali mutaxassislar hamda texniklar yordamida amalga oshirilib, ularning xar biri o‘z yo‘nalishi bo‘yicha mutaxassisligiga ega bo‘lishi kerak:

1. O'rnatiladigan maydonni loyihalash bo'yicha ishlar, geodeziya soha mutaxassislari.
2. Metall konstruksiyalarni er montaji ishlari.
3. Quyosh modullari, invertorlar va boshqa elektr jixozlarini montaj qilish hamda ularni ulash.
4. Kabel liniyalarini o'tqazish, kabel – o'tkazgich qurilmalarini montaj qilish, transpormator podstansiyasiga ularni ulash.



4.28-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasining karkas qismini o'rnatish



4.29-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasida quyosh panellarini muxandislar tomonidan o'rnatish

Yuqoridagi 4.28-4.29 rasmlarda Namanganning Pop tumanida qurilgan quvvati 130 kW bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasining qurilishidan lavxalar keltirilgan. Mazkur stansiya O'zbekiston Respublikasining iqtisodiyot Vazirligi hamda Koreya Respublikasining savdo, sanoat va energetika Vazirligi o'rtasida o'zaro hamkorlik to'g'risidagi Memorandumini ijrosini amalga oshirish doirasida qurilgan.

“O'zbekenergo” DAK Koreya Fotoelektrik Sanoati Assotsiatsiyasi bilan birgalikda Namangan viloyati Pop tumanida 130 kW quvvatga ega bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasining qurilish, montaj va sozlash ishlari nihoyasiga etkazildi, hamda sinov tartibida foydalanishga tushirildi. Fotoelektrik stansiyada “Hanhwa”, “JSPV”, “S-Energy” va “TopSum” kompaniyalarining uskunalari o'rnatilgan.

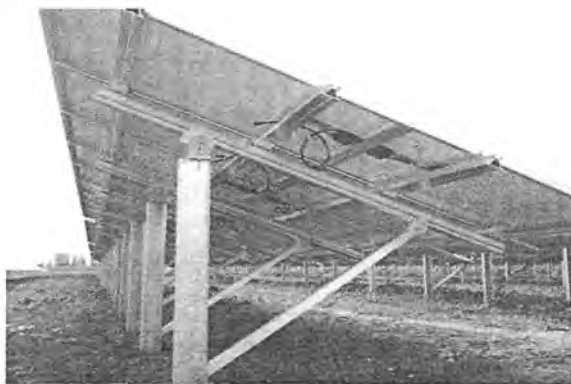
Ushbu sinov tartibidagi fotoelektrik stansiyaning ishga tushirish quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- Kandigon mahallasidagi aholini elektr energiya ta'minotining mustahkamligini oshirish;
- Koreyaning quyosh modullarini amaliy unumdorligini joylarda sinash yo'li bilan respublikada quyosh energiyasini rivojlantirish bo'yicha istiqboldagi va keng qamrovli loyihalarni tekshiruvdan otkazish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar bilan ta'minlash;
- O'zbekistonning tabiiy sharoitlarida Koreyada ishlab chiqarilgan quyosh modullarining unumdorligini sinab ko'rish;
- Koreya texnologiyalarini O'zbekiston Respublikasida quyosh fotoelektrik stansiyalarni qurish va rivojlantirishda ko'maklashish va quyosh energiyasi sohasida milliy mutaxassislarni tayorlashga yordam berish hisoblanadi.

Bunday ishlarni amalga oshirishda hamma jalb qilingan mutaxassislar, ob'ektda ishlash uchun maxsus ijozatnomaga ega xodimlar birdamlikda faoliyat olib borishlari zarurdir. Barcha bajariladigan ishlar va o'rnatiladigan qurilmalarga kafolat beriladigan holatda bo'lgani uchun qurilmalarni ishlashiga va pasport tasniflariga jiddiy e'tibor berish kerak.

Quyosh panellarini o'rnatish jarayonida mutaxassislardan, yaratilayotgan quyosh elektr stansiyasining joylashish o'rni, eng qulay qurilmalarni tanlash, montaj va loyihalashda murakkab jarayonlarni o'z ichiga olganligi uchun birma bir o'rganib chiqish talab etiladi.

Birinchi o'rinda quyosh fotoelektrik stansiyasining loyihadagi quvvati aniqlanadi. Bu bizga zarur bo'lgan quyosh modullari sonini hisoblash, hudud maydonini aniqlashda imkon beradi, so'ngra mutaxassislar sizga maxkamlash tizimining optimal chizmasini taklif etadilar. Albatta taqdim etilgan chizmada, kam chiqim sarflab maksimal miqdordagi elektr energiya olish imkonini beruvchi, fotoelektrik stansiya orientatsiyasi tanlangan bo'lishi shart.



4.30-rasm. Bir o'qli trekerga ega quyosh fotoelektrik stansiyasi

Tayanch tizimining ikkita asosiy ko'rinishi mavjud: **statik va dinamik**. Statik tizimning asosiy elementlariga bu maxkamlash tizimidagi yuqori sifatli alyuminiy profildan, tayanch elementlari ruh jimoyasi bilan qoplangan po'latdan tayyorlanadi. Statik tizimning xarakterli tomoni shundaki, quyoshga nisbatan orientatsiya qilingan modullarning qiyalik burchagini o'zgartirib bo'lmaydi. Mantiqan, quyosh modullari sutkaning yorug' vaqtida maksimal darajada yoritilgan bo'lishi va janubga qarab orientatsiya qilingan bo'lishi zarur. Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurishda daraxtlar, elektr energiya va telefon kabel liniyalari, televizor

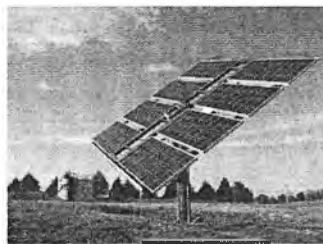
antennalaridan uzoqda bo'lishi kerak. SHuni aytish lozimki, vaqtinchalik soya xosil bo'lishi, atrof muxit changi va qush axlatlari shu kabi boshqa xolatlarda fotoelektrik modullarning elektrofizik parametrlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek yana bir holat, fotoelektrik panellar orasidagi masofaga ham e'tibor berish lozim, chunki ular bir biriga soya solmasligi va er silkinishlari yuzaga kelganda bir birlariga tegib ishdan chiqish xolatlarini kamaytiradi.

Yana statik tizimlar haqida qisqacha qisqacha to'htalamiz: modullar stolda gorizantal va vertikal ravishda (1-5) bir qancha qatordan joylashishi mumkin. Konstruksiya og'irligi va boshqa bir qancha tasniflariga bog'liq holda, stol (karkas) bir yoki ikki tayanchli bo'lishi mumkin. Konstruksiya mahkamlangan tizim tuproqli joyga ikki usulda biriktiriladi:

- 1) O'rnatilayotgan joyga to'g'ridan-to'g'ri qoziq orqali biriktirish.
- 2) O'rnatilayotgan joy maydonini beton qorishma orqali biriktirish.

Bu parametrlar birinchi navbatda, tuproqning geodeziyasi va geologiyasiga hamda stansiyaning loyihadagi quvvatiga qarab aniqlanadi.

Dinamik tizim – bunday tizim inglizcha (treker), ya'ni o'zbekchada "kuzatuvchi moslama" deb nomlanadi. Uning ish jarayoni juda oddiy bo'lib, qurilmaning FIK oshirish uchun, quyoshni maksimal darajada kuzatishga mo'ljallangan. Ularning ikki turi mavjud bo'lib, birinchisi *bir o'qli* va ikkinchisi *ikki o'qlidir*.



4.31-rasm. Ikki o'qli trekerga ega quyosh fotoelektrik stansiyasi

Bir o'qli treker o'z xolatini faqat bir o'qqa nisbatan o'zgartiradi. Odatda bunday treker tashqi ko'rinishidan statik konstruksiyaga o'hshab ketadi va e'tibor berib qaralganda bu konstruksiya aktuator bilan ta'minlangan bo'lib, qurilma qiyalik burchagini o'zgartirib turadi. Aktuator o'z navbatida, motor – reduktor va shtokdan iborat. SHTok stolni o'ziga biriktirib yuqoriga yoki pastga xarakatlantiradi. Bir o'qli treker bir yilda quyoshga nisbatan burchagini bir qancha marta o'zgartiradi. Bu yiliga 2 dan 20 gacha bo'lgan o'zgarishlarni amalga oshiradigan dasturiy ta'minot orqali boshqariladi.

Ikki o'qli treker – ikki xil tekislikda orientatsiya qilinadigan, murakkab muhandislik konstruksiya hisoblanadi. Ikki o'qli treketning, bir o'qli trekerdan farqli tomoni shundaki quyosh chiqqanidan va botguniga qadar kun davomida quyosh nurlarini maksimal yig'ib, cheklanmagan 180° burchakda stolni aylantiradi. Shuningdek u gorizontal holatda havfsiz rejimga ega bo'lib, kuchli shamol esganda ham bardoshli hisoblanadi. Ular Quyosh yorug'ligini maksimal darajada qabul qilishga mo'ljallangan avtomatik tarzda tizimni boshqaradi. Bunday tizimning samaradorligi statik tizimga ko'ra 30-40 % ko'proqdir. Bir tayanchli tizimga ko'ra 15 % ga yuqoriroqdir.

4.10. Elektr ta'minot tizimlarida avtonom fotoelektrik stansiyalarning hisobi

1.Yig'indi yuklamaning is'temolining hisobi

Hisob-kitoblar ketma-ketligi:

- 1.Uyda foydalanilishi mumkin bo'lgan hamma maishiy uy jihozlari va qurilmalarining ro'yxati tuziladi.
- 2.Har bir jihozning iste'mol quvvati aniqlanadi. Bu ularning texnik pasportlaridan yoki jihozlarga yopishtirilgan etiketkalardan (jihozning iste'mol quvvati va boshqa elektrik xarakteristikalari) bilish mumkin.
- 3.Har xil is'temol quvvatiga ega lampalar farqlanadi, ya'ni kichik va kamdan kam kiriladigan xonalarga katta quvvatli lampalarni o'rnatish zaruriyati yo'q.

4.Maishiy jihozlardan manbaga ulanganda lahzalarda katta tok iste'moli bo'ladigan ayrim qurilmalarni bilish zarur (masalan, printer, skaner – kopiya ko'chirish kompleks qurilmasi, suv nasoslari, va h.k). Muammo shundaki, bu kabi elektr iste'molchilari uchun maxsus sinusondal inverterlar lozim bo'ladi.

5.Sutkasiga elektr energiyasi is'temol qiladigan maishiy jihozlar hisobi qilinadi:

4.7-jadval

№	Nomlanishi	Quvvati, W	Miqdori	Vaqt	Energiya is'temoli, W·soat
1	Energiya tejamkor lampa	11	5	4,0	220,0
2	Energiya tejamkor lampa	8	3	0,2	4,8
3	Televizor	60	1	4	240,0
4	Elektr nasos	600	1	0,6	360,0
5	Dazmol	1500	1	0,3	450,0
6	Sovutgich	250	1	12	3000,0
7	Elektr chaynik	1000	1	1,0	1000,0
8	Kir yuvish mashinasi	1500	1	0,4	600,0
9	Mikroto'qinli pech	1500	1	0,1	1500,0
10	Chang yutgich	700	1	0,3	210,0
Jami: 7934,8 W·soat					

2.Tizimning doimiy tok kuchlanishi miqdorini tiklash.

Tizim kuchlanishining miqdorini tanlash, birinchidan zaryad-razryad kontrollerlari, inverter kuchlanishi bo'yicha ularning moslik nuqta'i nazaridan bo'lsa, ikkinchidan bu kuchlanish miqdoriga akkumulyatorlar va Quyosh fotoelektrik batareyalari ulanish simlariga bog'liq bo'ladi, uchinchidan kelgusidagi loyihalashdagi hisob-kitoblar uchun muhim sanaladi.

Odatda xususiy aholi yashash uylarida avtom fotoelektrik tizimlari uchun tizim kuchlanish sifatida 12V, 24V yoki 48V tanlanadi. Tizimda energiya yo'qotilishlarini kamaytirish uchun 48V elektr ta'minoti variantini tanlaymiz.

3.Sutkasiga talab qilinagan energiya miqdorini aniqlash.

Sutka davomida talab qilinadigan energiya miqdorini aniqlash uchun sutkalik iste'mol quvvati – 7934,8 W·soat juda muhim sanaladi. Agar bu raqamni tanlagan tizim kuchlanishi 48 V ga bo'lsak, unda bizda 165 A·soat hosil bo'ladi.

Kuchlanish inverterining o'zi ham xususiy ehtiyojlari uchun energiyani bir qismini is'temol qiladi. Demak uning uchun energiya zahirasini hisobga olish zarur. Bundan kelib chiqib 198 A·soat olinadi.

Shunday qilib, iste'molchilarning elektr ta'minoti uchun zarur bo'lgan sutkalik energiya miqdori 198 A·soatni tashkil etadi.

4.Kuchlanish inverterini tanlash.

Maishiy iste'mol jihozlari ro'yxatidan kelib chiqib tizim uchun kuchlanish inverterining asosiy parametrlarini aniqlash zarur bo'ladi. Birinchidan, kuchlanish inverteri uchun kirish kuchlanishi yuqorida tanlangan tizim kuchlanishi 48 V ga albatta mos kelishi zarur. Bu holatda inverter DC 48 V o'zgaruvchan kuchlanish AC 220 V ga o'zgartirilishi tushuniladi. Inverterning quvvatiga to'xtab o'tilsa, u maishiy jihozlarning qancha miqdorda foydalanilishiga qarab tanlanadi. Bu elektr is'temolchilaridan hammasi bir vaqtda manbaga ulanadigan bo'lsa ~8 kW quvvat kerak bo'ladi. Sutkaning har xil vaqtlarida ro'yxatdagi jihozlardan o'rtacha foydalanilganda inverter quvvatini cheklash mumkin, ya'ni katta quvvatdagi elektr is'temolchilarini bir vaqtda ishlash ehtimolligini nazarda tutsak, 5 kW inverterdan foydalanish lozim bo'ladi. Inverterning texnik xarakteristikalarini: quvvati 5 kW, 48 V o'rnatilgan zaryad qurilmasiga ega, sof sinusondal signalli.

5.Akkumulyator tizimining hisobi.

Agar avtonom quyosh fotoelektrik stansiyasi dala hovliga oʻrnatilgan boʻlsa, maʼlumki asosiy elektr energiya isʼtemoli dam olish kunlari amaliy oshiriladi. Akkumulyator tizimini zaryadlash butun hafta davomida dushanbadan juma kechgacha davom etadi. Akkumulyator tizimining toʻliq zaryadlanishi holati yil mavsumlarida Quyosh nurlanishining intensivligiga ham bogʻliqdir. Qish oylarida tinimsiz qor, yomgʻir yogʻishi, tutash bulutlilik vaqtlarida invertorga oʻrnatilgan zaryad qurilmasidan AB zaryadlashda foydalaniladi. Energiya zahirasini kun davomida amalga oshiriladi deb hisobga olsak, maishiy energiya isʼtemolchilari uchun ratsional elektr sigʻimini tanlashimiz mumkin.

Shuningdek AB uchun xos boʻlgan ayrim maʼlumotlarga eʼtibor qaratamiz:

1. AB razryadlashda katta miqdordagi “razryadlanish chuqurligi” eʼtibor qaratish lozim, bu esa foydalanuvchining oʻz qoʻllari bilan AB yaroqsizligini keltirib chiqarishini anglatadi. Asosan 20% atrofidagi razryadlanishga orentatsiya lozim.

2. Xavfsizlik ekspluatatsiyasi nuqtaʼi nazardan avvalo germetizatsiyalangan AB tanlash kerak, germetizatsiya qilinmagan AB ish jarayonida portlash havfi boʻlgan navas olishga zararli gazlar ajralib chiqadi.

3. Avtonom tizimlar uchun ekspluatatsion xarakteristikalariga koʻra eng maqbul akkumulyator turi gel akkumulyatori (GEL) hisoblanadi.

4. Shuningdek AB uchun zaruriy sigʻim hisobini amalga oshirish lozim boʻlsa, sovuq va issiq mavsumlar uchun atrof muhit xaroratining kichik qiymatlarida AB sigʻimi kamayadi, yaʼni ushbu haroratda akkumulyator bera olishi mumkin boʻlgan energetik sigʻim kamayadi. Akkumulyatorlarning zaruriy sigʻimini hisoblashda atrof muhit haroratini hisobga olib zahiraviy sihim yaratish lozim. Quyida atrof muhit haroratiga mos holda koeffitsient toʻplanadi:

26,7⁰C – koef. = 1,00

21,2⁰C – koef. = 1,04

15,6⁰C – koef. = 1,11

10,0⁰C – koef. = 1,19

4,4⁰C – koef. = 1,30

$$-1,1^{\circ}\text{C} - \text{koef.} = 1,40$$

$$-6,7^{\circ}\text{C} - \text{koef.} = 1,59$$

Sutkaning ko'p davomida kafolatli energiya zaxirasini ta'minlashda,

$$C_{sut} = 198A \cdot \text{soat} \times 1 = 198A \cdot \text{soat} / \text{sutka}$$

Razryadlanish chuqurligini hisobga olsak,

$$C_{raz.chuq.} = \frac{198A \cdot \text{soat}}{0,2} = 990 A \cdot \text{soat}$$

AB xona haroratidan yuqori haroratda, asosan yoz mavsumlarida ekspluatatsiya sharoitini hisobga olsak,

$$S_{atr.haror.} = 990 A \cdot \text{soat} \times 1,00 = 990 A \cdot \text{soat}$$

Shunday qilib, AB umumiy sig'imi $990 A \cdot \text{soat}$ ni tashkil etadi. Buning uchun xorijda ishlab chiqarilgan GEL akkumulyatori tanlanadi, nominal kuchlanishi 12 V, nominal elektr sig'imi $200 A \cdot \text{soat}$.

5. Akkumulyatorlar tizimi parallel ulanish uchun kerak bo'ladigan miqdorni hisoblaymiz:

$$N = \frac{990 A \cdot \text{soat}}{200 A \cdot \text{soat}} = 4,95 \text{ dona}$$

Olingan kattalik yaxlitlansa va akkumulyatorlarni parallel ulashda 5 dona AB lozimligi aniqlandi. So'ngra qancha AB ketma-ket ulash mumkinligi aniqlanadi. Buning uchun tanlangan tizim kuchlanishi (-48 V) bitta akkumulyatorning kuchlanishiga bo'linadi.

$$N_{ketma-ket} = \frac{48 V}{12 V} = 4 \text{ dona}$$

Ja'mi bo'lib AB tizimi tarkibidagi akkumulyatorlar soni aniqlanadi.

$$N_{it} = 5 \times 4 = 20 \text{ dona}$$

Demak, zarur bo'lgan umumiy akkumulyatorlar soni 20 donani tashkil etadi.

Akkumulyatorlarni kommutatsiya qilish parallel va ketma-ket holda amalga oshiriladi. Bu holatda 5 ta guruh 4 tadan AB dastlab ketma-ket, so'ngra bu guruhlar parallel ulanadi.

6. Quyosh fotoelektrik batareyalarining tarkibini hisoblash.

Respublikamizda tomonidan ishlab chiqilgan Quyosh fotoelektrik modulini tanlaymiz: uning tenik xarakteristikalari, $P_{pik} = 100 W$, salt

yurish kuchlanishi 21,6 V, qisqa tutashuv toki 5,0 A, polikristall kremniyli modul. Quyosh fotoelektrik modulining hisobi uchun avvalo u o'rnatiladigan hudud uchun quyosh insolyasiyasini bilish zarur. Bu kabi ma'lumotlarni o'tgan yil hisobi bo'yicha sun'iy yo'ldosh ma'lumotlar bazasidan olish mumkin.

Bu qismda fotoelektrik modullarning soni va umumiy quvvati aniqlanadi. Hisob-kitoblar uchun foydalanish davridagi quyosh nurlanishi oqim zichligining qiymatini aniqlash lozim bo'ladi.

Ushbu jadvalda Toshkent shahri sharoiti uchun uch oy bo'yicha o'rtacha quyosh nurlanishi oqim zichligining qiymatlari keltirilgan.

Уртача кунлик куёш нурланиши оқим зичлиги, кW·soat/m ²	Dekabr, Yanvar, Fevral	Mart, Aprel, May	Iyun, Iyul, Avgust	Sentyabr. Oktyabr, Noyabr
	2,45	5,23	8,08	5,08

Quyosh nurlanishi oqim zichligining qiymatlari yoz va qish mavsumlariga ko'ra taqqoslanganda 3,3 marta farqlanadi. Agar hisob-kitoblar uchun qishki radiatsiyani oladigan bo'lsak, unda FES uchun juda katta maydonga ega quyosh fotoelektrik paneli kerak bo'ladi. Agar yoz bo'lsa, quyosh fotoelektrik paneli maydoni qish oylarida kunlik quvvatni ta'minlamaydi. Odatda ular kuz uchun bahor uchun o'rtacha qiymatni oladi $= 5,16 \text{ kW} / \text{m}^2$.

Bizning hisob-kitob misolimizda modullar fazoda optimal yo'naltirilgan bo'lsa, kun davomida ularni hech narsa to'sib qo'ymasa va kuzatuv tizimi mavjud bo'lmagan holatlarni ko'rib chiqamiz. Bu omillar haqiqiy ob'ekt uchun hisobga olinishi mumkin.

Quyosh fotovoltaiik paneli orqali elektr energiyasini ishlab chiqarish unga quyosh nurining tushish burchagiga bog'liq. Maksimal 90 graduslik burchak ostida sodir bo'ladi. Biz bu burchakdan chetga chiqsak, quyosh fotoelektrik modullari tomonidan fotonlar yutulishi kamayadi va samaradorlik tushishi mumkin.

Yozda maksimal energiya olish uchun modullarni gorizontga nisbatan og'ish burchagi 18-20° ostida joylashtirishingiz kerak. Qish mavsumida maksimal darajaga erishish uchun modullarni 60-62° burchak ostida ufqqa egish kerak. Butun kalendar yili uchun maksimal qiymatni olish uchun quyosh modullarining moyillik burchagi hududning kengligiga teng bo'lishi kerak.

Quyosh nurlanishi oqim zichligidan tashqari, hisoblashda modulning yuzasini yozda kuchli isishi hisobga olinishi kerak, bu esa uning samaradorligini pasaytiradi. Amalda quyosh modullari majmuasining kerakli quvvatini hisoblash uchun quyidagi soddalashtirilgan formuladan foydalaniladi:

$$P=(1000 W)/(k E),$$

bu yerda P - quyosh modullarining umumiy quvvati, W - kerakli kunlik energiya miqdori, k - mavsumiy koeffitsient (yozda 0,55, qishda 0,7, bahor va kuzda -0,63), E - quyosh nurlanishi oqim zichligining qiymati.

K-koeffitsienti quyosh tomonidan qizdirilganda fotoelektrik batareyalarining quvvat yo'qotilishini to'g'irlaydi, shuningdek, kun davomida modullar yuzasiga nurlarning qiya tushishini hisobga oladi. Qish va yozda uning qiymatidagi farq qishda elementlarning kam isishi bilan bog'liq.

Batareyaning zaryad-razryad jarayonidagi va ulanish simlaridagi yo'qotishlarni qoplash uchun panelning quvvatini taxminan 20% (koeffitsient 1,2) ga oshirish kerak.

Formula bo'yicha iste'mol qilinadigan energiyaning umumiy quvvatiga (W) asoslanib, fotoelektrik panelning umumiy quvvatini (P) hisoblash oson. Uni bilib oddiygina bir modulning quvvatiga bo'lish orqali biz modullar sonini topamiz.

Keling, kunlik elektr ta'minoti uchun zarur bo'lgan quyosh panelining umumiy quvvatini va 130 W quvvatga ega N modullar sonini hisoblashning shartli misolini keltiramiz.

Yoz oylari: $W = 8 \text{ kW} \cdot \text{soat}$

$$E = 8,08 \text{ kW} \cdot \text{soat/m}^2$$

$$K = 0,55$$

$$P = \frac{1000 \cdot 8 \cdot 1.2}{0.55 \cdot 8.08} = \frac{9600}{4.444} = 2160,2 \text{ W}$$

N=22 ta fotoelektrik modul.

Qish oylari: $W = 8 \text{ kW soat}$

$$E = 2,45 \text{ kWsoat/m}^2$$

$$K = 0,7$$

$$P = \frac{1000 \cdot 8 \cdot 1.2}{0.7 \cdot 2.45} = \frac{9600}{1.715} = 5598 \text{ W}$$

N=56 ta fotoelektrik modul.

Bahor va kuz oylari: $W = 8 \text{ kW} \cdot \text{soat}$

$$E = 5,16 \text{ kW} \cdot \text{soat/m}^2$$

$$K = 0,63$$

$$P = \frac{1000 \cdot 8 \cdot 1.2}{0.63 \cdot 5.16} = \frac{9600}{3.2508} = 2953 \text{ W}$$

N=30 ta fotoelektrik modul.

Istemolchini 8 kWsoat/sutka energiya bilan ta'minlash uchun yozda 22 ta modul, qishda esa 56 ta modul kerak bo'ladi. Har bir iste'molchi o'zining moliyaviy imkoniyatlari va modullarni joylashtirish uchun bo'sh joydan kelib chiqib, qancha quyosh modulini o'rnatishni o'zi hal qiladi.

4.11. Kosmik Quyosh elektr stansiyalari va ularni loyihalashtirish

Yer yuzasiga tushayotgan Quyosh radiatsiyasining doimiy emasligi, nisbatan uning intensivligining kichikligi o'z navbatida Yerdan QES qurilishi geliostatlar (yoki sun'iy havza), fotoelektrik modullar, akkumlyatorlar, energiya o'zgartirgichlari va boshqa inshootlarni

joylashtirish uchun katta maydon va sezilarli chiqimlar sarflanishga sabab bo'ladi.

Shu bilan bog'liq holda ajoyib g'oyalardan biri sun'iy yo'ldoshli Quyosh elektr stansiyalaridan foydalanish hisoblanadi. Bu g'oyaning mohiyati shundan iboratki, alohida konstruksiyaga ega sun'iy yo'ldosh geostansionar (geosinxron) orbitaga (taxminan, 35 ming km) olib chiqiladi, so'ngra u Yer yuzasidan aniq bir nuqtada muallaq bo'ladi yoki sayyora bilan sinxron ravishda aylanma xarakterda bo'ladi. Bunday sharoitlarda sun'iy yo'ldoshli QES deyarli 99% dan ortiq vaqtda Quyosh nurlari bilan yoritiladi, bunda energiya oqim zichligi $\geq 1,4 \text{ kW/m}^2$, ya'ni Yer yuzasidagi o'rtacha energiya oqimi zichligidan 5-7 marta katta bo'ladi. Sun'iy yo'ldoshda zichlashtirilgan Quyosh energiyasi maxsus quyosh elementlaridan (10 karra Quyosh, 50 karra Quyosh va hakoza) tashkil topgan modullarda elektr energiyasiga o'zgartiriladi, bunda u maxsus antennada tor dastada elektromagnit nurlanish mikroto'lqinli diapozonida 2,4-2,5 GGs (to'lqin uzunligi $\lambda \approx 10 \div 12 \text{ sm}$) Yerga uzatiladi. Yerdan nurlanish mos keluvchi antenalar yordamida qabul qilinadi va u bir qancha o'zgarishlardan so'ng standart chastotali o'zgaruvchan tokga aylantiriladi.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirish jarayoni asosan 2 ta usul yordamida amalga oshirilishi mumkin. Ulardan birinchisi asosan koinot uchun ishlab chiqarilgan yarim o'tkazgichli fotoelektrik o'zgartirgichlardan (FO') foydalanib quyosh nurlanishini elektr energiyasiga o'zgartirish hisoblanadi. Dastlabki loyihalarda, ya'ni kosmosda QES qurishda asosan ikki turdagi fotoelektrik o'zgartirgichlardan kremniy va arsenid gallyidan foydalanilgan. Ularning har biri o'z yutuqlari va kamchiliklarga ega. Hisob-kitoblarga ko'ra bunday FO'-dan 500 MW quvvatdagi kosmik QES yaratishda ikkala holatda ham umumiy massa taxminan 8000 t tayanch karkas, konsentratorlari, o'tkazgich kabellar va boshqa texnik apparaturalar bilan birga 12 000 t ni tashkil etadi. Aytish joizki ushbu ko'rsatkichlar ikkala FO' uchun bir xil bo'lsada, kremniyli FO' tannarxi arzon hisoblanadi, tayyorlash texnologiyasi shu vaqtgacha yaxshi o'zlashtirilgan, shu jumladan arsenid gallyyli FO' ancha yuqori FIK ga egadir, lekin o'z

navbatida Yer yuzasida galliy zaharlanishlarining cheklanganligi, yuqori tannarxi, qazib olish, qayta ishlashning murakkabligi bilan ular bir-biridan farqlanadi. Galliy arsenid asosidagi kosmik QES hisob yaroqlilik muddati 30-35 yilni tashkil etadi.

Kosmik QES Quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirishning ikkinchi usuli asosan mashhur issiqlik energiyasini o'zgartirgich mashinalar (gaz, bug', turbinali), to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirgichlar (termoemission, termoelektrik, MGD) va boshqa qurilmalar hisoblanadi. Ammo eng ko'p tarqalgan ishlab chiqarish loyihalarda Renkin va Brayton sikli yordamida ishlaydigan berk turdagi gaz va bug' turbinali o'zgartirgichlar asosidan tizimlar o'z o'rniga ega bo'ladi.

Bu o'zgartirgichlarning asosiy yutuqlari asosan FO' larning FIK bilan taqqoslaganda ularning ancha yuqori FIK (40% gacha) ega ekanligidir, shuningdek hozirgi vaqtga qadar generator va turbinalarning sifatli ishlab chiqarish texnologiyasiga erishilganligi va rivojlangan sanoat bazasining mavjudligi hisoblanadi.

Gaz turbinali va bug' turbinali o'zgartirgichlarni taqqoslab aytish mumkinki, birinchisi ikkinchisiga qaraganda juda kichik FIKga egadir. SHuning uchun bir xil FIKga ega bo'lishlari uchun gaz turbinali o'zgartirgichlar Brayton siklida katta harorat farqiga va mos ravishda sovutgich – nurlantirgich issiqlik ajraluvchi yuzalari katta o'lchamlariga ega bo'lishi zarur. Gaz turbinali o'zgartirgichlarning muhim afzalliklari bo'lib ishchi jismning bir fazaligi (inert gazlar), ularning konstruktiv materiallarga agressiv ta'siri yo'qligi, boshqarish va qo'shishning engilligi hisoblanadi. Bularning hammasi kosmik QESdagi loyihalarda gaz turbinali o'zgartirgichlardan foydalanish, ularning ko'p tarqalishiga olib keladi.

Kosmos uchun yaratilgan loyihalardan biri minora tipidagi QES kabi analog bo'lib, bunda konsentratorlar (odatda, paraboloid aylanish shaklida) bo'lib quyosh nurlanishini ko'p qirrali kuchaytirishlardan so'ng issiqlik qabul qilgichga yo'naltiradi. Issiqlik tashuvchi sifatida qandaydir inert gaz (masalan, argon)dan foydalanilib jarayonda uning harorati 1000-1300 K ga ko'tarilib turbinaga tushadi va val bilan bir qatorda generator motorini aylantiradi. Turbinada ishlatib bo'lingan gaz kompressor, radiator va rekuperatorda sovutiladi va qayta issiqlik almashingichga yuboriladi.

Hamma qurilmasini umumiy FIK bunda taxminan 18% ni tashkil etadi. Kosmik QES uchun mashhur loyihalardan biri 16 blokdan tashkil topgan har birining quvvati 500 MW dan bo'lgan turbogeneratorlar hisoblanadi. Solishtirma massa, ya'ni 1 kW o'rnatilgan quvvatga to'g'ri.

Ammo koinotda kosmik issiqlik elektr stansiyalaridan foydalanib quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartilishida bir qancha muhim kamchiliklar aniqlangan.

Birinchi, kosmos sharoitida aylanma xarakat qiluvchi detallar va tugunlarning mavjudligi qurilmalarning ekspluatatsiya vaqtidagi ishonchligini kamaytiradi, bu esa juda muhim sanaladi.

Bu kamchilik, xaqiqat, bu aylanuvchi turbinalarning o'rniga magnit gidrodinamik generator (MGD-generator) foydalanish mumkin. Kosmosning kichik harorati yuqori o'tkazuvchi magnit o'ramlarini qo'llashni soddalashtiradi, deyarli mutloq vakuum germetizatsiyalash masalasini engillashtiradi. Ikkinchi, parabolid aylanish shakliga ega ulkan konsentratoridan tayyorlanilgan uskuna kosmos sharoitida katta qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirishning yuqorida keltirilgan ikki usulidan qaysi biri ma'qulroq hisoblanadi? Hozir bu savolga javob berishga shoshilmaslik kerak. Kelgusida bu texnologiyalarning takomillashuvi muhim sanaladi.

Asosiy muammolardan biri kosmosda ishlab chiqilgan elektr energiyasini Yerga uzatish hisoblanadi. Yuqori chastotali nurlanish (YuChN) energiyasini uzatishining afzalligi shundan iboratki, atmosfera orqali mikroto'lqinli nurlanishning o'tishida amaliy jihatdan yoqotishlarning yo'qligi, shuningdek element bazasining o'zlashtirilganligi hisoblanadi.

Kosmosda ishlab chiqarilgan elektr energiyasini YuChN energiyasiga o'zgartirish uchun kesib o'tuvchi maydonga ega kuchaytirgichlar – amplitronlar, chiziqli dastaga qurilmalar – klistronlar yoki bevosita quyosh nurlanishini YuChN quvvatiga o'zgartiruvchi elektron qurilmalar taklif qilinadi. Bunda nisbatan YuChN katta to'lqin uzunligi (10-12 sm) katta sochilish dastasini hosil qiladi, bu esa o'z navbatida Yer yuzasida katta

maydonda antennalar stansiyasini yaratishni (ularni odatda rektinna deb nomlanadi) talab qiladi.

Hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, 5000 MW quvvatni uzatish uchun uzatuvchi antenaning diametri 1 km atrofida bo'lishi zarur. Rektennalarning o'lchamlari ularning hududida joylashish o'rniga (shimoliy kengligiga), ekvatorida bu xalqa shaklidagi diametri 12 km bo'lgan o'lchamga bog'liq. Rektenna nafaqat YuChN qabul qiladi, balki million diod elementlari yordamida uni doimiy tokka o'zgartirish, o'z navbatida lozim topilsa oddiy usulda o'zgaruvchan tokka o'zgartirish mumkin. Bundan rektennaning maydoni 250-270 km² ga etishi mumkin.

Bir qancha yil oldin xorijiy adabiyotlarda ushbu energiyani lazer nuriga o'zgartirib uzatish taklifi aytib o'tilgandi. Bu holatda qabul qiluvchi – uzatuvchi qurilmaning diametri bir qancha o'nlab metrni tashkil qilish aytib o'tiladi. Ammo bu usuldan foydalanishda bitta muhim kamchilik mavjud. Gap shundaki, yuqori FIK ega yuqori quvvatli lazerlar ishlaydigan chastotalar diapozoni quyosh energiyasini elektr energiyasiga teskari samarali o'zgartirishda mos kelmaydi, bu esa kosmik QESda samaradorlikni sezirarli kamayishiga sabab bo'ladi. Bundan tashqari, lazer nurlanishining intensivligi ma'lum ma'noda atmosferaning holatiga ham bog'liqdir (masalan, tutash butunlilik holatlarida lazer nurlanishi kuchsizlanadi).

Kosmosda QES loyihalashda ularning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligi ham asosiy mezonlardan hisoblanadi. Ekologik savollarda hanuzgacha ko'pgina noaniqliliklar mavjud. YuChN atmosferadan o'tganda radioto'lqinlarning tarqalish sharoitiga ta'siri ya'ni radioaloqa tizimlarida shovqin yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.

YuChN energiyasi, ayniqsa uning yuqori chastotali tashkil etuvchilari atmosfera tarkibidagi kislorod va suv molekulari tomonidan kuchli yutiladi va balki havoning lokal qizishiga sabab bo'lishi mumkin.

YuChN havotransporti yo'lovchilari uchun hech qanday xavf tug'dirmaydi, chunki uchish apparatlarining korpusi YuChN dan kuchli himoyalani tizimiga ega desak mubolag'a bo'lmaydi. Ammo YuChN shubhasiz uchish apparatlarining elektron qurilmalari va uskunalariga (bort EHM, navigatsion qurilmalar) jiddiy zarar etkazish mumkin. YuChN

himoyalangan tirik organizmlarga ta'siri tahlil qilinsa, mutaxassislarning fikriga ko'ra jiddiy xavf asosan dastaning markaziy qismiga tushib qolgan organizmlarda bo'lishi mumkin. Ammo xavfning aniq shakllari va namayon bo'lish darajalari kelajak tadqiqotlari hisoblanadi.

Shunday qilib, kosmik QES yaratish – xalqaro hamkorlikni talab qiluvchi, jamiyatning iqtisodiy, ijtimoiy-siyosiy jihatlari shuningdek ilmfan va texnikaning ko'p sohalarini qamrab oluvchi murakkab masala hisoblanadi. Shu bilan birgalikda energetik maqsadlar uchun kosmosni o'zlashtirish – bag'oyat istiqbolli masaladir.

V.BOB. YER SHAROITIDA QUYOSH ENERGETIK QURILMALARIDAN FOYDALANISH USULLARI VA ULARNING ENERGETIK XARAKTERISTIKALARI

Quyosh kollektori (QK) - Quyoshning radiatsion energiyasini yutadigan va uni issiq suv yoki isitish uchun ishlatiladigan muhitning (odatda suv yoki havoning) issiqlik energiyasiga aylantiradigan qurilma. QK turli xillari mavjud, ular orasida quyidagilarni ta'kidlash kerak:

- yassi;
- vakuumli;
- konsentratorli;

Shuningdek, QK ni ishchi muhit turi (suv, havo, glikol va boshqalar) bo'yicha ham tasniflash mumkin.). Keng tarqalgan suyuqlikli yassi QK-issiqlik yutuvchi absorber panel (absorber) bo'lib, unda issiqlik tashuvchining aylanishi uchun kanallar (trubalar) mavjud. Quyosh issiqligini yutuvchi absorberning yuqorisida (unga nisbatan ayrim bo'shliq bilan) shaffof izolyasiya mavjud. Bu qurilma barcha qismlari korpusga joylashtirilib, pastki va yon qismlari issiqlik izolyasiya materiallari bilan jihozlangan. "Issiqxona effekti" deb ataladigan hodisa – bu QK ning ishlash prinsipi shishaning qisqa to'liqinli Quyosh nurlarini o'tkazish va qizigan sirtning (absorberning) uzun to'liqinli nurlanishini ushlab qolish xususiyatiga asoslangan. Bunday tanlab uzatish natijasida Quyosh radiatsiyasi absorber panel tomonidan yutilib, u qizdirilganda uzoq to'liqinli nurlanish chiqara boshlaydi va shishaning uzoq to'liqinli nurlanishni ushlab qolish qobiliyati tufayli shisha bo'shligi ichida haroratning sezilarli darajada oshishi kuzatiladi. Shishaning issiqlik uzatish xususiyatlarini yaxshilash uchun to'qimali sirt kilinishi va material tarkibida temir moddasining kamaytirilishi va uzun to'liqinli nurlanishni ushlab kolish uchun qo'shimcha tanlanma qoplamalar kullanilishi yordam beradi. Kollektorning ko'p qatlamli shaffof qoplamasi ham issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish imkonini beradi.

Odatda, absorber panel issiqlik o'tkazuvchanligi (mis, alyuminiy) yuqori bo'lgan materialdan tayyorlanadi va quyosh energiyasining yutilish koeffitsienti yuqori bo'lgan qora material bilan bo'yaladi yoki qoplanadi.

Zamonaviy yassi QK quyidagi afzalliklarga ega: nisbatan arzon narxlardagi yuqori samaradorlik, ishonchlilik, dizaynning nisbiy soddaligi, uzoq muddat ishlash imkoniyati.

5.1. Quyosh energetik qurilmalarining sinflanishi va ularning o'ziga xos xususiyatlari

Quyosh energiyasi o'z ehtiyojlari uchun insonlar tomonidan undan foydalanish nuqta'i nazardan g'oyat universal sanaladi. Quyosh nurlanishini balki nisbatan oson issiqlik, mexanik va elektr energiyasiga o'zgartirish mumkin, shuningdek biologik va kimyoviy jarayonlarda foydalanish mumkin. QEQ aholi yashash, jamoat va sanoat inshootlarida isitish va sovutish tizimlarida ishlaydi va bu o'z navbatida (juda kichikdan yuqori ultra) istalgan haroratlarda kechuvchi texnologik jarayonlarda amalga oshishi mumkin. Quyosh nurlanishidan foydalanish va o'zgartirishdagi texnologik jarayonlarning o'zi texnologik murakkabligiga ko'ra juda har xil bo'lishi mumkin. QEQ o'zi gabarit o'lchamlarga ko'ra har xil bo'lishi kuzatiladi: mikrokal'kulyatorlar va qo'isoatlarining mikrominiatyurali ta'minot manbalaridan boshlab yuqori balandlikdagi minora tipidagi og'irligi yuzlab tonna bo'lgan QES ga bo'lishi mumkin.

QEQ texnologik sxemalariga bog'liq holda yassi, soddakonstruksiyali suv isitish, doimiy elektr energiyasiga o'zgartiruvchi qabul qilgich yuzalardan tortib Quyosh radiyasiyasidan maksimal foydalanish maqsadida Quyoshni kuzatish tizimlaridan iborat murakkab tizimlargacha farqlanishi mumkin.

QEQ dan qishlaq xo'jalik mahsulotlarini va har xil materiallarni quritish jarayonlaridan foydalaniladi, shuningdek issiq suv olish, sho'r suvni chuchuklashtirish, ichimlik suvi olish maqsadida ham keng qo'llaniladi. Quyosh nurlanishi o'simliklarning, o'sishi, rivojlanishi, ya'ni fotosintez jarayonlarini amalga oshirish uchun zarur sharoit yaratib beradi, Quyosh nurlanishi tufayli Yerda har xil fotokimyoviy jarayonlar yuz beradi.

Texnikada issiqlik sikllari (masalan, Renkin yoki Karno sikllari), termoelektrik va termoemission jarayonlar asosida quyosh nurlanishini elektr energiyasiga o'zgartirishning har xil texnologik sxemalari to'plami mavjud. Oxirigi yillarda yuqori samarali fotoelektrik o'zgartirgichlar yaratish sohasida ulkan yutuqlarga tayangan holda butun dunyoda Quyosh fotoelektrik qurilmalaridan foydalanish, jadal rivojlantirish amalga oshirilmoqda. Yerda Quyosh nurlanishining sochilgan xarakteristikasini hisobga olib har xil maqsadlar uchun QEQ iqtisodiy energetik ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida Quyosh nurlanishi konsentratorlarining har xil tizimlarini qo'llash g'oyat istiqbolli hisoblanadi. Yerda va kosmosda foydalaniladigan QEQ ga tabiiy ravishda toza energetik talablar bilan bir qatorda o'ziga xos bo'lgan xarakterli xususiyatlar, transportirovka, masalan QEQ ni kosmosga olib chiqish kabi muammolarni hal qilish talab etiladi.

Bugungi kunda QEQ turlari va istiqbolli turlari, umumiy o'ziga xos bo'lgan sinflanishning zamonaviy alomatlarini qarab chiqamiz.

1. Quyosh nurlanishidan foydalanish, uni boshqa energiya turlariga o'zgartishi: issiqlik, mexanik, elektr va hakoza. Issiqlik va elektr energetikasida QEQ foydalanishda ular aniq iste'molchilar uchun foydalanish turiga qarab uchta kategoriyaga bo'linadi: katta energiya tizimida mo'ljallangan QEQ; lokal elektr tarmog'ida ishlaydigan QEQ; energiya ta'minotining ishonchliligini ta'minlash bo'yicha har xil maqsadlarga mo'ljallangan avtonom QEQ. Shunga bog'liq holda Quyosh elektr stansiyasi yoki QEQ holatiga qarab energiya ta'minoti tizimlarida gelioenergetik hisob-kitoblar informasion ta'minotiga talab sezilarli o'zgaradi.

Bundan tashqari, QEQ dan foydalanish kategoriyalariga bog'liq holda asosan QEQ istalgan samarali turdagi akkumulyasiyalash tizimiga ega kombinatsiyasi yoki qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi boshqa turdagi energiya qurilmalar ko'rinishiga qarab talablar yuza kelishi mumkin. Masalan, avtonom iste'molchilarni QEQ bilan ta'minlash ish jarayonida ya'ni yuqori ishonchlilik kategoriyalari nafaqat sutka davomida, balki ba'zi hollarda energiyani akkumulyasiyalashning uzoq sikli mavjudligi talab qilinadi. Agar bunda energiya tizim bilan aloqa va

Quyosh nurlanishi mavjud bo'lmagan davrlarda, xo'jalikning barcha is'temolchilarini ish holatida ushlab turish zaruriyati kabi yuzaga kelmaslik holatlari bo'lganda tizimdagi katta Quyosh elektr stansiyalarida bunga o'xshash talablar odatda yo'q bo'ladi.

2. Joylashish o'rniga qarab: Yerdan faoliyat olib boradigan QEQ va kosmik QEQ. Qurilmalarni himoya qilish tizimlari ularda har xil bo'ladi: Kosmosda – qabul qilgich yuzalarni ishdan chiqaruvchi kuchli kosmik radiasion nurlanishi; katta harorat gradientlari; Yerdan – QEQ ni sovitish, changdan himoya va boshqa ta'sirlar. Havosiz fazoda ishlaydigan kosmik Quyosh elektr stansiyalari uchun vaznsizlik muammolari yo'qligida QEQ konstruksiyalarining og'irlik ko'rsatkichlari kam ahamiyatga ega bo'ladi. Eng muammoli vazifa sifatida bu yerda umuman olganda atrof muhitga insoniyatga sezilarli zarar yetmagan holda yig'ilgan energiyani uzatish hisoblanadi. Ko'pchilik hollarda insoniyat uchun juda muhim hisoblangan Yerdagi ozon himoya qatlamini yemirilishi bilan bog'liq yirik ta'sirli muammo sanaladi. Quyosh energetikasida Yerdagi Quyosh elektr stansiyalari uchun xarakterli hisoblangan boshqa texnik muammolar ham uchraydi. Masalan, maxsus geosentrik orbitallarga chiqarilgan kosmik QES dan to'liq farqli ravishda yil mavsumlari va sutkalik vaqt bo'yicha Quyosh nurlanishi siklligini hisobga olib aytish mumkin. Yer yuzasida Quyosh nurlanishi jarayonlarining xarakterli tasodifiy hususiyatlari, shuningdek siklligini hisobga olib QEQ dan foydalanish kategoriyalariga bog'liq holda energiyani akkumulyatsiyalash tizimiga ega QEQ kombinatsiyasiga talab tug'iladi.

3. Qo'zg'almasligiga ko'ra: ko'chma, qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas QEQ. Ular bir-biridan massa gabarit xarakteristiklari, shuningdek konstruktiv murakkablik xususiyatlariga ko'ra farqlanadi. Mohiyatan ular sezilarli ravishda bir-biridan ishonchlilik xarakteristikalariga bog'liq holda farqlanadilar.

4. Quyoshga nisbatan orientatsiyalash turiga qarab quyidagicha: Yer yuzasida (o'zgartirilgan) doimiy orientatsiyalash orqali, bir koordinatali Quyoshni kuzatish tizimi bilan ta'minlangan konstruksiya va ikki koordinatali Quyoshni kuzatish tizimi (qabul qilgich maydoncha orqali

Quyosh nurlanishini maksimal tushuvi ta'minlanadi) bilan ta'minlangan konstruksiya orqali Quyoshga nisbatan doimiy tarzda orentasiya asosan kommunal-maishiy maqsadlarga mo'ljallangan holda binolarning tomlariga, ochiq maydonda Yer yuzasiga janub tomonga qat'iy burchak ($\beta^0 = const$) ostida maxsus qo'zg'almas karkas-konstruksiyalarga muallaq joylashtiriladi. Quyoshni vaqt bo'yicha uzluksiz kuzatish tizimiga ega QEQ bir qancha usullar orqali amalga oshirilishi mumkin. Masalan, yuqoridagi paragriflarda aytib o'tilgandek bu $\beta^0(t)$ va $\gamma^0(t)$ ni o'zgartirish orqali bo'lsa, shuningdek birinchi holatda QQM janubga nisbatan qiyalangan burchak uchun $\beta^0(t)$ ni uzluksiz o'zgartirib va $\gamma^0(t) = const$) bo'lgan konstruksiyada, ikkinchi holatda janubga qiyalangan QQM bo'ylama va meridian o'q bo'yicha uzluksizligi ta'minlangan konstruksiyada amalga oshirish mumkin.

5.QEQ texnik murakkabliligiga ko'ra: texnik sikli va bajarilishiga ko'ra juda sodda yoki sodda va murakkab konstruksiyalarga ajraladi. Judda sodda yoki sodda QEQ ga har xil konstruksiyali suv isitgichlar; havo qizitgichlar; isitish tizimlari; suv cho'chitgichlar; issiqxonalar; quyosh oshxona pechlari va isitgichlar; issiqxonalar; Quyosh oshxona pechlari va isitgichlari; Quyosh isitgich va sovtgichlari va suv ko'tarish qurilmalari kiradi. Murakkab sanoat QEQ ga minora turidagi QES, Quyosh hovzalari, parabola-parabolosilindrik konsentraterli QES, Quyosh kollektorlari, Quyosh nurlanishi konsentratorlari va nihoyat hozirda istibolli hisoblanib kelayotgan Quyosh nurlanishini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga o'zgartirgichli tizim – fotoelektrik qurilmalar kiradi. Bu qurilmalar haqida batafsil ma'lumotlar talohida tobda, paragraflarda keltiriladi. Shuningdek, bugunda va kelajakda istiqbolli bo'lgan ba'zi quyosh nurlanishi elektr energiyasiga o'zgartirgichlar – masalan, termoeletron, termoelektrik o'zgartirgichlar va termoelektrik generatorlar ham qarab chiqiladi.

Texnikada Quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha ilk tajribalar XVII asrga ta'luqlidir. 1600 yilda Fransiyada suvni haydash uchun foydalaniladigan qizigan bug'da ishlaydigan birinchi Quyosh dvigateli yaratiladi. XVII asr oxirlarida buyuk Fransuz kimyogari A.Lavuaze 16500C haroratga yetadigan birinchi Quyosh pechini yaratadi va tadqiq

etilayotgan material namunalari vakuumda va himoyali atmosfera sharoitida qizdirildi, shuningdek platina va uglerod xossalari o'rganilgan edi.

1866 yilda Fransuz olimi A. Musho Aljirda nasoslarni harakatga keltirish va suvni distillash maqsadida foydalanish uchun bir qancha yirik Quyosh konsentratorlarini qurdi. 1878 yil A. Musho Parijda xalqaro ko'rgazmada 20 minut davomida 0,5 kg go'sht mahsulotini pishirib ko'rsatadigan quyosh pechini namoyish qildi. 1833 yilda AQShda J. Erikson 4,8x3,3m o'lchamlarga ega parabolosilindrik konsentratorli Quyosh havo dvigatelini qurdi. Quyosh energiyasida ishlaydigan kollektor fransuz Sh.A. Tel'er tomonidan yasaldi. Bu konstruksiya maydoni 20 m² va issiqlik tashuvchi sifatida ammiyakdan foydalanildi. 1885 yilda suv uzatish uchun yassi kollektorli Quyosh qurilmasining sxemasi taklif qilinib u qurilayotgan uyning tom qismiga o'rnatiladi. Suvni distillash uchun birinchi yirik masshtabli qurilma 1871 yilda Chilida Amerikalik muhandis Ch. Uil'son tomonidan qurilgan edi. Undan 30 yil davomida foydalanilib is'temolchilarga suv yetkazib berdi.

1980 yilda Maskva prof. V.K. Serasskiy paraboloid konsentrator fokusida 30000 °C dan ortiq harorat hosil qilib Quyosh energiyasida materiallarni eritish jaranini amalga oshirdi.

Minora turidagi QES da, yuqori balandlikdagi issiqlik qabul qilgich qozonga geliostatlar (ko'zguna) yordamida Quyosh nurlanishi akslantiriladi. Bu jarayonni Angliyalik olim Uil'yam Adam 1878 yilda Bombeyda o'z energetik qurilmalari uchun qo'llagan. Bunga o'xshash geliostansiyaning prototili parabolosilindrik konsentratorli QES bo'lib, hozirda AQSh da Kaliforniya shtatida Moxava cho'lida bug' turbinalari uchun bug' ishlab chiqarmoqda. Bu g'oya ham 19 asr oxirlarida Amerikalik Jon Erikson tomonidan ishlab chiqarilgan.

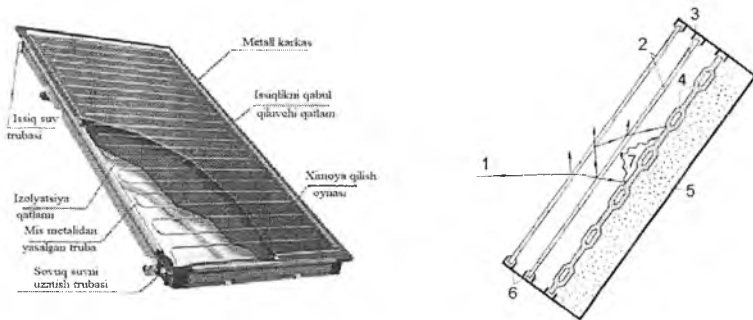
Birinchi marta uni keng miqyoda amerikalik tadbirkor Frenk Shuman qo'llay boshladi. Uning qurilmalari Kair atrofida Nil daryosidan suvni chiqara boshladi. Afsuski, 40 kVt quvvatidagi mavjud Quyosh energetik qurilmasi birinchi jahon urushi davrida vayron qilindi.

1970 yilda Fransiya janubidagi Odeyo shahrida quvvati 1MW bo'lgan katta Quyosh pechi ishga tushirildi. Bu inshootda dastlab fokal

nuqtada harorat 3500°C gacha yetadi, hozirda unda hosil qilingan yuqori haroratdan elektr energiya ishlab chiqarish, nanomateriallar va vodorod yoqilg'isini olish va elektr energiya ishlab chiqarishda foydalaniladi. Shu kabi Quyosh kompleksi Toshkent shahridan 45 km uzoqlikda Tyann'-Shan' tog' tizimlarida Parkent tumanida joylashgan. Katta Quyosh pechining qurilishi 1981 yilda boshlangan. Hozirgi vaqtda dunyoda faqat shunga o'xshash ikkita murakkab muhandislik ob'ekti mavjud: Fransiyada va O'zbekistonda. Bu katta Quyosh pecha ham 1mVt quvvatga ega bo'lib asosan ilmiy tadqiqotlar o'tkazishga mo'ljallangan. Bu Quyosh kompleksi 1987 yilda ishga tushirilgan bo'lib konsentratorning fokal nuqtasida Quyosh nurlanishi oqim zichligiga qarab $800\text{--}3000^{\circ}\text{C}$ gacha harorat hosil qilinadi. Bu kompleks qurilishi uchun asosiy bo'lgan mezonlardan biri ob'ektning yaxlit toshda joylashganidir, ya'ni seysmik o'zgarishlar vaqtida geliostatlar maydoni, konsentratör va texnologik minoraning siljishi kuzatilmaydi. Hozirda bu kompleks Yuniskoning madaniy meroslar turistik ob'ektlari ro'yxatiga kiritilgan.

5.2. Yassi quyosh kollektorlari

Keng tarqalgan suyuqlikli yassi quyosh kollektori (5.1-rasm) issiqlik tashuvchi sirkulyasiyasi 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 xamma qismi korpusga biriktirilib pastki va yon tomondan issiqlik izolyasion material bilan ta'minlanadi.



5.1-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‘tqazish xossasining yaxshilanishiga shisha yuzasini teksturalash, tarkibida temir materialini kamaytirish yordam beradi, uzun to‘lqinli nurlanishni ushlab turishga esa qo‘shimcha ravishda shishaga qilingan selektiv qoplamalar ko‘mak beradi.



5.2-rasm. Yassi quyosh kollektorining umumiy ko‘rinishi

Odatda absorber paneli yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega materiallar (mis, alyuminiy) dan tayyorlanadi yoki qora rangga buyaladi, shuningdek yuqori quyosh energiyasini yutilish koeffitsientiga 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 ($W \cdot soat$, yoki $kW \cdot soat$).

$$Q_{yuza} = F_R A [I_T (\tau \alpha) - U_L (T_{kir.} - T_a)] \quad (5.1)$$

Bu yerda A -kollektorning maydoni (m^2); F_R -kollektordan issiqlik uzatish koeffitsienti I_T - kollektor yuza tekisligidagi tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi (quyosh radiatsiyasi) Wt/m^2 , τ - quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning o'tkazish koeffitsienti, α - quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning yutish koeffitsienti, U_L -kollektorda to'liq issiqlik yuqotilishi koeffitsienti, bu koeffitsient shamol tezligiga, shaffof qoplamalar soniga va izolyasyon materiallarning xossasiga bog'liq.

Soddalashtirilgan varianti:

$$Q_{yuza} = G C_p (T_{chiq.} - T_{kir.}) \quad (5.2)$$

Bu yerda G - issiqlik tashuvchining solishtirma massa sarfi ($\frac{kg}{s}$), C_p - issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi ($\frac{J}{kgK}$). Mos ravishda geliokollektorning FIK quyidagi formuladan aniqlanadi:

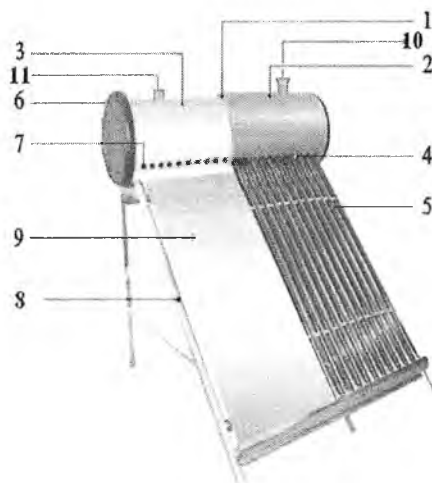
$$\eta = \frac{Q_{yuza}}{A I_T} \quad (5.3)$$

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

$$Q_{iste'm.} = GC_p(T_{chiq.} - T_{kir.}) \quad (5.4)$$

5.3. Vakuum trubkali kollektorlar

Quyosh suv isitish (kollektori) qurilmalari 2 ta turdan: butun va alohda turdagi konstruksiyalarga bo'linadi.

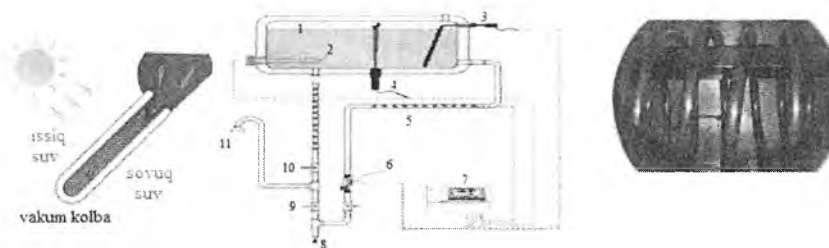


5.3-rasm. Butun turdagi vakuum trubkali kollektor

1 – Suv uchun bak; 2 – bakkning tashqi qatlami; 3 – bakkning ichki qatlami; 4 – tashqi mahkamlagich; 5 – vakuum trubkalar; 6 – suv uchun bak qopqoqlari; 7 – rezinali mahkamlagich; 8 – tayanch osti rama, material – galvanik qoplamali po‘lat yoki zanglamaydigan pulat; 9 – akslantiruvchi plastina – qo‘shimcha variant; 10 – avariya holatida havo klapani; 11 – kontroller datchigi.

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. Bak ichki qismida sirkulyasiya 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 kollektorning samaradorligi oddiysiga nisbatan ~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.



5.4-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 controller, 8-sovuq suvning kirish qismi, 9- sovuq suv krani, 10-issiq suv krani, 11-iste'molchi

Bak akkumulyator 3ta qatlamdan tashkil topgan:

1. Bakning ichki qismi zanglmaydigan po'lat markasi M-304 dan tayyorlanadi, bu esa uning giginik rejalarda yuqori xavfsizlik

shuningdek karroziyaga barqarorlek, uzoq muddatli amaliy foydalanishda mustahkamlikni ta'minlaydi.

2. Bakning o'rtta qatlami issiq suv haroratini uzoq muddat saqlashni ta'minlaydigan yuqori akkumulyasiyalash funksiyasiga ega, yuqori sifatli poliuretan, qalinligi 55 mm bo'lgan utepliteldan iborat. Qish vaqtlari, atrof muhim harorati 0°C dan kichik bo'lganda issiqlik yuqotilishi jami bo'lib $\sim 3-6^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Masalan, kechqurun kollektorda suvning harorati $+60^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, ertalab bu harorat ko'rsatkich 5°C ga kamayadi, ya'ni $+55^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.
3. Bakning tashqi metall qoplamasi maxsus himoya buyoqli bo'lib tashqi ta'sirlardan (quyosh nurlanishi, yog'inlar, ya'ni qor, yomg'ir do'l) himoya qilishni ta'minlaydi.

Qolgan qismlari rezina, plastik tashqi ta'sirlarni hisobga olib tayyorlanadi. Vakuum kolbalar yorug'lik yutuvchi qatlamga ega, mustahkam borsilikatli toblangan shishalardan tayyorlangan bo'lib Quyosh nurlanishini issiqlik energiyasiga o'zgartirib suvni qizdiradi. Tabiiy sirkulyasiya sabab kolbada qizigan suv yuqoriga ko'tarilib bakda akkumulyasiyalanadi. Smart-kontroller kollektorining hamma ish jarayonlarini (bakda suvning harorati, bakda suvning sathi, bakga suvning quyilishi uchun elektromagnit klapaning ish rejimi, zaruriyat tug'ilganda 1,5 kW quvvatdagi ten qo'shish va ajratish) boshqaradi (5.5-rasm). Bu kollektordan foydalanib 9 oy davomida suvni qizdirishga bo'lgan 100% energiyani tejash mumkin.



Smart kontroller



Elektromagnit klapan



Elektr ten

5.5-rasm.150 l suv sig'imiga ega quyosh vakuum trubkali kollektorning texnik xarakteristikalarini.

Bakning tashqi qoplamasi: Buyalgan po‘lat 0,4 mm
 Bakning ichki qatlami: SUS 304-0,5mm zanglamaydigan po‘lat
 Vakuum kolbalar: 58mm/1800mm
 Rama: Ruxlangan galvanik po‘lat-1,5mm
 Issiqlik izolyasiya materiali-Poliuretan
 Izolyasiya qalinligi: 50 mm
 Ramaning qiyalik burchagi: 35-45 gradus
 Bakning diametri: 375mm/475mm.

Vakuum kolba 58mm/1800mm ning xarakteristikalari.

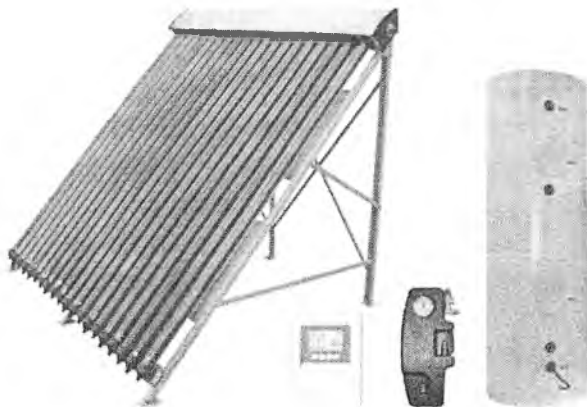
5.1-jadval

Tarkibi	Konsentrik to‘liq shishali quyosh kolbalar
Uzunligi	1800±5mm
Kolbaning tashqi diametri	58±0.7mm
Kolbaning tashqi shishasining qalinligi	1.8±0.15mm
Kolbaning ichki diametri	47±0.7mm
kolbaning ichki shishasining qalinligi	1.6±0.15mm
Shishaning materiali	Bor silikat shisha 3.3
Yutuvchi qoplamaning unumdorligi	
Kolbaning ichki qismi qoplamasi	Birqatlamli 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 yuqotilishi	< 8% (80°C±1,5 °C)
Vakuum darajasi	$P \leq 5 \times 10^{-3} \text{ Pa}$
Maks. harorat	270 - 300°C
Nominal bosim	0.6MPa
Issiqlik yuqotilishlari o'rtacha koeffitsienti	$\leq 0.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$
Yog'inlarga barqarorlik	< 35 mm
O'ta qizishga barqarorlik	300°C
Kichik haroratlarda ish jarayoni	0°C - 10°C
Yaroqlilik muddati	~15 yil

Alohida turdagi Quyosh vakuum trubkali kollektor

Alohida turdagi geliotizimda quyosh kollektori binoning tomiga o'rnatilib, akkumulyasiya 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. 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 sifatda smart kontroller, elektrik ten, nasos va isitish qurilmalari kiradi. Quyosh kollektorlarning alohida turdagi konstruksiyasi gibrid tizim sifatda qo'llanilishi mumkin, bunda quyosh kollektorlari gaz yoki elektrik qozonlar bilan mujassamlashgan holatda bo'ladi .



5.6-rasm. Alohida turdagi Quyosh vakuum trubkali kollektor

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 vakkum Quyosh kollektorining samaradorligi qurilmadan olinayotgan foydali issiqlik energiyasining kollektor yuza birligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvatiga nisbatiga teng:

$$\eta_{v.t.k} = \frac{Q_k}{I_T F_k} \quad (5.5)$$

Quyosh kollektoridan olingan foydali energiyani issiqlik yuqotishlari va optik FIK ta'sirini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_k = I_T \cdot (\tau\alpha)F_k - U_k F_k (T_k - T_a) \quad (5.6)$$

(1) va (2) bog'liqlikdan kelib chiqib quyosh kollektorining FIK hisoblash uchun ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\eta_{v.t.k} = (\tau\alpha) - \frac{U_k(T_k - T_a)}{I_T} = G \cdot c_p \cdot (T_k - T_{ch}) \quad (5.7)$$

bu yerda I_T -kollektor absorberi m^2 maydoniga tushayotgan Quyosh nurlanishi oqim zichligi; $(\tau\alpha)$ – kollektorning samarali optik FIK, ya'ni τ –vakuu kolbaning nur o'tkazish koeffitsienti; α – absorberning yutish qobiliyati; F_k – kollektorning maydoni; U_k – kollektorda issiqlik yuqotishlari umumiy koeffitsienti; T_k – issiqlik tashuvchining kirish vaqtidagi harorati; T_a – atrof muhit harorati; G - issiqlik tashuvchining massa sarfi ($\frac{kg}{s}$), C_p - issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi ($\frac{J}{kgK}$); T_{ch} – issiqlik tashuvchining chiqish vaqtidagi harorati.

Bir qancha holatlarda har xil turdagi quyosh kollektorining ish samaradorligi issiqlik yuqotishlarining yig'indi koeffitsientlari bilan baholanadi. Ayrim adabiyotlarda shishasiz quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 21 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$, shishali yassi Quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 4 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$, vakuu turdagi Quyosh kollektorlari uchun $U_k \approx 1,5 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ ni tashkil etadi deyilgan.

5.4. Havo qizdiruvchi kollektorlar

Havo qizdiruvchi kollektorlari deganda quyosh energiyasidan foydalanib ishlaydigan va issiqlik tashuvchi sifatida havodan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda ular AQSH, kamroq miqdorda Evropaning markaziy qismlarida tarqalgan. Juda ham kam hollarda suv isitish uchun havo kollektorlari ishlatiladi. Eng katta havo qizdiruvchi quyosh kollektori Evropada 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 (issiq suv emas) foydalanish maqsadga muvofiqdir. Havo qizdiruvchi kollektorlarini foydalanish uchun namunalari:

- 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 Evropada 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 akkumulyasiya 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 koeffitsienti suyuqlik kollektoriga nisbatan qaraganda foydali ish koeffitsienti kichik, bu havoning fizik xossalari 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 izolyasion 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 (5.7- rasm);
- havo o‘tkazmaydigan yassi absorber ko‘rinishida (orqa tomondan) (5.8- rasm).

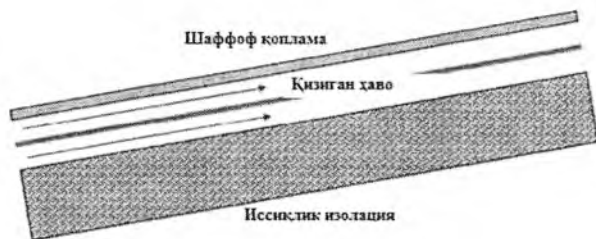


5.7-rasm. Matritsali absorberli quyosh havo qizdiruvchi kollektori

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 qatlamining 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 o'ziga oladi.

5.8-rasmda ko'rsatilganidek havo absorberga parallel holda, yoki absorber ikki yuzasi bo'ylab yoki uning orqa tomoni bo'ylab harakatlanadi. Issiqlik havoga absorber devori bo'ylab konveksiya yoki issiqlik o'tkazuvchanlik usuli yordamida beriladi. Tashqi havoni isitish uchun kollektor foydalanilganda odatda havo o'tkazuvchi matritsali absorberli kollektor samaraliroqdir. Gap shundaki, tashqi havo past haroratda bo'lganida yuqori shaffof qoplama sovuq bo'ladi, ikki absorber yuza bo'ylab havo harakatlanuvchi, havo o'tkazmaydigan absorberli konstruksiyadan foydalanilganda shaffof qoplama orqali issiqlik yuqotishlar yuqori bo'ladi. Bu holatda, odatiy sharoitda havoni yuqori haroratgacha qizdirish talab qilinsa, eng avvalo havo o'tkazmaydigan absorberli konstruksiyaning orqa tomonidan havo harakati mavjud konstruksiya afzal hisoblanadi.

Qizigan havo sovuq haroratdagi shaffof yuqori qoplama bilan kontaktda bo'lmaydi, issiqlik uzatish koeffitsienti kichik bo'ladi.

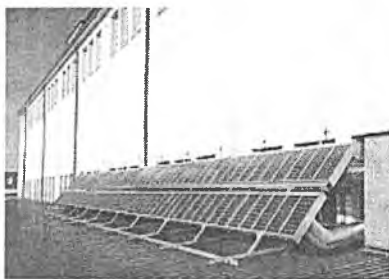


5.8-rasm. Havo o'tkazmaydigan absorberli quyosh havo kollektori

Absorberdan issiqlik tashuvchiga issiqlikni yaxshi uzatilishini ko'rib chiqish kerak va suyuqlikli kollektorlarga nisbatan havo kollektorlarini loyihalashda absorberning etarli darajada yuqori samaradorlik koeffitsientini ko'rib chiqish kerak. Havoning issiqlik o'tkazuvchanligi suvnikidan 24 marta kichikdir. Shuning uchun issiqlik almashinishi uchun katta yuzani hosil qilish va tor ko'ndalang kesimdagi havo oqimini yaratish kerak. Shu bilan birgalikda, issiqlik tashuvchini harakatini ta'minlovchi ventilyatorlarning ishiga sarflanadigan elektr energiya chiqimi va gidravlik qarshilikni ko'rib chiqish kerak. Kanalda havoning o'rtacha tezligi ortishi bilan gidravlik qarshilik ham tezda ortadi. Umuman olganda, absorberdan havoga nisbatan issiqlik uzatish koeffitsienti 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 o'rnatilgan fotoelektrik modullarni orqa tomonida sovutish uchun tabiiy konveksiya yoki majburiy havo sirkulyasiyasini hosil qilish quyosh elementlari sovutilmoqda (5.9-rasm.)

SolarVenti kompaniyasi 2001 yilda jahon bozoriga xuddi shunday konstruksiyani (5-10-rasm.) taklif qildi. Konstruksiya kompaniya tomonidan ishlab chiqilib fotoelektrik modullarni sovutish orqali dacha tipidagi uylarni avtomatik shamollatish bo'lgan. SolarWall kompaniyasining birqancha ishlanmalari ham savdoda o'z o'rnini topib rivojlanib ketdi. Fotoelektrik modullarning orqa qismidan ajralib chiqayotgan issiqlik ventilyasiya yoki konditsionerlash yordamida binoning issiqlik ta'minoti uchun yo'naltirilgan.



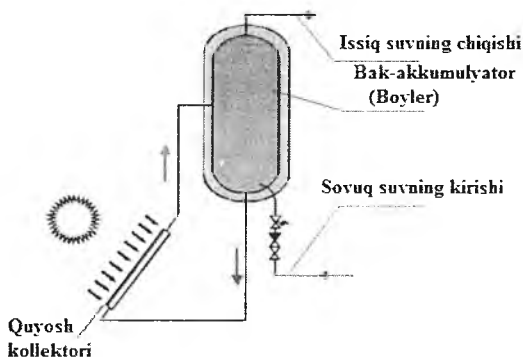
5.9, 5-10-rasmlar. SolarWall kompaniyasi tomonidan yaratilgan havo fotoissssiqlik qurilmalari

5.5. Passiv va aktiv sirkulyasiyalı quyosh suv isitgichlarining ish jarayoni

Kollektorlar, bak-akkumulyator va ulash quvur o'tkazgichlar tizimi sovuq suv bilan to'ldirilgan holatni ko'rib chiqamiz. Quyosh nurlanishi shaffof qoplama (shisha) orqali o'tib kollektorning yorug'lik yutuvchi panelini va uning kanallaridagi suvni qizdiradi. Qizish jarayonida suvning zichligi kamayadi, qizigan suyuqlik kollektorning yuqori nuqtasiga ko'cha boshlaydi, so'ngra quvur bo'ylab bak-akkumulyatorga o'tadi. 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 $\Delta p = g \times H \times (\rho_1 - \rho_2)$, (1) bunda $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $N = H_1 - H_2$ (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.



5.11-rasm. Suvni to‘g‘ridan to‘g‘ri qizdirish uchun bir konturli termosifon tizim

Qanchalik (T_1) va (T_2) farqi yuqori va N qiymati katta bo‘lsa qurilmada suvning tabiiy sirkulyatsiyasi jadalligi yuqori bo‘ladi.

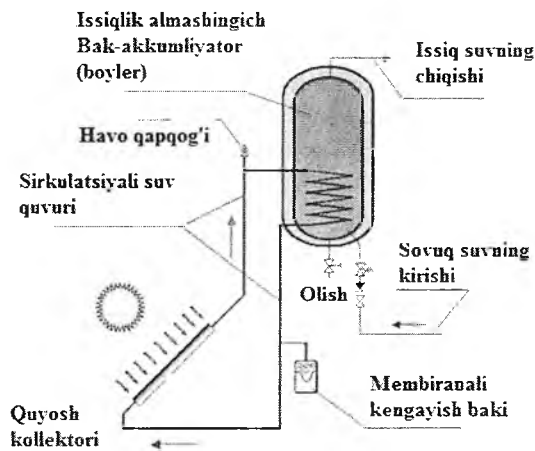
Bunday tizimning o‘ziga xosligi shundaki, termosifon tizim holatida bak akkumulyatorning quyi nuqtasi kollektor yuqori nuqtasidan 3-4 m dan baland bo‘lmasligi zarur, nasos sirkulyatsiyasida bak-akkumulyator ixtiyoriy joylashishi mumkin.

Bunday shart nafaqat kunduz vaqt davomida quyosh nurlanishi mavjudligida normal suv sirkulyatsiyasini ta’minlash uchun, balki

qurilmada suvning teskari sirkulyasiyasining oldini olish uchun ham muhimdir. Bu qurilmalar butun dunyoda, ayniqsa issiq iqlim mamlakatlarida keng qo'llanilishi, ekspluatatsiyasi, tayyorlanishi jihatidan juda oddiy sanaladi.

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.

Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizim: bunday tizimning ishi bir konturli tizimning ishiga o'xshashdir, lekin tizimda bak-akkumulyatorida issiqlik almashingich, quvuro'tkazgichlar, kollektorlardan iborat alohida berk kollektor konturi mavjud. Bu kontur maxsus qoidaga muvofiq muzlamaydigan issiqlik tashuvchi bilan ta'minlanadi.



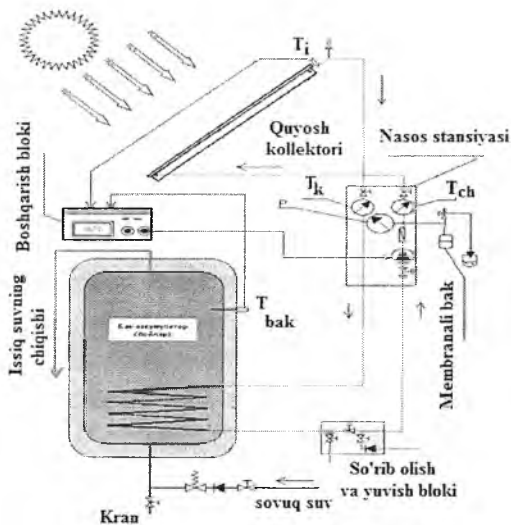
5.12-rasm. Passiv sirkulyatsiyali issiqlik tashuvchiga ega ikki konturli tizimning prinsipial sxemasi

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.

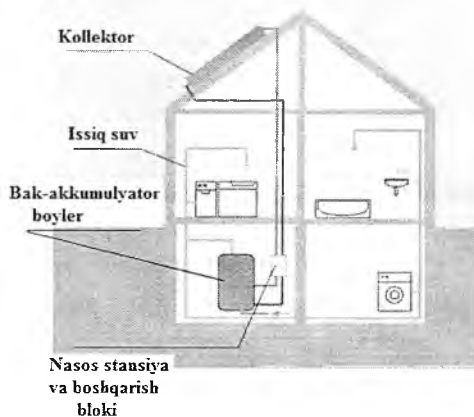
Bunda ham termosifon holatida bak akkumulyatorning quyi chegarasi va kollektorning yuqori nuqtasi farqi 3-4 metrdan oshmasligi zarur, nasos rejimida bak-akkumulyator ixtiyoriy joyda o'rnatilishi mumkin.

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.



5.13-rasm. Majburiy sirkulyatsiyali quyoshiy issiq suv ta'minoti ikki konturli tizimining prinsipl sxemasi



5.14-rasm. Issiq suv ta'minoti uchun binoda quyoshiy tizimlar elementlarining joylashishi

5.6. 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 izolyasion 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 birlashtirgan 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 ($\text{pH} = 5 \div 9$) 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'lmaslik 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 eritmali 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 ($\text{pH} = 8 \div 12$) 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 eritmalari, 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 korrozion emirilish va kristall aro korroziya, pijing korroziyasiga yuqori qarshilikga 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;

Etarli 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 $5-10 \text{ kg/m}^2$ 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 ($110 - 140^{\circ}\text{C}$ 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 ob'ektlarida 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 yuqotishlarni 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'liq uzunligi 0,3 dan 2,5 mkm) uchun yuqori o'tkazuvchanlik qobiliyatiga (koeffitsient) ega bo'lishi zarur va bir vaqtda uzun to'liqlik 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 Π – 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 izolyasion materiallar. Issiqlik izolyasion material quyidagi talablarga javob berishi zarur. U kichik issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientiga λ , kichik zichlikga ρ , yuqori erish haroratiga, ob-havo sharoitlari ta'siriga va har xil tashqi ta'sirlarga yuqori qarshilikga ega bo'lishi zarur. Eng yaxshi issiqlik izolyasion materiallar

bo'lib penopoliureton vapolistirol xizmat qiladi, shuningdek mineral vata va shisha vata qo'llanilishi mumkin.

Quyosh kollektorlarining konstruksiyalarida eng ko'p qo'llaniladigan ba'zi xarakteristikalari 5.2-jadvalda keltirilgan.

Issiqlik izolyasion materiallar

5.2. Jadval.

Material	λ , W/(m · K)	T, °C	ρ , 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

Zichlagich materiallar va prokladkalar. Quyosh kollektorlari korpusida shishani zichlashtirish uchun ko'pgina hollarda silikon rezina mos keladi. Zichlashtirgich prokladkalarni shishaning ikki tomonidan joylashtirish zarur. Bunda prokladka shisha uchun oraliqli II-shaklga ega bo'lishi lozim.

Selektiv qoplamalar uchun materiallar.

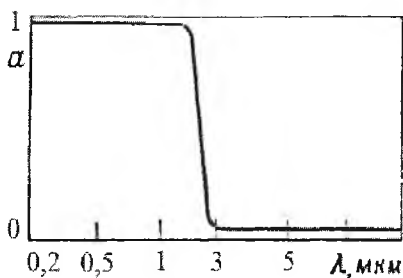
Quyosh nurlanishi spektrida quyosh kollektorining absorberi yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lishi zarur. Shu bilan bir qatorda yutish yuzasining issiqlik nurlanishi hisobiga energiya yuqotiladi, shuning uchun yo'qotishni kamaytirish maqsadida bu yuzaning nurlanish qobiliyati uzun to'lqinli sohada imkon 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 spektral 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.

Selektiv yuza tushunchasining mohiyatini 1-rasmda ifodalangan grafikdan anglash mumkin. Unda ifodalangan ideal yuza yarim kulrang deb nomlanadi, chunki uni Quyosh spektri sohasida kul rang sifatida qarash mumkin (ya'ni, 3,0 mkmdan kichik to'liqin uzunligi diapozonida). Bunday ideal yuza uzun to'liqinli sohada juda kichik spektral akslantirish qobiliyatiga ega.

Quyosh nurlanishi spektrida yutish qobiliyati va uzun to'liqinli nurlanish sohasida nurlanish qobiliyati mos keluvchi to'liqin 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.



5.15-rasm. Bo'sag'a to'liqin uzunligi 3 mkmga ega ideal selektiv yuza.

Ma'lumki Quyosh kollektorlari odatda etarli darajada kichik haroratlarda ishlaydi, amaliy jihatdan taralayotgan hamma nurlanish 3 mkm dan katta bo'lgan to'liqin 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 qobilyati xuddi shu haroratda qora jism tomonidan nurlanayotgan energiyaga nisbatan yuzadan taralayotgan nurlanish energiyasi qancha qismni tashkil etishini ko'rsatadi.

Selektiv yuzaning samaradorlik mezoni 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 qobilyatiga 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 kislotasi va boshqa reaktivlardan iborat galvanik 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 qobilyatidan yuqoriga o'tish amalga oshiriladigan to'liqlik uzunligi intervali 1,5 dan 5 mkm gacha tashkil etilishi aniqlangan. Bunda qoplama qalinligi ortganda o'tish uzun to'liqlik tomonga siljiydi. Qoplama zarralar va bo'shliqlar to'plamidan iborat.

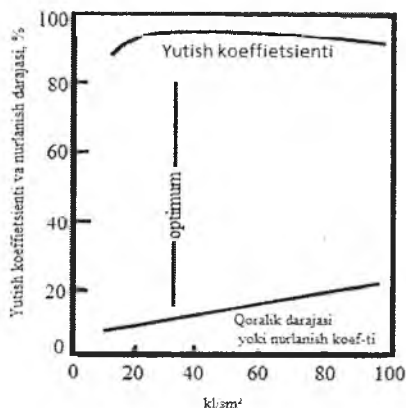
Mis plastina yuzasida qora misdan iborat selektiv qoplama olish uchun 140°C gacha qizitilgan natriy gidrooksidi yoki natriy xlor oksidi eritmalarida har xil vaqtlar oralig'ida sinchkovlik bilan qayta ishlanadi va mis oksidi qatlami yaratiladi. AQSH da ham "Ebanol" nomi ostida shunga o'xshash patentlangan qoraytirish jarayonidan foydalaniladi.

Qoplamaning yutish qobiliyatini interferensiyadan foydalanish hisobiga oshirish mumkin. vakkum trubkali kollektorlarda selektiv yuzalarni yaratish vakkumda 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 mu'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 koeffitsientini 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'liqlik nurlanish sohasida nurlanish qobiliyatining hisob qiymati 0,16 va 400°C atrofida bo'lgan qabul qilgichdagi haroratda g'oyat barqarorlikka ega.

Yassi quyosh kollektorlarida nurlanishi qobiliyatiga qaraganda qabul qilgich yuzaning yuqori yutish qobiliyati muhimdir. Ko'pgina yuzalar uchun 5.16-rasmda keltirilgan α va ε o'rtasidagi bog'liqlik xarakterlidir.



5.16-rasm. Qora xromni tindirish vaqti va tok zichligiga bog‘liq holda α va ε ning o‘zgarishi.

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. 1-jadvalda selektiv qoplama ega yuzalarning infraqizil nurlanish sohasida nurlanish qobiliyati va quyosh nurlanishiga nisbatan yutish qobilyatining qiymatlari keltirilgan.

Selektiv yuzalarning xossalari.

5.3-jadval.

Qoplama	Quyosh nurlanishi diapazonida	Infraqizil nurlanish diapazonida	Qoplamaning selektivlik darajasi α_S/ε_T
---------	-------------------------------	----------------------------------	---

	yutish qobiliyati α_S	nurlanish qobiliyati ϵ_T	
Qora kraska:			
matovaya	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	8-13
Nikelda qora nikel	0,93	0,06	15
Qora rux	0,9	0,1	9
Alyuminiyda mis oksidi	0,93	0,11	8,5

Geliotizimlar uchun materiallarning xossalari

5.4- jadval.

Material	S, kJ/kg·K)	ρ , kg/m ³	λ , Wt/(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	0,2-0,8	0,6-0,9
Metallar					
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:					

polirovannyy	0,88	2740	202	0,1-0,4	0,03
oksidlangan	0,88	2740	202	0,4-0,65	0,09

Yuqoridagi 5.4-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 suyuqlik-antifrizdan 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 manбайдan ta'minlanadigan qizdirish kabellari bilan o'rab chiqish, qalin issiqlik izolyasion materiallar bilan qoplash lozim. Jiddiy muammo bu suvning ko'pchilik konstruksion materiallar bilan karrozion faolligi hisoblanadi. Havo muzlamaydi va karroziyani chaqirmaydi, lekin issiqlik fizikaviy xossalariга 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 Er atmosferasining ozon qatlamiga zarar etkazadi.

Issiqlik akkumulyatorlari uchun materiallar.

Isitishning suyuqlikli tizimlari va suv isitish qurilmalari uchun suvdan asosan issiqlik akkumulyasion material sifatida qo‘llash, havo geliotizimlari uchun – galka, groviy va shunga o‘xshash materillardan foydalanish maqsadga muvofiq. Ammo shuni nazarda tutish kerakki, bir xil energiya sig‘imidagi galkali akkumulyator suvli issiqlik akkumulyatori bilan taqqoslanganda 3 marta katta hajmga va 1,6 marta katta maydonni egallaydi. Masalan, diametri 1,5 m, balandligi 2,4 m bo‘lgan suv akkumulyatori 4,3 m³ hajmga ega, bu vaqtda tomonlari 2,4 m kub shaklidagi galkali akkumulyator 13,8 m³ hajmga ega bo‘ladi.

Fazoviy o‘tishga ega issiqlik akkumulyasion moddalarning xossalari

Material	$\rho, \text{kg/m}^3$	$S, \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	$\lambda, \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$\Delta T = 20 \text{K}$, issiqlik akkumulyatsiy a qilish qobilyati, MJ/m^3
----------	-----------------------	---	---	--

Modda	$T_{cr},$ $^{\circ}\text{C}$	$\rho, \text{g}/\text{sm}^3$		λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$		$C, \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$		Fazoviy o'tish entalpiyasi	
		3	4	5	6	7	8	kJ/kg	MJ/m^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Noorganik moddalar									
S_aSi_2 $6\text{H}_2\text{O}$	29, 2	1,6 2	1,5	0,6	0,3	1,47	1,47	172,5	258,1
Na_2SO_4 $10\text{H}_2\text{O}$	32, 4	1,4 6	1,4 1	0,5	0,3	1,76	3,31	251	345,2
Na_2HPO_4 $12\text{H}_2\text{O}$	35, 2	-	1,4 2	0,5		1,55	3,18	279	403,2
Organik kislotalar									
Laurinovaya	44	-	0,9 1	0,4	0,2	-	-	175,3	159,6
Miristinovaya	54, 1	-	0,8 7	-	-	1,6	2,26	187,8	162,8
Palmitinovaya	65	-	0,8 8	-	-	1,8	2,73	184,5	162,9
Sterinovaya	70, 1	-	0,9 5	-	0,2	1,67	2,3	200,3	191
Parafinlar									
Parafin	22	0,9	0,7 7	0,3	0,2	2,91	-	187,8	144
Oktadekan	28	-	0,7 9	-	0,1	2,1	2,17	244,2	194,1
i-Eykozan	36, 7	0,8 6	0,7 8	-	0,2 26	2,01	2,21	247	192

Suv (0,1MPa bosimda)	1000	4,19	0,6	73,4
Tosh (tabiiy)	3100	0,83		52,6
Beton (yengil to'ldiruvchi bilan)	1000	1,04	0,35	20,9
Temir beton	2200	1,08	1,56	47,5
G'isht	1700	0,83	0,75	27,4
Yog'och	800	1,55	0,21	25
Po'lat	7800	0,47	58	73,4
Quruq qum	1500	0,83	0,58	25
Quruq Yer	1000-2000	0,83	0,17-0,58	16,6-50,4
Galka	2604	0,86	1,7-4	45,6
Suyuq natriy	960	1,26	67,5	24,2
Evtetik aralashma (46% NaNO ₃ +54%KNO ₃)	1733	1,55	0,57	53,6
Suv (1MPa bosimda)	920	4,32	0,69	79,5

5.6-jadval

Issiqlik akkumulyatorlash zichligi ahamiyatli darajada modda turiga va akkumulyatorlash usuliga bog'liqdir. U yoqilg'ida ximiyaviy bog'liqlik ko'rinishida akkumulyasiyalanishi mumkin. Bunda akkumulyasiyalanish zichligi yonish issiqligiga mos keladi: neft – 11,3 , ko'mir (shartli yoqilg'i) -8,1 , vodorod – 33,6 va yog'och – $\frac{4,2 kW \cdot soat}{kg}$. Seolitda issiqlikning termokimyoviy akkumulyasiyasida (adsorbsiya – desorbsiya jarayonlari) 55°C harorat farqida $286 \frac{W \cdot soat}{kg}$ issiqlik akkumulyasiyalanishi mumkin. 60°C harorat farqida qattiq materiallarda (qoya tosh, galka, granit, beton, g'isht) issiqlikni akkumulyasiyalash zichligi 14-17 $\frac{W \cdot soat}{kg}$, suvda – 70

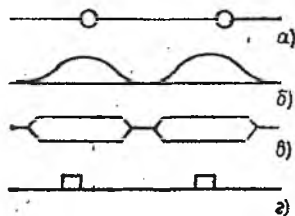
$\frac{W \cdot \text{soat}}{kg}$ ni tashkil etadi. fazoviy o'tish moddalarida (erish – qotish) akkumulyasiyalash zichligi ancha yuqori: muz (erish) – 93, parafin – 47, noorganik kislotalar, tuzlar gidratlari – 40-130 $\frac{W \cdot \text{soat}}{kg}$. Issiqlik akkumulyasion moddalarning xossalari 5.5-5.6 jadvallarda keltirilgan.

Shuningdek issiqlikni akkumulyasion qilish tuproqda ham amalga oshirilishi mumkin, bu usul asosan gelioissiqlonlarda qo'llaniladi.

Bak akkumulyatorni tayyorlashda material sifatida odatda beton yoki po'latdan foydalaniladi. Galka qatlami uchun bunker ham bu materiallardan tayyorlanishi mumkin. shu bilan bir qatorda qalin faneradon (12 mm) yoki dokadan ham tayyorlanadi, bunda karkas po'lat burchakdan qilinadi. Galkali akkumulyatorning gorizontal joylashish holatidan yuqoridan galka qatlamiga polimer plyonkani yotqazish zarur, undan so'ng qalinligi 5 sm bo'lgan qum qatlami tushish kerak. Bunday qilinishining sababi galka qatlamining ustida havo harakatini ham nazarda tutish zarur.

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 5.17 rasmda keltirilgan.



5.17 - rasm. Yassi suyuqlikli kollektorlarda absorberlarning sxemalari:

a-yassi listda quvur; b- gofra va yassi listlar birikmasi; v-shtampli absorber; v- tg'ri turtburchak shaklida payvandlangan list.

Suyuqlikli kollektorlarda eng ko'p foydalaniladigan nur yutuvchi, yuza katta bo'lmagan diametrdagi (10-15 mm) quvurlar qatoridan iborat yassi list bilan birlashtirilgan konstruktiv elementlardan iborat.

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 birlashtirilgan bolt va gaykalar yordamida tayanch karkas mahkamalanadi.



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.

5.7. 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 (5.7- 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 (5.18- rasm. a va b).

Dunyoda XX asr oxirida qurilgan MtQES

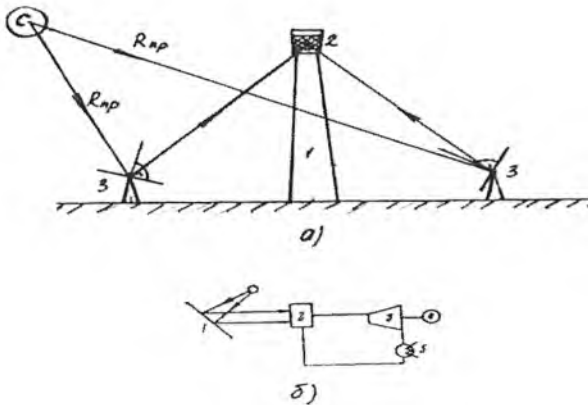
5.7-jadval.

MtQES	Joylashish hududi	Davlat	Ishga tushirilgan yili	N (MW) Elektrik	Issiqlik tashuvchi
SSPS	Alkeriya	Ispaniya	1981 yil	0,5	Suyuq natriy
EURELIOS	Sisiliya	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	-	-	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. Bo'g' turbinasining valiga mahkamlangan generator rotorini joylashib u ma'lum chastota va kuchlanishdagi elektr energiyasini ishlab chiqaradi.



5.18-rasm. a) MtQES ning asosiy inshootlari:

1 – minora, 2 – quyosh nurlanishini issiqlik qabul qilgich-qozon; 3 – geliostatlar;

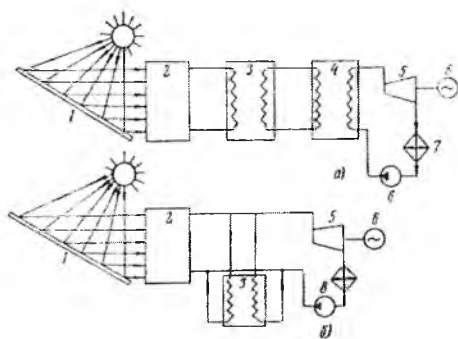
b) Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning prinsipial sxemasi:

1 – geliostatlar, 2 – qozon, 3 – turbina, 4 – generator, 5 – kondensator

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÷100 MW bo‘lgan MtQES da minoraning balandligi 200÷300m, foydalaniladigan geliostatlarning maydoni 2÷3 km² (15÷25 mingta) bo‘lishi zarur. 150÷200 MW quvvatdagi MtQES uchun 350÷400 m balandlikdagi minora kerak bo‘ladi, lekin amaliyotda bunday stansiyalarni qurish juda qiyin hisoblanadi. Shunga asoslanib aytish mumkinki, qurilgan MtQES quvvati 5,0÷10,0 MW va minorasining balandligi 70÷100 m bilan cheklangandir. MtQES uchun asosan ko‘psonli geliostatlarni o‘rnatish uchun qimmat Yer maydonlarining chiqimi hisoblanadi.

1981 yildan Sitsiliya orolida (Italiya) quvvati 1 MW, 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'nanaviy bo'g' turbinasida foydalaniladi. Shuningdek Ispaniyaning janubi Alkeriyada 1981 yildan quvvati 0,5 MW 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'lanishi vaqtida tushadigan quyosh energiyasining vaqt bo'yicha qayta taqsimlanishiga yordam beradi.



5.19-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

Yuqoridagilarni 66-rasm ifodalaydi, a va b holatlarda ikkita eng ko'p ishlab chiqilgan issiqlik akkumulyatoriga ega MtQES tasvirlangan. 5.19-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 N_{QES} quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g r_{aks.} \sin \theta K_{soya} K_{bl.} K_{Lyu.} K_{chang.} r_k \quad (5.8)$$

bu yerda $N_{QES}(t)$, kW; $R_{\Sigma}(t)$ -1 m² yuzaga ega to‘g‘ri kelgan quyosh radiatsiyasi (kW/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 koeffitsienti; $K_{blok.}$ -gelistatlarni blokirovkalash koeffitsienti (odatda $K_{chiq.} K_{blok.} -1$); $K_{Ly.}$ -issiqlik yuqotish koeffitsienti 0,85; $K_{chang.}$ -changlanish koeffitsienti 0,95; r_k -qozon issiqlik qabul qilgichi tomonidan quyosh nurlanishini yutish koeffitsienti 0,93÷0,95.

$\eta_{QES}^{term.}$ da hamma energiya yuqotish turlarini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g \eta_{QES}^{term.} \quad (5.9)$$

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 MW 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 bo‘g‘ni 4 MPa bosim va 250⁰C haroratda ishlab chiqaradi. Quyosh nurlanishining issiqlik oqim zichligi 130 kW/m² bo‘lib 1600 ta yassi shisha kvadrat ko‘rinishidagi maydoni 25,5 m², akslantirish koeffitsienti 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.

5.8. Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari

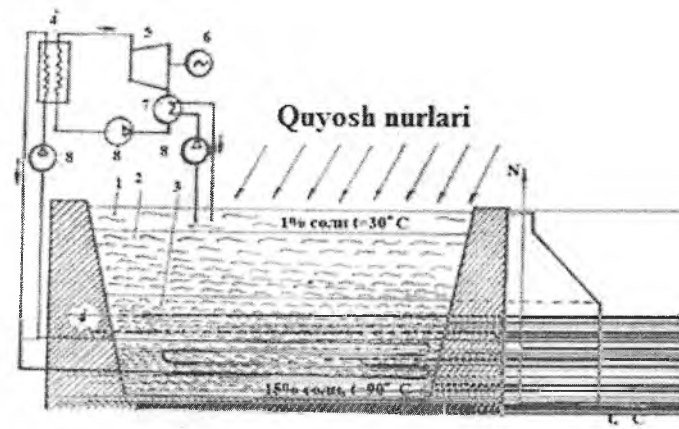
Ichimlik suvi odatdagi suv omborlarida yutilayotgan quyosh energiyasi asosan yuqori qatlamni ilitadi va bu ichimlik ayniqsa tungi soatlarda, havo buzilganda, suvning bug‘lanishi oqibatida, atrof havo haroratini o‘zgarishida tez yo‘qoladi. Tuz eritmali NaCl osh tuzi yoki magniy xlor MgCl₂ tarkibli suv 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 darajadaligidan 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 5.20-rasmda ko'rsatilgan.



5.20-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.

Olinadigan termal gradient energiyasidan foydalanish ta'minoti oddiy ko'l pastki qatlamlaridagi 60-90°C haroratli suv 4 issiqlik almashuvxonasi 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'minlasa bo'ladi. Quyosh ko'llari asosida olinadigan elektr energiyasi nisbatan arzon va 1 kW.soat uchun 0,1 dollarni tashkil etadi. Quyosh ko'llari bo'lgan QTEM samaradorligi bir necha foizdan iborat. Ko'l maydonining bir gektaridan 200-300 kW gacha elektr energiyasi olish mumkin.

Quyosh ko'llari bo'lgan QTEM qator mamlakatlarda bor: Isroilda 300 kW va 5 MW 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 erda Qoraqalpog'istonning Orolbo'yi zonasida katta miqdorda yuzaga kelgan tabiiy tuzli ko'llardan foydalanilmoqda.

VI BOB. ISSIQLIK AKKUMULYATORLARI

Geliotizimlarda issiqlikni akkumulyasiya qilish zaruriyati yil davomida sutkalik vaqtda quyosh energiyasi oqimining o'zgarishiga asoslangan. Akkumulyatordagi energiya zahirasi qisqa muddatli akkumulyasiya 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 akkumulyasiya 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 akkumulyasiya qilish tizimi qo'yidagidan iborat:

- Rezervuar;
- Issiqlik energiyasini saqlash va yig'ishni amalga oshirish uchun issiqlik akkumulyasiyalovchi material;
- Akkumulyatorni zaryad –razryad qilishda issiqlikni keltirish va uzatish uchun issiqlik almashinuvchi qurilma;
- Issiqlik izolyyasi.

Issiqlik akkumulyasiya qiluvchi materialda (IAM) kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar xarakteriga ko'ra akkumulyatorlarni qo'yidagicha sinflarga ajratish mumkin:

- Sig'imli turdagi akkumulyatorlar, ya'ni ularning agregat holatini o'zgartirmasdan qizdiriladigan (sovutiladigan) akkumulyasiyalovchi 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 akkumulyasiyalovchi materialni sovush yoki qizish jarayonlari bir vaqtda yoki ketma-ket sodir bo'radi. Bu usuldagi issiqlikni akkumulyasiyalash jarayoni keng tarqalgan. Bu turdagi akkumulyatorlarning kamchiligi shundan iboratki, ular katta massaga ega, buning oqibatida katta joyning talab qilinishi, 1 gJ akkumulyasiyalangan issiqligi hisobida esa qurilish hajmidagi maydon ham kerak bo'radi. Har xil issiqlikni akkumulyasiya qiluvchi materiallarning qiyosiy jadvali keltirib o'tilgan.

Ba'zi issiqlik akkumulyasiyalovchi materialarni taqqoslash

6.1-jadval

IAM xarakteristikalari	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 koeffitsient	0,45	0,6	1,85 ^t	1,714 ^j	0,498 ^t
$\Delta T=20K$,da 1TJ issiqlikni akkumulyasiyalash uchun IAM massasi,kg	59500	11900	3300		3750
Suv massasga nisbatan IAM nisbiy massasi, $\frac{KG}{KB}$	5	1	0,28		0,32
$\Delta T=20K$,da 1TJ issiqlikni akkumulyasiyalash uchun IAM hajmi, m ³	49,6 ^j	11,9	2,26		4,77
Suv massasiga		1	0,19		0,4

nisbatan IAM nisbiy hajmi m ³ /m ³				
---	--	--	--	--

Izoh:

1. Darajalarning belgilanishi qo‘yidagicha:

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.

6.1. Sig‘im turdagi akkumulyatorlar

Bu issiqlik energiyasini akkumulyasiya qilish uchun eng keng tarqalgan qurilma hisoblanadi. Issiqlikni akkumulyasiya qilish qobiliyati yoki issiqlik miqdori (kJ), sig‘im turidagi issiqlik akkumulyatorlarida qo‘yidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = m \cdot C_p (T_2 - T_1) \quad (6.1)$$

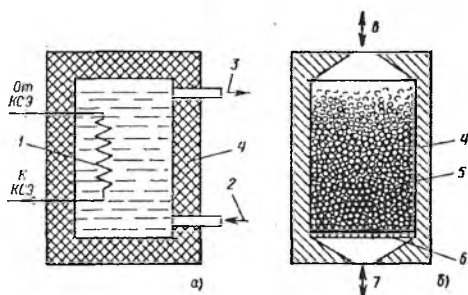
bu yerda: m — issiqlikni akkumulyasiyalovchi moddaning massasi, kg; C_p— moddaning solishtirma izobar issiqlik sig‘imi, kJ/(kg•K); T₂ va T₁— issiqlik akkumulyasiya qiluvchi moddaning boshlang‘ich va oxirgi haroratlari o‘rtacha qiymati, °C.

Suyuq quyoshli tizimlarning issiqlik ta‘minotida eng samarali issiqlik akkumulyasiyalovchi material bo‘lib suv xizmat qiladi. Mavsumiy vaqtlar uchun issiqlikni akkumulyasiya qilish, asosan er osti hovuzlaridan, gruntlardan, tog‘ jinslaridan va boshqa tabiiy hosil bo‘lgan jinslardan foydalanish istiqbolli sanaladi. Yirik masshtabli tizimlarda 100000 m³ suv sig‘imiga ega temirbetonli va po‘lat rezervuarlarda ma‘lum issiqlik sig‘imiga ega issiq suv 85-95°C haroratda 8000 GJ issiqlik energiyasini

saqlab turishi mumkin. Ularning ekspluatatsiyasi juda sodda bo'lsada, qurish vaqtida kapital qo'yish summasi yuqoridir.

Ularni issiqlik nasoslari bilan birgalikda foydalanish maqsadga muvofiq sanaladi, chunki buning natijasida ularning issiqlik akkumulyasiya qilish qobiliyati rezervuarda suvni 5°C gacha sovutish hisobiga 2 barobar oshishi mumkin.

Mavsumiy ravishda issiqlikni akkumulyasiya qilishning ijobiy tajribasi Shvetsiyada¹ to'plangan bo'lib, u yerda butun poselkalarni issiqlik ta'minotida yirik geliotissiqliknasosli tizimlardan foydalaniladi. Ammo, individual foydalanish uchun o'ta qiziqish isitish va issiq suv ta'minotida katta bo'lmagan quyosh qurilmalari uchun issiqlik akkumulyatorlari hisoblanadi.



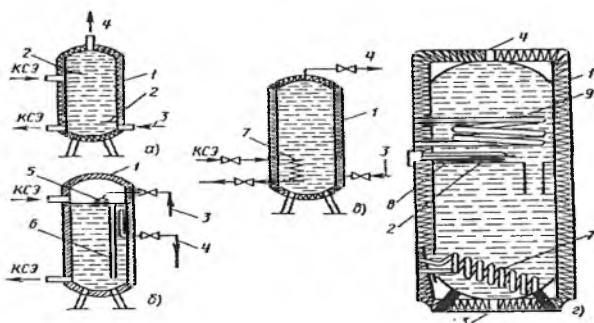
6.1-rasm. Sig'im turidagi issiqlik akkumulyatorlari— suvli (a) va mayda granit toshli (b):

1 — issiqlik almashingich; 2 — sovuq suv; 3 — issiq suv; 4 — issiqlik izolyasiyalangan bak (bunker); 5 — mayda granit toshlar qatlami; 6 — panjara; 7, 8 — havo keltirish va uzatish.

6.2-rasmda tabiiy va majburiy sirkulyasiyalı suv isitish qurilmalarida qo'llaniladigan 200-500 l sig'imli akkumulyatorlarning baklarini konstruktiv tayyor namunalari ko'rsatilgan. Bakning issiqlik yuqotishlari qalinligi 50 mm kam bo'lmagan steklovata issiqlik izolyasiya sifatida qoplash natijasida kamaytirilmoqda. Suv o'tkazuvchi quvur bilan kontaktda bo'lgan bakning ichki yuzasi karroziyadan himoyalangan

¹ Күш энергетикасига nisbatan жиддий муносабатга мисол сифатига Швециянинг конуний нормаларини мисол келтириш мумкин.

bo'lishi zarur. Buning uchun bak zanglamaydigan po'latdan tayyorlanishi, emal qoplamaga ega bo'lishi yoki magniydan anod, yoki tashqi elektr manbaidan himoyalaniş maqsadida anod himoyaga ega bo'lishi zarur. Bakda isitish tizimiga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingich (6.2 rasm, g), elektr isitgichdan issiqlik haydash uchun ikki konturli tizimda issiqlik almashingich (6.2-rasm, v,g), bak quyi qismi uchun quvur, sovuq suvni haydash uchun suzgich klapan (6.2- rasm, b), gorizonta1 to'rparda (69-rasm, a va g) ko'zda tutilgan bo'lishi zarur. Peregorodka bakning ichki qismini suvning balandligi bo'yicha har xil darajaga ega seksiyaga bo'ladi, bunda bakning yuqori qismida pastki qismiga qaraganda harorat yuqori bo'ladi. Bu issiqlikning akkumulyasiya qilishning samaradorligini oshiradi. Quyosh energiyasi kollektorida a va b sxemalarda issiqlik tashuvchi sifatida suv xizmat qiladi, a, v sxemalarda va v, g sxemalarda antifriz, shuning uchun issiqlikni antifrizdan suvga uzatish uchun issiqlik almashingich ishlatiladi.



6.2-rasm. Issiq suv akkumulyatorlari - baklar

a— Ichki peregorodkali pastdan sovuq suvni haydash baki; b— Sovuq suvni haydash uchun poplavkoviy klapanli bak; v— Issiqlik almashingich orqali Quyosh energiyasi kollektoridan dan issiqlikni haydovchi bak; g— elektr isitgichli seksiyalarga bo'lingan bak;

1 — issiqlik izolyasiyalı bak; 2 — to'rparda; 3 — sovuq suvni haydash; 4 — issiq suvni uzatish; 5 —suzuvchan klapan; 6 — quyi

tushirilgan quvur; 7 — issiqlik almashingich; 8 —elektr isitgich; 9 — issiqlik almashingich.

Issiqlik ta'minoti quyosh havo tizimlarida zarrachalarning zich qatlamidan iborat nasadka ko'rinishidagi 20-50 mm o'lchamga ega galkalardan tashkil topgan doiraviy yoki to'g'ri to'rtburchak kesimidagi sig'imli galkali issiqlik akkumulyatorlari qo'llaniladi. Bu turdagi akkumulyatorlar bir qancha afzalliklarga egadir, suvli akkumulyatorlar bilan taqqoslaganda ular katta hajmni egallaydi. Galkali akkumulyatorlar vertikal yoki gorizontaal joylashishi mumkin. Kunduz kuni quyosh kollektoridan chiqayotgan issiq havo akkumulyatorida o'z issiqligini galkaga beradi va shunday qilib akkumulyator zaryadkasi amalga oshiriladi. Tunda yoki bulutli ob-havoda akkumulyator razryadlanib havo oqimi teskari yo'nalishda harakatlanib issiqlikni iste'molchiga olib ketadi. Ammo, bir xil energiya sig'imida galkali issiqlik akkumulyatorining hajmi suvli bak akkumulyatorining hajmidan 3 marta katta bo'ladi.

6.2. Fazoviy issiqlik o'tish akkumulyatorlari

Fazoviy issiqlik o'tish akkumulyatorining asosiy afzalligi shundaki, ular yuqori solishtirma energiya zichligiga egadirlar, shu sabab sig'im akkumulyatorlari bilan qiyoslaganda akkumulyatorning massasi va hajmi kamayadi. Issiqlik ta'minotida past haroratli quyosh tizimlari uchun fazoviy issiqlik o'tish akkumulyatorlarida quyidagi organik moddalar yaroqlidir (parafin va ba'zi yog'li kislotalar) va noorganik tuzlar kristallgidratlari, masalan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ geksohidrat xlorli kalsiy yoki 29 va 32°C da alanganuvchi glauber tuzi $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Kristalli gidratlardan foydalanilganda, aralashmalarga ajralishi yoki ularning qaytadan sovushi ishchi sikllarning sonining kamayishi va barqaror bo'lmagan moddalar hosil bo'lishiga olib keladi. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun issiqlik akkumulyasiya materialiga maxsus modda qo'shiladi, bu aralashmaning bir xil darajada kristallanishini ta'minlashga va materialdan uzoq foydalanish jarayonida erish-qotish ko'p qirrali sikllarida yordam beradi. Samarali issiqlik almashinuvini tashkil etish uchun issiqlik akkumulyasion

material bilan qoplangan orebren yuzaga ega kapsulalardan, shuningdek issiqlik o'tkazuvchi matritsalaridan (yacheykali strukturalardan) foydalaniladi. Organik moddalardan birinchi navbatda, juda kichik issiqlik o'tkazish koeffitsientiga ega $[0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})]$ foydalanilinish zarur.

6.3. Binolarni isitish uchun quyoshiy issiqlik ta'minot tizimlari

Bizning shimoliy kengliklarda binolarning issiqlik ta'minoti (isitish) uchun hamma iste'mol qilayotgan yoqilg'i energetik resurslarining anchagina qismi sarflanadi. Bu maqsadda quyosh energiyasidan foydalanish ko'p miqdorda energiyani iqtisod qilish imkonini beradi. Binolarning Quyoshiy issiqlik ta'minotida aktiv va passiv tizimlar farqlanadi.

Aktiv tizimlarning xarakterli farqli jihatlari shundaki, ularda quyosh energiyasi kollektori, issiqlik akkumulyatorlari, qo'shimcha energiya manbalari, quvur o'tkazgichlar, issiqlik almashingichlar, nasoslar yoki ventilyatorlar va avtomatik boshqarish va nazorat qurilmalaridan iborat bo'ladi. Passiv tizimlarda quyosh kollektori va issiqlik akkumulyatorlari funksiyasi odatda to'suvchi bino konstruksiya vazifasini bajarib issiqlik tashuvchining (havo) harakati ventilyatordan foydalanilmasdan tabiiy konveksiya hisobiga amalga oshiriladi. Bino konstruksiyasining ishlanmasini yaratish vaqtida issiqlik energiyasining kamayishiga quyiladigan talablar hisobga olinadi, shunda samarali geliotizimdan iborat issiqlik ta'minoti yaxshi ishlaydi. Bu ayniqsa energiya samarali yoki (tashqi izolyasiya qilingan) uylarda, yaxshi issiqlik izolyasiyaga ega devorlar, potolok, pol va tashqi to'siqlar maksimal germetik konstruksiyaga ega uylarda erishish mumkin. Bunday uylarda devorlarning issiqlik yuqotish koeffitsienti jami bo'lib $0,15 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ tashkil etadi va tashqi havoning binoga kirishi kamaytiriladi.

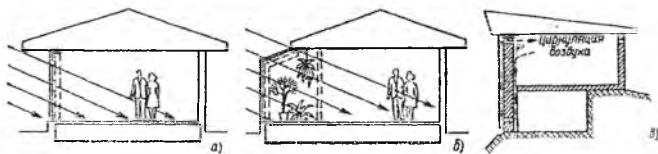
E'tiborni qaratish kerakki, boshqa jihatlaridan biri, masalan, 2 ta shisha orasida joylashgan polimer plenklar yoki shishaga maxsus qoplangan yuqori samarali qoplamaga ega derazalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Shuningdek quyosh energiyasiga nisbatan yuqori o'tkazish qobiliyatini ta'minlovchi qoplamalar va issiqlik nurlanishi uchun past nurlantirish qobiliyatiga ega qoplamalardan foydalanish zarur.

Bunday romlarni qo‘llaganda ichki yuzadagi harorat ko‘tariladi, shu tufayli shishada suv bug‘larining kondensatsiyasi kamayadi va qulaylik hissi ortadi. Ikkita shisha qoplamasi oralg‘ida vakuumga ega germetik rom, ya‘ni maxsus derazaning qo‘llanilishi issiqlik yuqotilishini kamaytiradi va bir vaqtda kirayotgan shovqin darajasini kamaytiradi. Shunday qilib, quyosh energiyasidan samarali foydalanishda, ayniqsa sovuq iqlim sharoitlarida energiyani saqlashning yuqori darajasi ta‘minlanishi zarur. Bunda geliotizimning quvvati va qo‘shimcha energiya manbalari, shuningdek ularning o‘lchamlari va narxi minimal bo‘lishi zarur.

Binolarni isitishning passiv geliotizimlari

Binolarni isitish uchun quyidagi passiv geliotizimlar qo‘llaniladi:

- Binoning janubiy fasadidagi katta maydondagi shisha yuza orqali quyosh nurlanishini to‘g‘ridan to‘g‘ri tutish orqali (6.3-rasm, a) yoki quyosh issiqxonasi binosining janubiy devoriga singib kirish(qishgi bog‘, oranjeriya) orqali (6.3- rasm, b);
- Janubiy fasad shisha qatlami oralg‘ida issiqlik akkumulyasiya devoridan iborat, ya‘ni quyosh nurlanishini har xil tutish orqali(70-rasm, v)
- Galkali issiqlik akkumulyatori va konvektiv havo sirkulyasiyalikontur bilan;



6.3-rasm. Binolarni isitishning passiv geliotizim turlari

a). Quyosh nurlanishini to‘g‘ridan to‘g‘ri tutish orqali; b)maxsus qurilgan issiqxonada; v).issiqlik akkumulyasiga ega devor orqali.

Bunday tizimdagi uy 6.4- rasm, a ko‘rsatilgan. Bundan tashqari passiv va aktiv geliotizimlar elementlarini biriktiruvchi gibrid tizimlardan ham foydalaniladi.

Isitish uchun quyosh energiyasidan samarali foydalanishni ta‘minlashda passiv tizimlar binoning bir qismini tashkil etib loyihalanishi zarur. Quyosh nurlanishini tutish uchun janubiy fasad shisha yuzasi va rom bilan bir qatorda tomda shisha proyom va binoning yuqori qismidagi qo‘shimcha oyna inson uchun qulaylik darajasini ko‘tarib, yuzga to‘g‘ridan to‘g‘ri quyosh nurlanishi tushishidan asraydi. Passiv geliotizimlarning samarali ishlashining muhim shartlaridan biri qish oylarida quyosh nurlanishini tutish va maksimal tushishi uchun bino orientatsiyasi va joyni to‘g‘ri tanlashdan iborat.

Passiv tizimlar juda oddiydir, lekin ularning samarali ishlashi uchun yorug‘ shaffof yuzalarning issiqlik izolyasiyasini holatini boshqaruvchi qurilma, shtorlar, issiqlik akkumulyasiyalovchi devorda havo sirkulyasisi uchun teshiklarda zaslonkalar kerak bo‘ladi. Quyidagi shartlarga to‘liq rioya qilinganda quyosh energiyasini to‘liq tutish samarali amalga oshirilishi mumkin:

1.Uyning optimal joylashuvi — sharq o‘qi bo‘ylab— g‘arb yoki bu o‘qdan 30° gacha og‘ish orqali;

2. Uyning janubiy tomonida kamida 50–70% rom, shimoliy tomonida esa 10% dan ko‘p bo‘lmagan romga ega, janubiy romlar minimum 2 qatlamli shishadan, shimoliy oynalar esa kamida 3 qatlamli bo‘lishi zarur;

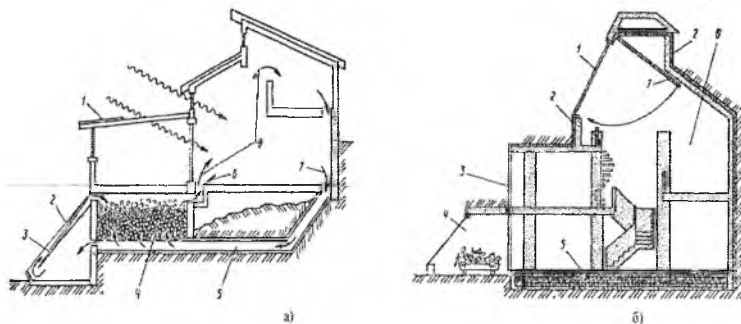
3. Bino yaxshi issiqlik izolyasiyasiga va tashqi havoning filtratsiyasi natijasida kam issiqlik yuqotilishiga ega bo‘lishi zarur;

4. Binoning ichki loyihasi yashash xonalarini janub tomondan va qo‘shimcha xonalarni shimoldan joylashishini ta‘minlashi zarur.

5. Quyosh energiyasi issiqligini akkumulyasiyalash va yutilishi uchun pol va ichki devorlarning issiqlikni akkumulyasiya qilish qobiliyati etarli darajada bo‘lishi zarur.

6. Binolarning o'ta qizib ketishini oldini olish uchun romlar ustida naveslar, kozirkalar bo'lishi kerak. Bunday tizimning FIK 25-30% ni tashkil etadi, ayniqsa qulay iqlim sharoitlarida bu ko'rsatkich yuqori, ya'ni 60% ga etishi mumkin. Bu tizimning kamchiligi shundaki, binoning ichida havo haroratining yuqori sutkalik tebranishi bo'lib turadi. Qayta qurilayotgan binolar uchun (iqtisodiy nuqta'i nazardan) quyosh energiyasini to'g'ridan to'g'ri tutishda passiv tizimlar eng foydali hisoblanadi. Passiv tizimlar xuddi bino kabi yaroqlilik muddatiga ega, past ekspluatatsion chiqimlarga ega. Bu tizimlarda issiqlikni olish bilan bir qatorda kun davomidagi samarali yoritishni ta'minlaydi, shu tufayli elektr energiya iste'moli kamayadi. Uyning janubiy fasadi shisha maydoni hisoga olinishi zarur, chunki u quyosh energiyasi ulushidan olinadigan issiqlik nagruzkasini qoplash va kunning uzoq qismida quyosh nurlari ularga uzoq tushib turishi uchun issiqlik akkumulyasiya elementlari (issiqlik massasi) qulay joyda joylashtirilishi zarur. Quyosh nurlari ularga to'g'ri tushishi va har doim odamlar bo'ladigan binolarda haddan ziyod o'ta qizib ketishga yul qo'ymaslik kerak. Passiv tizimlarga qo'yiladigan muhim talablar shundan iboratki, binolarda harorat rejimini boshqarish va issiqlik komfortini ta'minlashdir. Passiv tizimga ega binolarda quyosh energiyasidan foydalanilganda oddiy binolar bilan qiyoslaganda kamfort past havo haroratlarida ta'minlanadi, shuningdek hamma va ko'pchilik ichki binolarning harorati havo haroratidan yuqori va ular insonlarga issiqlik nurlantiradi, natijada kamfort his qilish ortadi. Ammo, quyosh energiyasini to'g'ri tutishda passiv tizimlardan foydalanilganda issiqlik akkumulyasiya elementlarida yuqori issiqlik inersiyasi tufayli binolarda havo haroratini boshqarish qiyin kechadi. Binolarning harorat rejimlarini loyihalashda har bir elementlarning joylashuvi va massani optimallashtirish, shuningdek naveslar va kozirkalardan foydalanish, tungi vaqtlarda yorug' shaffof yuzalardan, havoning kirishi va chiqishini, romlarning ochilish va yopilishini, fartochka va framuglarni tashkillashtirish uchun avtomatik boshqariladigan zaslonkalar bo'lishi zarur. Bunday tizimlarda uyning janubiy tomonida devorlarda katta maydondagi shishalangan yuzalar va romlardan foydalaniladi. Binoning isitiladigan maydoni va isitish issiqlik nagruzkasini shishalangan maydon

aniqlaydi. Binoning issiqlik nagruzkasini kamaytirish uchun eng yaxshi issiqlik izolyasiyasini qo'llash orqali bino qurilgan bo'lishi va boshqa chora tadbirlardan foydalanib energiyani saqlash lozim. SHu maqsadda tungi vaqtlarda yorug' shaffof tashqi yuzalarga ega issiqlik izolyatorlaridan foydalaniladi, bular issiqlik izolyasion uqitlar, stavni, zich shtorlar va boshqalar bo'lishi mumkin. 6.4 a Rasmda ko'rsatilgan uyda quyosh energiyasini to'g'ri tutish ko'zda tutilgan, shuningdek kollektorda qizigan galka qatlamida issiqlikni akkumulyasiya qilish orqali havoning tabiiy konvektiv sirkulyasiyasi konturi va klapan yordamida havo harakatini boshqarish, shuningdek quyoshdan himoya qurilmasi mavjud.



6.4-rasm. Quyoshli uy:

a) Tosh qatlamida issiqlikni akkumulyasiya qilish va havoni qizdirish uchun quyosh energiyasini to'g'ri tutish bilan konvektiv kontur hosil qilish; b) graviyli issiqlik akkumulyatorlari

a) 1 — quyoshdan himoya qurilma; 2 — havo kollektori; 3 — qora metall list; 4 — toshlar; 5 — havoni qaytarish; 6 — havo oqimini boshqarish; 7 — toza havo; 8 — issiq havo

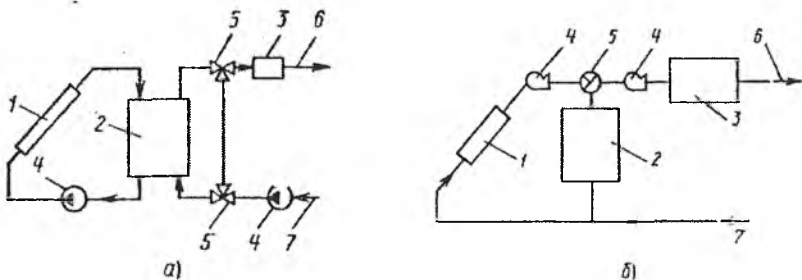
b) 1 — shisha qoplamasi; 2 — issiqlik izolyasiyasi; 3 — oyna; 4 — sochmali; 5 — graviy; 6 — oshxona; 7 — klapan

Qora yoki boshqa to'q rangga bo'yalgan janubiy devordagi shisha qoplamasiga ega issiqlik akkumulyasiyalovchi passiv geliotizimlar yuqori samaradorligiga egaligi bilan farq qiladi va bir qancha konstruktiv vazifalarni bajarishi mumkin.

Boshlang'ich variant sifatida havo sirkulyasiyasi uchun teshiklar mavjud bo'lmagan to'q rangdagi toshli devor yoki janubiy shisha beton hisoblanadi. Quyosh nurlanishi bir yoki ikki qatlamli shisha qoplamasini singib o'tib to'q matovoy rang buyoqqa buyalgan devor yuzasida yutiladi va harorat ko'tarilishini hosil qiluvchi devor massasida akkumulyasiya bo'ladi. Kunduz kuni akkumulyasiya bo'lgan issiqlik konveksiya va nurlanish yordamida binoning ichki qismiga kechikib uzatiladi. 200 mm beton devorining qalinligida bu kechikish 5 soatni tashkil etadi. Eng etuk varianti havo sirkulyasiyasi uchun quyi va yuqori sathlarda teshiklarga ega devor konstruksiyasi hisoblanadi. Bunda binoda issiqlikni uzatish anchagina yaxshilanadi. Havoning harakatini buriluvchan zaslonkalar yordamida amalga oshirish mumkin, shuningdek katta quvvatga ega bo'lmagan ventilyatordan ham foydalanish mumkin.

Binolarni isitishning aktiv geliotizimlari

Quyoshiy isitish aktiv tizimlariga quyosh kollektori, issiqlik akkumulyatori, qo'shimcha (rezerv) energiya manbai, QEK dan akkumulyatorga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingich, nasoslar, ventilyatorlar, armaturali quvuro'tkazgichlar va tizimning ishini boshqarish uchun kompleks qurilmalar kiradi.



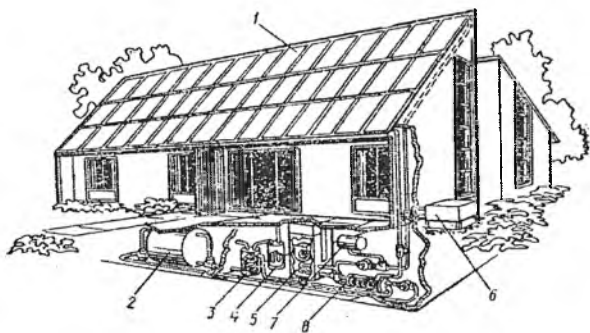
6.5-rasm. Quyoshiy isitishning suvli (a) va havo asosidagi (b) aktiv tizimlari.

1 — Quyosh energiyasi kollektori; 2 — issiqlik akkumulyatorlari; 3 — qo'shimcha energiya manbai; 4 — nasos(ventilyator); 5 —

boshqarishga asoslangan klapan; 6 — qizdirilgan issiqlik tashuvchini haydash; 7 — sovutilgan issiqlik tashuvchini qaytarish.

Issiqlik binoda havo tizimlarida havo yulakchalari va ventilyatorlar yordamida taqsimlanadi yoki past haroratli issiqlik tashuvchilarga hisob qilingan (suyuqlikli tizimlarda) konvektorlar, radiatorlar va nurlantiruvchi panellar vositasida ham amalga oshiriladi. Agar qizdirishning issiqlik nagruzkasi $45-60 \text{ W/m}^2$ bo'lsa, unda isitishning pol tizimidan foydalanilganda (polning pastdan issiqlik izolyasiya qilingan yuzasiga quvur yotqizilgan holda sirkulyasiyalanib issiq suv yordamida qizitiladi) binodagi havo harorati 18°C bo'lishi uchun pol yuzasidagi harorat $22-24^{\circ}\text{C}$, suvning harorati esa 30°C bo'lishi kerak. Pol odatda betondan tayyorlanib uning ichida issiqlik tashuvchi uchun $\varnothing 20$ mm bo'lgan polietilen quvurlar yig'iladi, uning tag qismidan tosh zasypkasi qoplamasidan gidroizolyasiya qiladigan issiqlik izolyasiya qatlami joylashadi. Boshqa variantida qattiq penopoliuretan qatlami ustida joylashgan 0,5 mm alyuminiy listga birlashtirilgan mis quvurlardan foydalaniladi.

6.6-rasmda aholi yashaydigan uyning tomiga o'rnatilgan suyuqlik quyosh kollektori tasvirlangan. Isitish va issiq suv ta'minotida geliotizimning qolgan jihozlari uyning podvalida joylashgan. U erda asosiy issiqlik akkumulyatorlari, suv isitish uchun issiqlik almashingich (3), issiq suv akkumulyasiyasi uchun bak, uyni isitish va havoni qizdirish uchun issiqlik almashingich (5), kengayish baki va antifrizdagi issiqlikni suvga uzatish uchun issiqlik almashingich o'rnatilgan. Uyning tashqarisida issiqlik almashingich (6) bo'lib u yoz oylarida ortiqcha yig'ilgan quyosh issiqligini tashlab yuborish uchun xizmat qiladi.



6.6-rasm. Aktiv geliotizimli issiqlik ta'minotiga ega uy

1 — Quyosh kollektori; 2 — issiqlik akkumulyatori; 3 — suvni qizdirish uchun issiqlik almashingich; 4 — issiq suv bak akkumulyatori; 5 — havoni qizdirish uchun issiqlik almashingich; 6 — ortiqcha issiqlikni tashlash uchun issiqlik almashingich; 7 — kengayish baki; 8 — suv isitish uchun issiqlik almashingich

VII BOB. Quyosh energetik qurilmalari asosidagi yangi texnik ishlanmalar holati

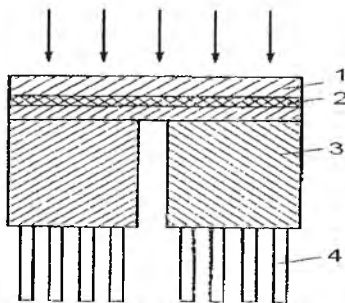
7.1. Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilma

Termoelektrik o'zgartirgichlarni (TO') quyosh elementlari bilan biriktirish g'oyasi Sominskiy M.S. va Maleevskiy Yu.N. tomonidan taklif qilingan va rivojlantirilgan edi.

Bunda quyosh nurlari bevosita QE ga tushib TO' issiq yuza tomonini 200—250° C gacha qizdiradi. Sovuq yuza tomonini sovutish radiatorlar tomonidan amalga oshiriladi.

Shunday qilib kombinatsiyalashgan tok generatori quyosh elementining berilgan yuzasida QE va TO' ga nisbatan ko'proq elektr energiya ishlab chiqaradi.

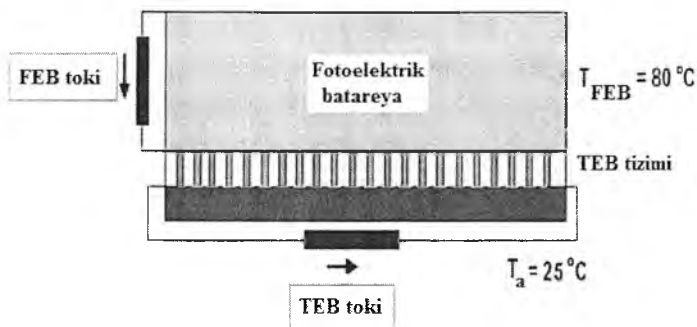
Malevskiy Yu.N. va boshqalar tomonidan arsenid galliy asosidagi to'rtta quyosh elementidan (yuzalari $10 \times 10 \text{ mm}^2$) tashkil topgan fotobatareya va BiTeSb asosidagi termoelektrik o'zgartirgich, ya'ni kichik generator (7.1-rasm) sinovdan o'tkazildi. Quyosh energiyasidan foydalanib ishlashga mo'ljallangan parabolik konsentrator diametri 950 mm ga ega. Quyosh elementida harorat 150°C da ushlab turildi, TO' ning issiq yuza tomonida harorat 120°C atrofida bo'ldi, QE va termoelektrik generator bir xil quvvat ishlab chiqarishni boshlashdi.



1-quyosh elementi; 2- izolyasion qatlam; 3- TO'; 4- issiqlikni uzatuvchi radiator;

7.1-rasm. Quyosh elementining TO' bilan birlashtirilishi

Niderlandiyalik olim van Sark ning ishlarida ham foto-termoelektrik gibridd qurilmasidan (7.2-rasm) olingan modellashtirish natijalari keltirilgan. Uning xulosalariga ko'ra bunday gibridd qurilma yordamida umumiy FIK ni 23% ga ko'tarish mumkin. Uning natijalari shuni ko'rsatadiki, FEB-TEG modullari yordamida, masalan, Malaga (Ispaniya), Utrext (Niderlandiya) hududlarida ikki yillik natijalarga ko'ra 11-14,7% ga oshirish mumkin.



7.2-rasm. Gibridd fotoelektrik-termoelektrik qurilmaning prinsipial sxemasi

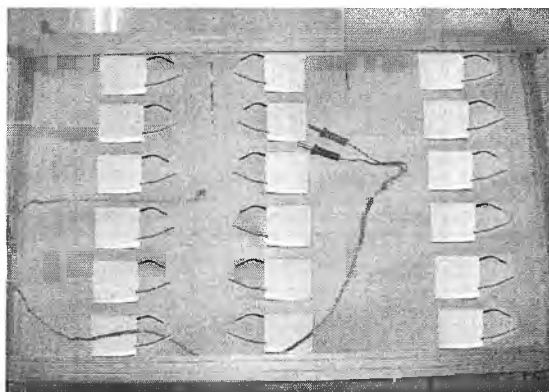
Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmani tayyorlashda dastlab uning fotoelektrik va termoelektrik qismlarini birlashtirilishi haqida loyihalar tayyorlandi.

Fotoelektrik batareya (FEB) qismi 18 ta ketma-ket ulangan FIK 15,4% bo'lgan polikristall kremniy asosidagi QE laridan tashkil topgan. QE geometrik o'lchamlari va qalinligi mos ravishda 52x156x0,2 mm dan iborat. FEB tayyorlash texnologiyasidan **“Fotoelektrik batareyalar va qurilmalar texnologiyalari”** kursining ma'ruzalaridan tanishsiz.

FEB laminatsiya pechiga qo'yilishdan oldin uning orqa tomoni yuzasiga termoelektrik batareyalarni (TB) joylashtirish uchun himoya plyonkasi (tedlar) TB o'lchamlariga mos holda qirqib qo'yildi. Laminatsiyadan so'ng osonlik bilan himoya plenkasi olib tashlandi. TB lar

maxsus kremniy organik pasta KPT-8 (ya'ni, -60 do $+180^{\circ}\text{C}$ oraliqda samarali issiqlik kontaktini ta'minlaydi) orqali FEB ning germetik (etilenvinilatsetat) qismiga biriktirildi. O'lchamlari va qalinligi mos ravishda $40 \times 40 \times 2,5$ mm bo'lgan o'n sakkizta ketma-ket ulangan TB ning to'ldirish koeffitsienti $\xi \sim 0,25$, FIK esa $\eta \sim 6\%$ ga teng bo'lib termoelektrik generatorni tashkil etadi. TB p-n tur o'tishga ega vismut tellur asosidagi 127 ta TO' lardan tashkil topgan. Termoelektrik generatorning ish rejimining harorat diapozoni $0 \div 180^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.

7.3-rasmda FEB ning orqa tomoniga TEB ni joylashtirish keltirilgan. Buning uchun TO' ning issiq va sovuq yuzalari Pelte effektidan foydalanib aniqlandi.

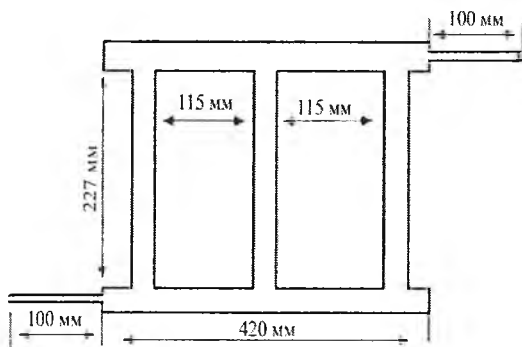


7.3-rasm. FEB ning orqa tomoniga TEB ni biriktirish

Termoelektrik generatorlar issiqlik tashuvchilar yoki tabiiy konveksiya yoki radiatorlar yordamida sovutiladi. Hamma holatlarda sovutuvchi uskunaga asosiy talab termobatareya orqali o'tayotgan issiqlikni to'liq uzatish hisoblanadi. Issiqlik tashuvchilar holatida bu issiqlik tashuchining issiqlik uzatish koeffitsientini optimal tanlash va uni haydash tezligi hisobiga yuz beradi. Tabiiy konveksiya va nurlanish sharoitida radiatorning umumiy maydoni va qovurg'a materialini optimal tanlash hisobiga amalga oshadi. Issiqlik tashuvchilarning qo'llanilishi TB sovuq yuzasidan ajralayotgan issiqlikni samarali ravishda olishga va xo'jalik maqsadlari uchun sezilarli yuqotishsiz uzatishga imkon beradi.

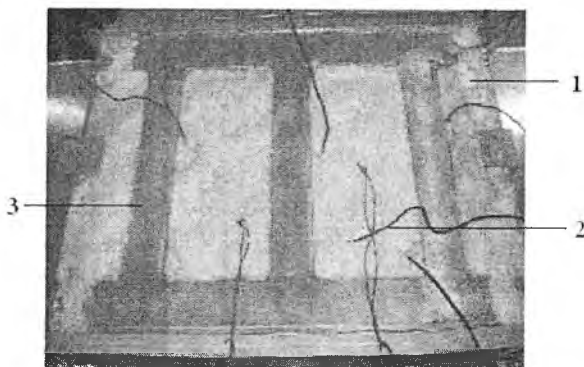
Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmasida issiqlik tashuvchi sifatida yuqori issiqlik uzatish koeffitsientiga ega suvdan foydalaniladi.

TB kommutatsiyasi amalga oshirilgandan so‘ng TEG uchun umumiy maydoni 288 cm^2 bo‘lgan sovutish uskunasi tayyorlandi. Bu uskunaga material sifatida dyuralyuminiy tanlandi. Sovutuvchi uskuna quyidagi shaklda tayyorlandi: sovuq issiqlik tashuvchi uchun uch qatordagi parallel holatdagi to‘g‘ri to‘rtburchakli quvur bir biridan 115 mm masofada joylashadi. Profilning yuqorigi va pastgi uchlari gaz payvandlash orqali to‘g‘rito‘rtburchakli kesimning oltita kanaliga biriktirilgan. Sovuq va issiq suv shtutserlari rezervuarining quyi va yuqori qismlariga ulangan. Payvandlangan joylar g‘adir budurlikdan tozalani b silliqlandi. Rezervuarining tutash joylarining germetikligi suyuq muhitda bosim ostida sinovdan o‘tkazildi. 7.4-rasmda TEG sovuq yuza tomoniga o‘rnatilgan rezervuarining sxemasi keltirilgan.



7.4-rasm. TEG uchun sovutuvchi rezervuarining sxemasi

Sovituvchi rezervuarining yon tomonlari issiqlik izolyatsion material sifatida kaolin paxtadan foydalanildi. Uning o‘rtacha zichligi 130 kg/m^3 . Kaolin paxtasining issiqlik o‘tkazuvchanligi tolani montaj vaqtida zichlashtirishga va haroratga bog‘liqdir.



7.5-rasm. Sovituvchi rezervuar va issiqlik izolyasion materialni joylashtirish tartibi

1 - kaolin paxtasi; 2 - mis- konstantan asosidagi termojuftlik; 3 - sovituvchi rezervuar

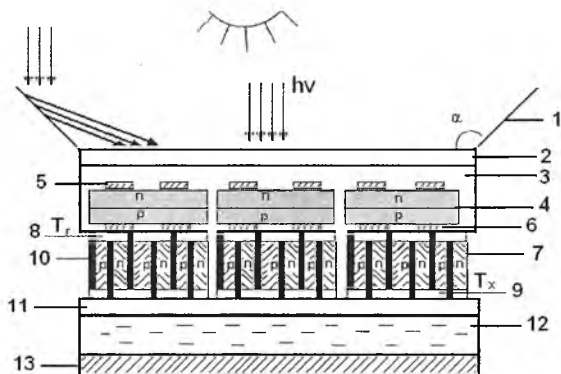
Oxirgi bosqichda qurilmaning orqa tomoni alyuminiy material asosidagi qopqoq bilan yopildi. Yuqorida sanab o‘tilgan uskunalar to‘rt burchakli shakldagi bitta konstruksiyaga keltirilib laboratoriya stendiga o‘rnatilgan. Tayanch konstruksiya tizimi kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmani uch xil holat bo‘yicha gorizontga qiya joylashtirish mumkin.

Fotoelektrik batareyalarni samaradorligini oshirish imkoniyatlaridan biri bu ularni termoelektrik o‘zgartirgichlar bilan birlashtirish hisoblanadi. FEB O‘zbekiston sharoitida qo‘llash shartidan kelib chiqib TO‘ larda material sifatida vismut-tellur birikmasi tanlangan edi, chunki ularning samaradorligi past haroratlarda boshqa TO‘ ga qaraganda yuqori edi.

Agar QE samaradorligi 15,4% ga teng bo‘lsa, unda atrof muhit harorati va TO‘ larda temperatura farqiga bog‘liq holda ularning samaradorligini 1-2% ga oshirish mumkin. Ma‘lumki TEB parametrlari, shuningdek quvvati uning yuza tomonlaridagi issiq va sovuq haroratlari farqiga (ΔT) ga bog‘liqdir. TEB samaradorligining oshishi asosan atrof muhit harorati yuqori ko‘rsatkichlarida namoyon bo‘ladi. Harorat farqini ΔT texnik

jihatdan oshirish imkoniyatlaridan biri sovuq yuzani kichik haroratli issiqlik tashuvchi (suv, azot va boshqalar) bilan sovutish hisoblanadi.

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning prinsipl sxemasi 7.6-rasmda keltirilgan.



1 – akslantiruvchi reflektorlar; 2-himoya shisha qoplamasi; 3-germetik qatlam (etilenvinilatsetat); 4 - QE; 5-QE frontal kommutatsion kontaktlari; 6– QE orqa yuzasidagi kommutatsion kontaktlari; 7 – past haroratli TO‘ (Bi_2Te_3); 8 – TO‘ «issiq» yuzasi; 9 –TO‘ «sovuq» yuzasi; 10 – izolyasion materiallar; 11-Issiqlik o‘zatuvchi pasta (HY Thermal grease); 12-issiqlik tashuvchi (suv); 13- korpus.

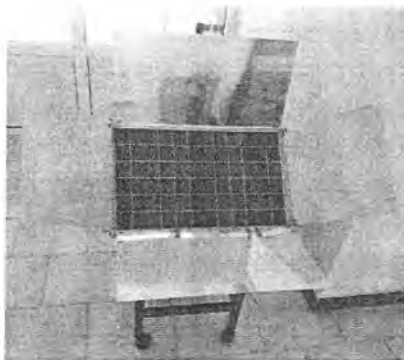
7.6-rasm. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning prinsipl sxemasi

Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasida FEB frontal qismida to‘rtta akslantirgich reflektorlar ishchi sohaga $\alpha \sim 110^\circ \div 120^\circ$ burchak ostida joylashgan (7.6, 7.7 rasmlar). Ushbu laboratoriya ishini bajarishda reflektorlarni operativ boshqarish va FEB maksimal qisqa tutashuv tokiga qarab α burchak tanlanadi.

Termoelektrik generatorning (18 ta ketma-ket ulangan TEB) chiqish generatsiya quvvati quyidagicha topiladi:

$$P_g = S_m I_{teg} (T_h - T_c) - I_{teg}^2 R_m \quad (7.1)$$

Bu yerda S_m -Zebeek koeffitsienti; R_m -TEG ning elektrik qarshiligi; I_{teg} -TEG ning generatsiya toki; T_{issiq} va T_{sovuq} -mos ravishda TEG ning “issiq” va “sovuq” yuzalari harorati.



7.7-rasm. Kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmasining umumiy ko‘rinishi

Bu jarayonda issiq yuza harorati $T_{issiq} = T_{orqa\ tomon}$ ga teng, $T_{orqa\ tomoni}$ - FEB orqa yuzasi himoya plenkasidagi harorat. Mumkin bo‘lgan maksimal I_{TB} ning ifodasi quyidagicha hisoblanadi:

$$I_{TB} = \frac{S_m(T_i - T_s)}{2R_m} \quad (7.2)$$

TEG ning “issiq” yuzasiga berilayotgan issiqlik FEB ning “Tedlar” himoya plenkasi orqali issiqlik uzatish hisobiga amalga oshadi, bunda uzatilgan issiqlik miqdorini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_{is.} = \frac{K_m A_m (T_i - T_s)}{t_m} \quad (7.3)$$

Bu yerda A_m va t_m – mos ravishda TEG ning yuzasi va qalinligi; K_m – TEG issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

TEG ga uzatilgan issiqlikning bir qismi elektr energiyasiga aylantiriladi, qolgan qismi TEG ning "sovuq" yuzasi orqali sovituvchi rezervuarga uzatiladi.

Umumiy holda, $Q_{is.}$ ni qo'yidagicha hisoblash mumkin:

$$Q_{is.} = Q_{sov.} + P_{teg} \quad (7.4)$$

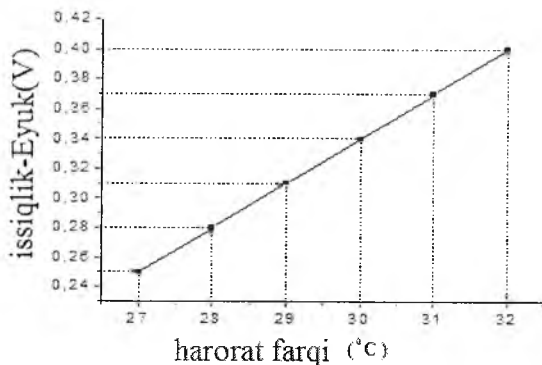
Q_c ning qiymatini FEB himoya plenkasidan TEG uzatilayotgan va atrof muhitga ajralayotgan issiqlikni hisobga olib umumiy issiqlik qarshiligi orqali hisoblash mumkin.

FEB ning generatsiya quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_p = \xi_{\phi} \times I_{sc, \min} \sum_{i=1}^n U_{i, oc} \quad (7.5)$$

Hisob kitoblarga ko'ra akslantiruvchi reflektorlar (alyuminiy folga, nikel qoplama) yordamida quyosh nurlanishi oqim zichligini FEB frontal ish sohasida 1,6-1,7 marta, ko'zgu yordamida 2 marta va undan ko'p oshirish mumkin, shuningdek FEB quvvatini 30-40% ga, TEG quvvatini 40-70% va undan ko'p ko'tarish mumkin.

7.8- rasmda TEG issiqlik-EYUK ning ΔT harorat farqiga bog'liqlik o'lchov natijalari keltirilgan. Qaralayotgan harorat intervalida issiqlik-EYUK ΔT ga chiziqli bog'liqdir va kuchlanish gradienti $\sim 0,068$ v/grad. ni tashkil etgan.



7.8-rasm. Vismut-tellur asosidagi TEB issiqlik-EYUK ning ΔT ga harorat farqiga bog‘liqligi

Olingan natijalar asosida kombinatsiyalashgan gibrid foto-termoelektrik qurilmaning reflektorsiz va reflektor qo‘llanilgan holatdagi natijalari olingan.

7.1-jadval

№	$t, ^\circ\text{C}$	τ, min	E_0 W/m^2	$I_{q.t.}, \text{A}$	$U_{s.yu.}, \text{V}$	I_t, mA	U_t, V
$\Delta T = 24 \div 27 ^\circ\text{C}$ da o‘lchash (reflektorsiz)							
1	17÷19	11 ⁰⁰	790	2,1	0,59	60	0,21
2		11 ¹⁵	795	2,3	0,60	60	0,22
3		11 ³⁰	798	2,4	0,60	60	0,23
4		11 ⁴⁵	798			90	0,28
5		12 ⁰⁰	800			80	0,24
6		12 ¹⁵	800			60	0,21
7		12 ³⁰	800			80	0,25
8		12 ⁴⁵	800			90	0,29

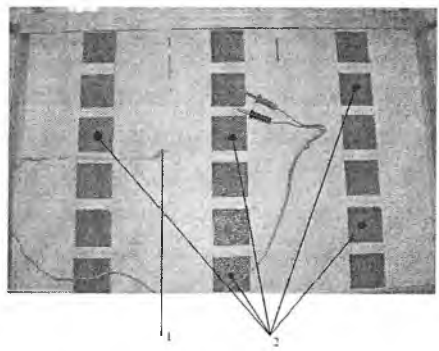
9		13 ⁰⁰	800			80	0,25
---	--	------------------	-----	--	--	----	------

7.2-jadval

№	t, °C	τ, min	E ₀ , W/m ²	I _{q.t.} , A	U _{s.yu.} , V	I _t , mA	U _t , V
ΔT = 45 ÷ 48 °C da o'Ichash (reflektordan foydalanilgan holda)							
1	17 ÷ 19	0	1260	2,5	0,62	80	0,24
2		5	1260	2,58	0,63	90	0,30
3		10	1262	2,6	0,63	80	0,25
4		15	1263			100	0,35
5		20	1263			100	0,32
6		25	1264			80	0,25
7		30	1264			100	0,34
8		35	1264			110	0,37
9		40	1270			120	0,38
20 minutdan so'ng							
1	19 ÷ 21	0	1270	2,58	0,64	80	0,25
2		5	1272	2,6	0,66	100	0,35
3		10	1272	2,62	0,67	90	0,30
4		15	1274			120	0,39
5		20	1274			110	0,37
6		25	1274			80	0,25
7		30	1274			110	0,37

8		35	1274			120	0,38
9		40	1274			130	0,40

Qurilmaning FEB qismining harorati 3 ta termojuftlik (mis-konstantan), 1 ta xromel-alyumel termojuftlik yordamida o'lchanadi (7.9-rasm). O'lchash vaqtida termojuftlikning bir uchi namunaga yopishtirib qo'yiladi, ikkinchisi esa 0°C haroratda ushlab turiladi, bunda muz solingan konteynerdan foydalanish mumkin.



1. QE ning ishchi sohasida; 2. QE ning orqa tomonida

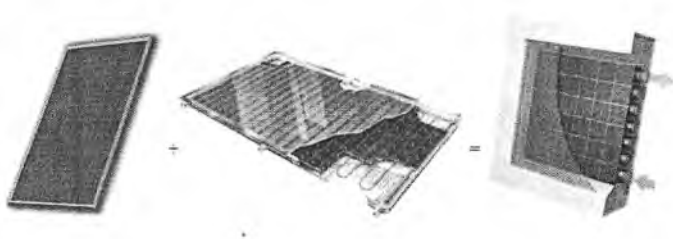
7.9-rasm. Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilmasining FEB qismining orqa tomonida termojuftliklarning joylashishi

Chiqish klemmalari orqali potensiometr yoki millivoltmetr yordamida uning kuchlanishi o'lchanadi, so'ngra maxsus mis-konstantan yoki xromel-alyumel uchun graudirovka jadvalidan foydalanib haroratning 0°C dagi qiymati aniqlanadi.

7.2. Kombinatsiyalashgan fotoelektrik issiqlik qurilmalari

Fotoelektrik modul va Quyosh kollektorlarining istiqbollari va afzalliklari, shuningdek xarajatlarni kamaytirish yo'llarini topish

tendensiyalari fotoelektrik o'zgartirgichlarni (aylantirgich) yassi Quyosh kollektorlariga integratsiyalashuviga va ular asosida yangi turdagi kogeneratsion issiqlik modullari deb ataladigan qurilmalarni yaratishga olib keldi (angl., photovoltaic thermal modules) (7.10- rasm.).



7.10-rasm – Fotoelektrik issiqlik (FEI texnologiya) (angl., photovoltaic thermal technologies)

FEIM odatda, u fotoelektrik paneldan (FEP) iborat bo'lib, uning orqa tomonida quvur o'tkazgich absorberining plastinkasi-issiqlikni yutuvchi va yo'qotuvchi qurilma mavjud. Ishlatiladigan FEP turiga qarab har xil samaradorlikka ega bo'lgan fotoelektrik o'zgartirgichlar bo'lib ular Quyoshning optik nurlanishi energiyasini elektr energiyaga aylantiradi, qolgan energiya potensial ravishda issiqlikka aylanadi. Ushbu dizayndagi absorber ikki tomonlama vazifani bajaradi. Birinchidan, u FEP sovitib, elektr energiyasi ishlab chiqarishda ishtirok etmaydigan ortiqcha energiyani foydali maqsadga yo'naltiradi va shu bilan uning samaradorligini oshiradi, ikkinchidan issiqlik energiyasi ishlab chiqaradi.

Fotoelektrik issiqlik modullari va ular asosidagi qurilmalarni texnologik rivojlanishi

FEIQ ning birinchi nazariy va eksperimental tadqiqotlari 1970 da ro'yxatga olingan. Volf o'z ilmiy ishlarida Boston ob-havo byurosi ma'lumotlaridan foydalanib, binoning issiqlik yo'qotilishi va quyosh qurilmasini issiqlik ishlab chiqarishi o'rtasidagi energiya balansini soatbay

hisob-kitob qildi. Quyosh kogeneratsion qurilmasi o'z absorberiga joylashtirilgan fotoelektrik panelga ega quyosh yassi kollektor kurinishiga ega bo'lgan. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, FEIQ istiqbolli yo'nalish bo'lib, keyingi tadqiqotlar zaruriyatligi, xususan haroratni nazorat qilish usullarini amalga oshirish talab qilindi.

Kern, Russell va Xendrie bu yo'nalishda o'z tadqiqot va ishlanmalarini davom ettirib, issiq suv va havo ishlab chiqaruvchi FEIQ foydalanib, ular fotoelektrik issiqlik tizimlarini rivojlantirish uchun asosiy tushunchalar va asosiy ustuvor yunalishlarini aniqlashdi. 1980 ning oxiridan boshlab taxminan o'n yil davomida Garg va uning hamkorlari havolik va suyuqlik fotoelektrik issiqlik tizimlarining analitik va eksperimental tadqiqotlarini amalga oshirdilar. O'z ilmiy ishlarida Garg va Agarval, issiqlik tashuvchini majburiy aylanishi bilan ta'minlangan FEIM (fotoelektrik issiqlik moduli) parametrlarini tadqiq qilishdi. Jumladan, ular aylanma elektr nasosning ish rejimlarini optimallashtirish ishlarini amalga oshirdilar. Shuningdek, da mualliflar kun davomida termosifon FEIK (fotoelektrik issiqlik) kollektori dizaynining ayrim parametrlarini uning samaradorligiga ta'sirini tekshirishgan. Qayd etilishicha, QE ning o'rtacha samaradorligi modulning quyosh radiatsiyasini yutuvchi sirtidagi FEP egallagan maydonga sezilarli darajada bog'liq emas. Biroq, issiqlik samaradorligi bu omilga sezilarli darajada bog'liq. Qurilmalarning ishlashiga ta'sir qiluvchi parametr termosifon tizimining batareya idishidagi suv miqdori hisoblanadi. Xorijiy ilmiy ishlarda dala sinovlarida parabolik konsentrator yordamida termosifon FEIQ tekshirilgan.

Prakash havo va suvni isitish uchun mo'ljallangan yassi FEI kollektorlarini ishlash vaqtida sodir bo'ladigan o'tish jarayonlarini tahlil qilgan. Yassi absorber bilan havo oqimi o'rtasida issiqlik uzatishning etarli emasligi natijasida havo isitishning samaradorligi kollektor suvni isitish samaradorligidan ancha past bo'ldi. Bergene va Lovvik qovurg'a kengligining FEIQ issiqlik absorberidagi quvur diametriga nisbatining ta'sirini tekshirishdi. Qurilma 60-80% oralig'ida umumiy samaradorlik bilan ishladi va issiq suv ta'minoti tizimida suvni isitish uchun ishlatilgan.

Vries Niderlandiyada turli konfiguratsiyali statsionar FEI kollektorlarni o'rgandi, har xil miqdordagi yarqiroq yuzali (yakka, juft,

shishasiz) tuzilmalar ustida tadqiqotlar olib bordi. Eng yaxshi natijalarni bitta shisha konfiguratsiyali FEIM ko'rsatdi. Biroq Fuyisava va Tani tomonidan amalga oshirilgan eksergetik tahlillar ochiq konstruksiyaning eksergetik chiqish zichligi yagona qoplamali konstruksiyaga nisbatan birmuncha yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Ba'zi ilmiy ishda qish mavsumida konturida muzlamaydigan suyuqlik (antifriz) qullab ishlatiladigan FEIQ ishlash natijalari keltirilgan. FEIQ yil davomida antifrizda ishlaganda, issiq yoz davrida samaradorlikning sezilarli darajada pasayishi kuzatiladi. Ar-Riyodda (Saudiya Arabistoni) FEI tizimining eksperimental tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, yuqori muhit harorati issiqlik samaradorligi yuqori bo'lib tursada, fotoelektrik samaradorlikning 30% pasayishiga olib keladi. Ayrim ilmiy ishlarda issiq iqlimli hududlarda faoliyat yuritganda an'anaviy FEMning samaradorlik ko'rsatkichlari (40% gacha) sezilarli darajada pasayganligi qayd etiladi hamda FEP samaradorligini oshirish yo'llari ko'rib chiqiladi. Shuni ta'kidlash lozimki, FEIQ ayrim ishlash rejimlarida yozda (yuqori muhit haroratida) ularning FEP samaradorligini pasayishi bilan bog'liq hodisa kuzatilmaydi. Shuningdek, yoz vaqtida FEIQ samaradorligi FEM samaradorligiga nisbatan yuqori bo'lishi mumkin bo'lsa, qishda teskari vaziyat - FEIQ samaradorligi an'anaviy FEM samaradorligidan past bo'lishini tushunish muhimdir. SHunga ko'ra, foydalanish joyidagi iqlim sharoitlari FEIQning samarali ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Kalogirou, TRNSYS dasturi yordamida, aylanma nasosli, suyuqlik oqimi nazorat qilinadigan, suv saqlagichdan, AB, invertor va harorat differensial kontrollerdan iborat bulgan uy sharoitida ishlatishga mo'ljallangan fotoelektrik issiqlik tizimini modellashtirdi. Keyinchalik, Kalogirou Tripanagnostopoulos bilan birgalikda, termosifon tamoyili bo'yicha ishlaydigan va issiqlik tashuvchini majburiy aylanishidan foydalanadigan uy sharoitlari uchun FEIQ batafsil tekshirilgan. Ularni uch shaharda: Nikosiyada (35°N da) Kipr, Afinada (38° N da) Gretsiya va Medisonda (43° N da) Amerika Qo'shma SHTatlari, ikkinchi turdagi pc-Si va a-Si FE panellari turli xilda o'rnatish variantlari imitatsion modellashtirish-simulyasiya orqali qaraldi. a-Si asosidagi modullari

o'zining boshlang'ich xarajatlarini kamligi tufayli ustunlikka ega bo'ldi. Ushbu qurilmalardan foydalanish Nikosiya va Afinada iqtisodiy jixatdan eng samarali bo'ldi.

Sandnes va Rekstad QE uning polimer issiqlik absorberiga yopishtirilgan sirlangan va sirlanmagan FEIK kollektor ishini tekshirishdi. Absorberning to'g'ri burchakli kanallari issiqlik uzatishni yaxshilash uchun keramik granular bilan to'ldirilgan. Bunday kollektorning asosiy tadbig'i uni past haroratli suv isitish tizimlari uchun ishlatishdir.

Zaxarchenko va hammualliflari QE va issiqlik yutgich o'rtasida yaxshi issiqlik o'tkazadigan kontaktga ega bo'lish muhimligini aniqladilar. Ular tijorat FEM bevosita FEI qurilmalarini qurishda foydalanish kerak emas, deb ta'kidladi. Ular QEni mahkamlash uchun qalinligi 2 mm bo'lgan alyuminiy qatlam (issiqlik yutgich) ga qo'llaniladigan qalinligi 2 mkm bo'lgan maxsus elektr izolyasiya materialini o'rganishdi. Bu qatlamning umumiy issiqlik o'tkazuvchanligi alyuminiydan 15% kam bo'lgan. Eng elektrik izolyasiyalovchi bog'lovchi materialning issiqlik o'tkazuvchanligi $1,4 \text{ Vt/m}^{\circ}\text{K}$. Ularning ishida ham FE panelining maydoni absorber maydonidan kam bo'lishi va QE asosan FEMning issiqlik tashuvchi quyilgan qismiga yaqin joylashishi kerakligini ko'rsatadi.

Dubeu va Tivari, Nyu-Deli (Hindiston) ishda QE issiqlik yutgich(absorber) yuzasining qisman qoplamasi bo'lgan bir oynali FEI qurilmasining ishlash xususiyatlarini o'rganishgan (QE effektiv maydonining FEI kollektorining butun ishchi yuzasiga koeffitsient nisbati 0,25 edi). Issiqlik tashuvchi kollektoriga beriladigan joy yaqinida joylashgan FE paneldan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi aylanma nasosga elektr energiyasi etkazib berish uchun ishlatilgan. Qisman qoplangan QE FEI kollektor va ketma-ket ulangan QK asosidagi qurilmaning matematik modeli, yuqori issiqlik va fotoelektrik samaradorlikka erishish mumkinligini ko'rsatdi.

Ba'zi tadqiqotlarda mualliflar absorber konstruksiyasi kanal shaklidagi bo'lgan FEIM ishlashini tekshirganlar. Ular, issiqlik absorberi orqa tomoni va kollektor (suyuqlik bilan kanal qalinligi) teskari metall yuzasi orasidagi masofa issiqlik tashuvchini majburiy aylanishi va ishchi

yuzasi parametrlari 390×450 mm bilan qurilmalarini haqida 5-7 mm bo'lishi kerakligini tajribada aniqlashdi. Shuningdek, qabul qiluvchi taglikning issiqlik izolyasiyasi bo'lmagan taqdirda ham issiq iqlimlardagi FEMga nisbatan FEIM samaradorligi yuqori bo'lishligi ko'rsatildi.

Saitoxi va hammualliflari Yaponiyada FEI kollektorining eksperimental xarakteristikalarini bitta oynali va "list-quvur" turidagi absorber bilan o'rganib, propilen glikolni issiqlik tashuvchi sifatida ishlatishgan. Issiqlik tashuvchining doimiy harorat va sarf darajasida elementlarning samaradorligi 10-13% oralig'ida bo'ldi va kollektor samaradorligi 40-50%. FEI Kollektorinin umumiy samaradorligi QK samaradorligiga tengligi va umumiy eksergetik samaradorligi alohida FEM yoki QK samaradorligidan yuqori ekanligi qayd etildi.

Gonkongda Chou va hammualliflar ikkita bir xil termosifon sirlangan va sirlanmagan «list-quvur» turdagi FEIQ dala tadqiqotlarini amalga oshirdilar. Raqamli simulyasiyalar va tajribalar natijalariga asoslanib, ular issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarishning mumkin bo'lgan eng yuqori ko'rsatkichlarini olish zarur bo'lganda, sirlangan modullar bilan o'rnatishning ma'lum bir afzalliklarini aniqladilar. Biroq, eksergetik tahlil FEP samaradorligini oshirish zarur bo'lgan hollarda sirlanmagan konstruksiyaning afzalligiga ishora qildi. Shuningdek, tadqiqotni ta'kidlab o'tish lozimki, unda analitik modellashtirish yordamida Gongkong iqlimini hisobga olgan holda boshqariladigan binoga integrallashgan FEIQning yillik xarakteristikalari hisoblandi. Natijada, yillik issiqlik va elektr samaradorligi taxminan 37,5% va 9,39% ni tashkil etdi. Qurilma tomonidan hosil qilingan issiqlik binoning issiq suv ta'minoti tizimida suvni oldindan isitish uchun ishlatilgan. Natijalar FEIQ foydalanishning maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi, to'lov muddati 14 yil edi. Shuningdek, FE panelning samarali maydoni, kollektordagi suv massasi va shamol tezligi FEMning samarali ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatuvchi omillar ekanligi qayd etildi.

Dubeu va Tivari list-quvur turidagi FEI kollektorini, uning issiqlik va elektr energiya ishlab chiqarish taxmini baxolashdi, ishlatiladigan modullar soni va ularning ulanish sxemalarini turli (ketma-ket/parallel) Hindistonning besh shaharlariga mos turli iqlim sharoitlari uchun

eksergetik tahlil qilishdi. Ularning bir ishida ishlab chiqariladigan suyuqlik sarfining doimiy tezligida va haroratida qurilma parametrlarini eksergetik va iqtisodiy tahlillari qilingan.

Sevastopol instituti olimlari suv va havoni birgalikda isitadigan turli FEIQ issiqlik yutgichlari (absorberlar) bilan tajriba qurilmalarini yaratdi va tadqiq qildi. Bu FEIQ konsentratsiya koeffitsienti kichik bo'lgan konsentratorlar bilan birgalikda ishlashi ham o'rganildi.

Zondag va hamkasblar o'z ishlarida turli yo'qotishlarning FEIQ faoliyatiga ta'siri darajasini baholadilar. SHuningdek, modulning turli elementlari yutilish koeffitsientining bevosita quyosh radiatsiyasini komponentasining tushish burchagiga bog'liqligini taxmin qildilar. Bundan tashqari, turli modul konstruksiyalari uchun, ular yutilishning ikki bog'liqliklari olingan, ulardan biri FE panel tomonidan quyosh radiatsiyasini yutilishini xarakterlaydi va boshqasi –alyuminiy absorberli modul.

Moskva energetika institutida Qodirov Qirg'izistonning iqlim sharoitida FEI kollektorlar ishi bo'yicha dissertatsiya tadqiqoti o'tkazdi. Ularning ishlari bir xil maydonli FEM va QK ga nisbatan baholandi, yassi turdagi FEIQ kanalidagi issiqlik tashuvchining harorat maydonlari va tezliklarini mahalliy xarakteristikalarini o'rganish tadqiqotlari olib borildi.

Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, iqlim sharoiti va bir qator omillar, xususan iste'mol talablari samarali ishlashga katta ta'sir ko'rsatadi.

FEIQlar bilan bog'liq ko'plab tadqiqotlar majburiy yoki tabiiy aylanishli ikkita texnologik sxema yordamida ularning ishlashini o'rganishga qaratilgan.

Bu sxemalar FEIQni ishlashiga ma'lum afzalliklar va kamchiliklarni beradi. Masalan, saqlagich-akkumulyatordagi suv miqdori qurilmalarning samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ikki asosiy sxemaning asosiy afzalliklarini birlashtiradigan va ayni paytda FEIQ asosidagi qurilmalarning samaradorligini oshiradigan muqobil sxemalar aniqlanmagan.

7.3. Quyosh suv chuchitgich qurilmalari va ularning konstruksiyalari

Hozirgi vaqtda 1,2 mlrd. yaqin insonlar doimiy suv tanqisligi sharoitida yashaydilar. Sayyoraning uchdan bir qismi shunday hududlarda istiqomat qiladilarki, bu mamlakatlarda mu'tadil yoki ichimlik suviga bo'lgan kuchli talab mavjud. 90 – yillar o'rtalaridan boshlab 80 ga yaqin davlatlar yoki dunyo aholisining 40% yaqin qismi ichimlik suvi etishmovchiligidan ozor chekadilar. Sayyoraning beshdan bir qismi aholisi esa ichimlik suvi manbalaridan foydalanishga imkoniyat yo'q, ular suvni hech qanday tozalashmasdan iste'mol qiladilar.

Ayrim izlanishlarda suvni tozalash issiqlik nasosidan olinadigan energiya hisobiga amalga oshiriladi. Bu tizimining kamchiligi shundan iboratki, qurilmani o'rnatish, sozlash va montaj ishlari vaqtda mutaxassislarning bo'lish zaruriyati, katta chiqimlar, ko'p vaqt, uni ko'chirish uchun imkoniyat yo'qligi hisoblanadi.

Ba'zi tadqiqotlarda parnik turidagi quyoshiy suv isitish qurilmalari ustida ish olib borilgan. Suvni chuchuklashtirish uchun Quyosh energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini ko'rsatuvchi ijobiy natijalar olingan, ammo natijalar yuqori quyosh nurlanishi intensivligiga ega hududlarda olib borilgan. Shu bilan bir qatorda kichik Quyosh nurlanishi faolligiga ega hududlarda imkoniyat cheklanganligini ko'rsatadi.

Mashhur suvni tozalash sxemalarining energiya samaradorligi tahlili.

Hozirgi kunda suvni tozalashning ideal usullari yo'q, shu bilan bog'liq qiyosiy tahlillarni o'tkazib suvning tozalashning mashhur usullarining kamchiliklari va yutuqlari 7.3-jadvalda ko'rib o'tamiz.

Suvni tozalashning usullari

7.3-jadval

Qurilma/ usul	Yutuqlari	Kamchiliklari	1m³ suvni tozalashga sarflanadigan energiya, W
Xlorlash	Konstruksiyaning soddaligi. Qisqa	Ko'pchilik xlororganik	Ekspluatatsiya vaqtidagi

	<p>muddatlarda katta hajmdagi suvni tozalash imkoniyatlari.</p> <p>Xlorning imkoniyatlari va tez ta'sir etish</p>	<p>moddalar mutagen xossalarga ega.</p> <p>Xlororganik mahsulotlarda qo'shimcha mahsulotlarni hosil bo'lishi ya'ni trigalometan xloroform va boshqalar inson sog'lig'i uchun zararlidir.</p>	<p>chiqimlar.</p>
<p>Ozonli tozalash</p>	<p>Qurilmaning avtonom ishi</p>	<p>-Reagentlarni etkazish.</p> <p>Konstruksiyaning murakkabligi.</p>	<p>300-400</p>
<p>Ultrabina fshali tozalash.</p>	<p>Qurilma konstruksiyasining soddaligi.</p> <p>Ekpluatatsiya vaqtida chiqimlarning yo'qligi.</p>	<p>Metall oksidlari va boshqa birikmalarning suvda qotishi.</p> <p>Bakteriyaning ikkilamchi ko'payish imkoniyati, lampalarni davriy ravishda tozalash zaruriyati.</p>	<p>30-60</p>
<p>Teskari osmos</p>	<p>Qurilma konstruksiyasining soddaligi.</p> <p>Qurilmaning avtonom ishi</p>	<p>Qurilmaning katta tannarxi.</p> <p>Membrananing davriy almashtirish</p>	<p>900-1100</p>

7.4-jadval davomi.

<p>Elektrodializ</p>	<p>Qurilmaning</p>	<p>Qurilmaning</p>	<p>900-1300</p>
----------------------	--------------------	--------------------	-----------------

usuli	avtonom ishi	katta tannarxi. Elektr energiyasining ko'p iste'moli. Taxminan 10g/l tuz tarkibli aralashmasida iqtisodiy jihatdan o'zini oqlaydi. Bakteriyalarni yo'qotmaydi.	
Ionli usul	Zarur komponentlarni aralashmadan tanlov asosida chiqarib olishga imkon beradi: qatti tuzlar, og'ir metallar.	Reagentlardan foydalanish zaruriyati	Ekspluatatsiya vaqtidagi chiqimlar.
Elektrodeionlash usuli	YUqori tozalash suvni olish imkoniyati	Konstruksiyaning murakkabligi. Qurilma bilan ishlash uchun o'qitilgan shaxsning doimo bo'lishi.	500-1000
Faol il	Reagentlardan foydalanilmaydi.	Qurilma ishining murakkab tizimi doimo ishchi shaxsning qatnashishini talab qiladi. Majmuaning katta maydoni.	1000-1500

Flatatsion qurilma	20-40 minut davomida erimaydigan aralashmalarni 90-98% atrofida samarali tozalashning ta'minlaydi.	Reagentlardan foydalanish zaruriyati. Konstruksiyaning murakkabligi. Qaytar suvlarni tozalash uchun sanoat korxonalarida katta qismdan foydalaniladi.	100-500
-----------------------	---	---	---------

Suvni tozalash metodlarini tanlashga shuningdek qurilmani tanlashda katta ma'suliyat bilan yondashish kerak. Nazarda tutish lozimki, tozalangan suv maishiy, sanoat va ichimlik ehtiyojlarida foydalaniladi. Olinadigan suvning sifati bilan bir qatorda suvning tozalash usulini tanlashda muhim mezonlar bo'lib quyidagi omillar hisoblanadi:

- qurilmaning tannarxi;
- ekspluatatsiya vaqtidagi chiqimlar;
- xizmat ko'rsatadigan shaxsning miqdori;
- qayta ishlanadigan suvning ko'rsatkichlari;
- qurilmaning samaradorligi;
- qurilmaning joylashish o'rni.

Faqat yuqorida ko'rsatilgan omillarni hisobga olib suvni tozalash sohasida ilg'or ishlab chiqaruvchilar bilan raqobatbardor bo'lib suvni tozalash qurilmasini yaratish mumkin.

Yer yuzasining 70% ni suv tashkil etsa, undan 2,5% chuchuk suv qolgan 97,5% dengiz suvi hisoblanadi. Suvni sho'rsizlantirish uchun asosan 2 ta usuldan foydalaniladi: yarimo'tkazmaydigan membranadan foydalanib ishlaydigan membranali va fazoviy o'tishdan foydalaniladigan distilyasiya usulidir. Qurilmada suvni tozalash jarayonlarida bevosita ishtirok etmaydigan (elektr energiya talab qilinmaydigan) jarayonlarda ham energiya chiqimlari ikkinchi darajali bo'lib, suvni haydash, elektromagnit klapan boshqarishga sarflanishi mumkin.

Suvni tozalashning membiranalni usulida membrana ikki tomondan bosim farqi hisobiga ishlaydi va quyidagi turlarda bo‘ladi:

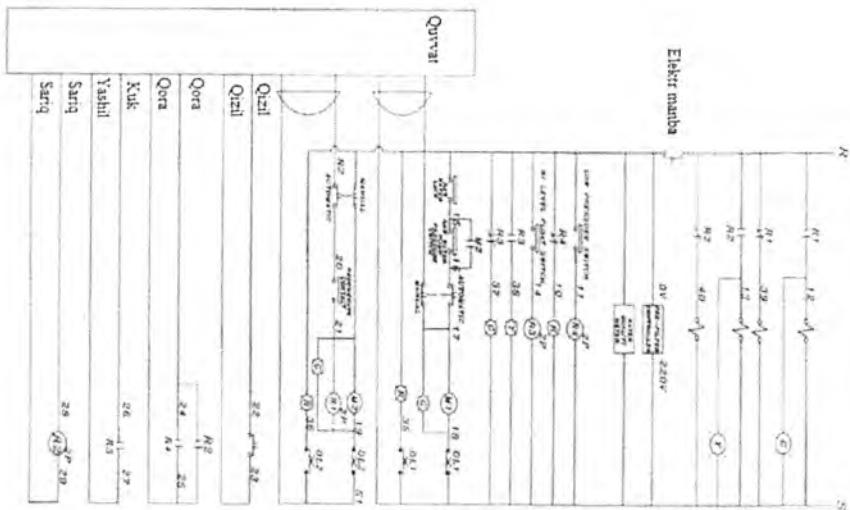
- viruslarni to‘xtatib qoladi;
- Mikrofiltratsiya, bakteriya va mikrozararlarni to‘xtatib qoladi;
- Ultrafiltratsiya, nanofiltratsiya, oligosaxaridlarni to‘xtatib qoladi;

O‘lchami 0,0001 mikron bo‘lgan membranalar g‘ovaklari orqali tuzlarni yo‘qotish yuz beradigan yupqa plyonkali membranadan foydalaniladigan filtrlarda tozalash amalga oshiriladi, ular orqali kislorod va suv molekullari erkin o‘tish mumkin, Mendeleev jadvalidagi boshqa elementlar inson salomatligi uchun cheklangan xavfsiz miqdorda bo‘ladi.

Yuqori darajada tozalaydigan chuchuklashtirishning eng ommobop usuli teskari osmos usuli hisoblanadi. Teskari osmos qurilmalarida membranalarining har xil turlaridan foydalaniladi: g‘ovakli, diffuzion monolit va assimetrik atsetatsellyulozali membranalar. Membranani tanlash ish sharoitiga bog‘liq: ishchi bosim, samaradorlik, ilk suvning parametrlari va boshqalar.

Teskari osmosning kamchiligi bo‘lib membranani davriy almashtirish zaruriyati, qurilmaning katta tannarxi va elektr energiyasining iste‘moli hisoblanadi.

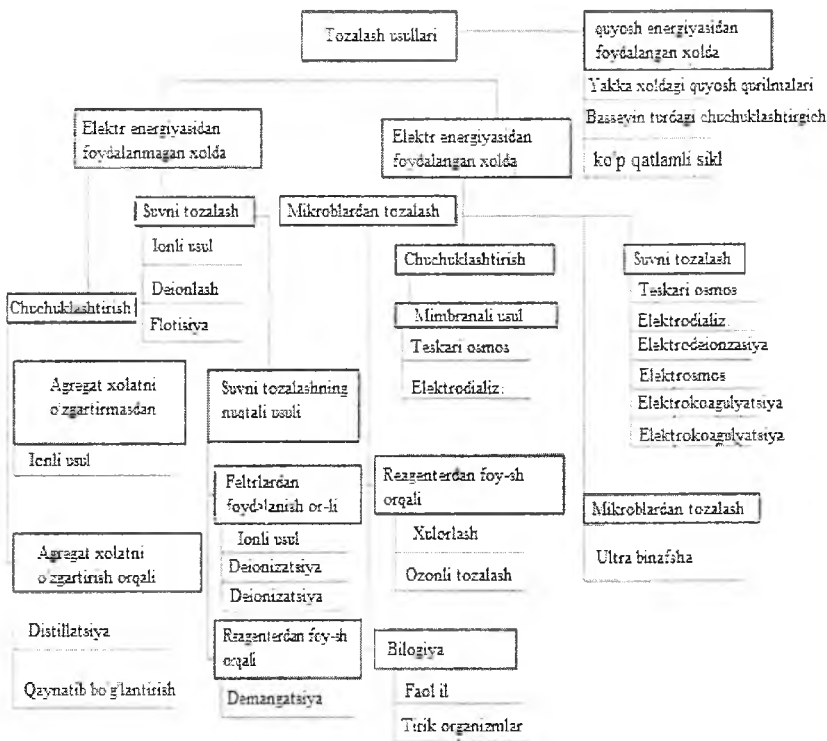
Teskari osmos qurilmalarida membrana orqali suvli aralashmaning o‘tishi uchun yuqori bosimni yaratish zarur, shuning uchun elektr energiyasining iste‘moli yuqori darajada qoladi, natijada suvni chuchuklashtirishning katta hajmlarida qurilmaning elektrik sxemasi elektrik zanjirida himoya elementlari va kommutatsion qurilmalarning katta miqdori mavjudligiga ko‘ra murakkablashadi. 1.2 rasmda teskari osmos RAIFIL RO100 sanoat qurilmasining elektrik sxemasi ko‘rsatilgan.



7.11-rasm. RAIFIL RO100 teskari osmos sanoat qurilmasining elektrik sxemasi.

Distillyasiya usuli. Suvni sho'rsizlantirishning boshqa imkoniyatlaridan biri – bu distillyasiyadir. Distillyasiya uchun qurilmalarda elektrik qizdirgichlar ishlatilishi mumkin. Ayrim olimlarning tadqiqotlarida suvni elektrik qizdirgichlarda qizdirishdan ko'ra eng energiya samarador konstruksiya sifatida induksion qizdirgichlar taklif qilinadi. Ushbu usulning kamchiligi shundaki, qizdirish elementida tuz qatlamini hosil qilishidir.

Yuqori o'tkazilgan tahlillar asosida suvni tozalash usullarining sinflanishi tuzildi.

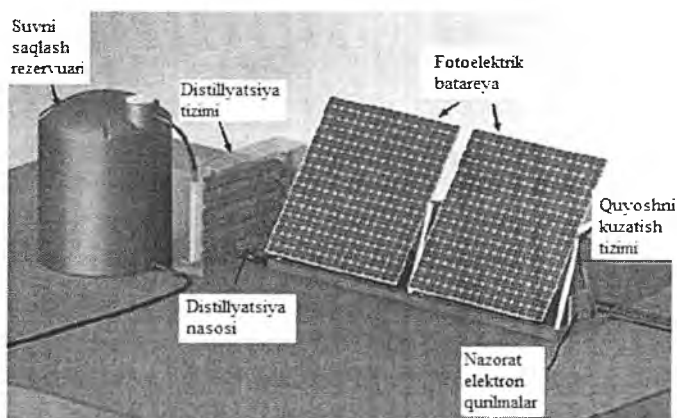


7.12-rasm. Suvni tozalash usullarining sinflanishi.

Suvni tozalash usulini tanlash. Elektr energiyasiga bo'lgan tarifni ortishi hisobiga va foydali qazilmalarning keskin kamayishi ishlab chiqilayotgan qurilmalarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida muvofiqlashtirishni taqozo etadi. SHuni unutmaslik kerakki, toza suv nafaqat megopolislarda balki, sayyoramizning barcha burchaklarida qurilayotgan ob'ektlarda, aholi yashash punktlarida, markazlashtirilgan suv ta'minotidan uzoq joylarda ham havo kabi zarurdir. Qurilma uchun joy tozalash uchun mo'ljallangan suv manbai va toza suvga bo'lgan zaruriyatdan kelib chiqib tanlanadi. Uzoq hududlarda qurilmani joylashtirishda uni elektr tarmog'iga ulash zaruriyati tug'iladi, bu esa sezilarli darajada montaj ishlarining tannarxini qimmatlashtiradi va qurilmadan foydalanishda bir qator cheklovlarni keltirib chiqaradi.

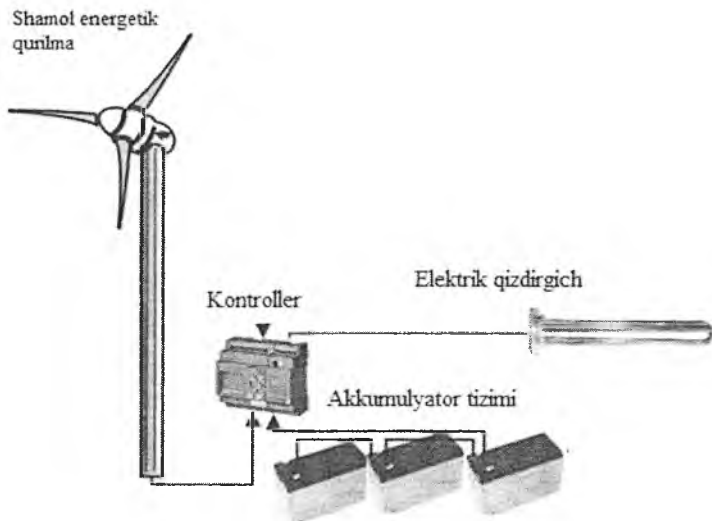
Suvni tozalash jarayonlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish samaradorligi.

QTEM foydalanib ishlaydigan suvni tozalash qurilmalari issiq iqlimga ega mamlakatlarda keng qoʻllanilmoqda. Masalan, **BAA** da Quyosh batareyalari energiyasida ishlaydigan suvni tozalashning membranali usuli qoʻllaniladi. Shunga oʻxshash qurilma Ispaniyada boʻlib suvni tozalash teskari osmos metodiga koʻra amalga oshiriladi, talab qilinadigan elektr energiyasi shamol generatorlari va quyosh batareyalari hisobidan olinadi (7.13- rasm).



7.13-rasm. QTEM dan foydalanib ishlaydigan suv chuchitgich qurilmalari.

Shu bilan bir qatorda suv chuchitgich qurilmasi bilan QTEM asosidagi qurilmalarni birlashtirib ayrim texnik echimlar imkoniyatini hal etib va qurilmaning samaradorligini oshirgan holda suv chuchitgich qurilmasining yangi konstruksiya ishlab chiqildi. Shamol energetik qurilmasining elektrik qizdirgichga ulanish sxemasi 1.5 rasmda koʻrsatilgan.



7.14-rasm. Elektrik qizdirgichga SHEQ ulanish sxemasi.

SHEQ foydalanish suv chuchitgich qurilmasining avtonomligini ta'minlaydi. Ishlab chiqilgan chuchitgich sxemasining kamchiligi montaj ishlarining qimmatligi, konstruksiyaning yuqori tannarxi hisoblanadi, bu yakka holdagi iste'mol uchun qurilmadan foydalanish imkonsizligini ko'rsatadi.

Suvni tozalash jarayonlarida chuchitgich qurilmalarining sxemalari.

1993 yilda dunyodagi hamma turdagi chuchitgich qurilmalar yordamida 1,9 mln. m³/sutka, 2000 yilda esa chuchuk suvning iste'moli 16 mln. m³/sutka, 2006 yilda esa 50 mln. m³/sutkani tashkil etadi. Ushbu ko'rsatkich chuchitgich qurilmalarga ehtiyoj ortgan sari chuchuk suv iste'mol dinamikasining ortishini ko'rsatadi.

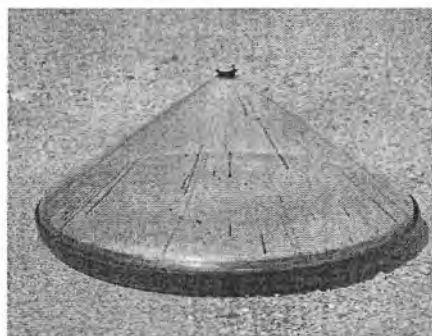
Dunyoning ko'pgina mamlakatlarda elektr energiya va yoqilg'iga bo'lgan narxlarni hisobga olib olinadigan chuchuk suv narxi 0,45-0,65 doll/m³ ni tashkil etdi.

Quyosh suv chuchitgichlari BAA eng ommalashgan bo'lib dunyodagi chuchuk suvning 18% ishlab chiqariladi, Yamanda esa har yili 20 mln.m³ chuchuk suv olinadi.

Dengiz suvi tarkibi har xil ko‘p qirrali, murakkab fizik-ximik xossalari bilan farqlanadi, uning tarkibida tuzlar, gazlar, elektrolitlar, elektrolitmaslar va organik birikmalar mavjud. Moddaning tarkibi suvda ko‘pgina omillarga bog‘liq: hudud, harorat omillari, dengiz suvi olinadigan chuqurlik va boshqalar.

Augustine Produktentwicklung nemis kompaniyasi tomonidan har kuni 1,6 l dengiz suvini toza ichimlik suviga aylantiradigan sodda suvni distillaydigan qurilma ishlab chiqiladi (7.15- a rasm).

Shunga o‘xshash, analog qurilma, ya’ni sutkasiga II distillangan suvni oladigan uskuna Monosha universitetining bitiruvchisi tomonidan ixtiro qilingan (7.15- b rasm).



A



b

7.15-rasm. Augustin Produktentwicklung nemets kompaniyasi tomonidan yaratilgan Quyosh chuchitgich qurilmasi (a) va Monasha Universiteti (b) (Melbrun, Avstraliya) bitiruvchisi tomonidan yaratilgan

Katta bo‘lmagan samaradorlikga ega Quyosh suv chuchitgichi kondensatni yig‘ish uchun qurilma va sho‘r suvga ega sig‘im, shaffof izolyasiya bilan qoplangan sig‘imdan iborat bitta bug‘lanish bosqichidan foydalanadi. Sho‘r suvga ega sig‘im, issiqlik izolyasiyalangan va korpusning tubiga, yon devorlariga o‘rnatilgan.

Ushbu turdagi qurilmaning kamchiliklariga quyidagilar taaluqlidir:

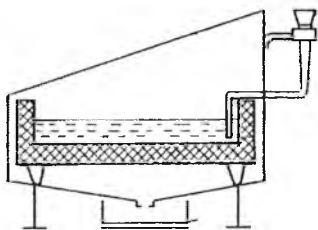
- sho‘r suvni qizdirish uchun Quyosh nurlanishidan foydalanishning kichik samaradorligi;

- chuchitgich korpusi orqali issiqlikning katta yo'qotilishi;
- kondensatsiya uchun maydon yuzasining kichikligi;
- sho'r suvlar o'rtasida kichik harorat farqi.

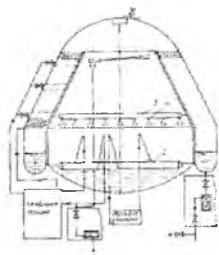
Vakuumli suv chuchitgich apparatlarining ish jarayoni bug'lantirish kamerasida vakuumni yaratishga asoslangan (7.15- b, v rasm). Ushbu qurilmaning kamchiligi bo'lib distillyatning katta bo'lmagan unumdorligi va germetik bo'lishi zarur bo'lgan bug'lantirish kamerasining katta hajmlari hisoblanadi.

Ko'p seksiyali vakuum distillyatori va Quyosh kollektorlaridan tashkil topgan geliouchuchitgichlarni ishlab chiqaruvchilar 1m^2 yuzaga 5 l samaradorlikga ega chuchuk suv olishga kafolat beradilar (1.8 g rasm). Qurilmada bug'lantiruvchi issiqlik almashingich spiral trubkalar ko'rinishida yig'ilgan. Distillyatda vakuumlash jarayoni suv-havo ejektor yordamida amalga oshiriladi. Ushbu qurilmaning kamchiligi bo'lib konstruksiyaning murakkabligi, qurilmaning ishdan chiqish va sinishining katta ehtimolligi hisoblanadi. Vakuum nasosining elektr energiya iste'moli uzatish 5.1 l/min. bo'lganda 180 W ni tashkil etadi.

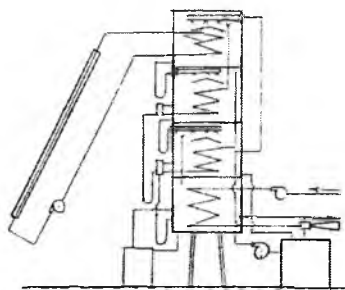
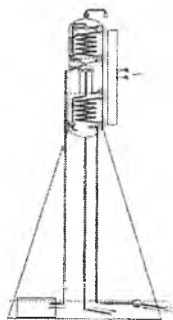
Tadqiq etilgan adabiyot manbalarida bayon etilishicha qurilmaning umumiy texnik xarakteristikalarini bo'yicha ma'lumotlar yo'qligi, qurilmaning har xil ish sharoitlarida samaradorlik ko'rsatkichlarining yo'qligi eksperimental tadqiq etilayotgan chuchitgichlar bo'yicha ma'lumotlar yo'qligi hisoblanadi.



A



b



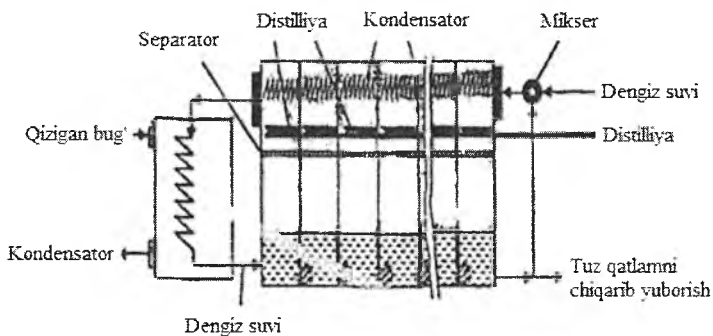
V

g

7.15-rasm. Chuchuklashtirgich qurilmalarning sxemalari:

a – Quyoshli chuchuklashtirgich; b – vakuumli suv chuchuklashtirgich apparat; v – dengiz suvini chuchuklashtirish uchun qurilma; g – gelio chuchuklashtirgich qurilma.

Issiqlik distillyasion qurilmalarining soni bugunga kelib 2820 taga etdi. Shunday qurilmalardan biri Konarak shahri (Eron) da oʻrnatilgan boʻlib, 35 bosqichli kameradan iborat, samaradorligi sutkasiga 35 000 m³ ni, Italiyada oʻrnatilgan qurilma samaradorligi esa sutkasiga 144 000 m³ boʻlib suvni tozalab beradi.



7.16-rasm. Oniy qaynashga asoslangan distillyasion qurilmasining standart sxemasi

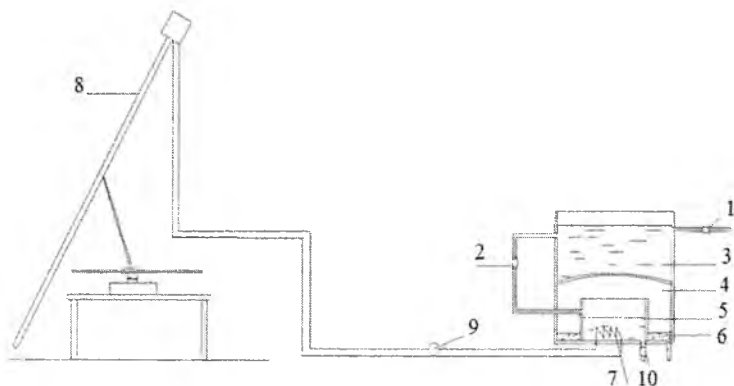
Distillyasion qurilmalarda elektr energiyasining iste'moli suvni uzatishga, bug'ni haydashga, o'lchov jihozlarining iste'moli, elektromagnit klapanlari va boshqalariga sarflanadi. 7.16 rasmda oniy qaynashga asoslangan distillyasion qurilmasining standart sxemasi ko'rsatilgan.

Shunga o'xshash turdagi qurilmaning elektr energiya iste'moli to'g'ridan-to'g'ri distillyasion qurilmaning samaradorligiga bog'liq.

Suvni tozalash qurilmalarini ishlab chiqaruvchilar qurilma elektrik sxemalarini modernizatsiya qilish hisobiga tozalash jarayonlarini takomillashtirish imkoniyatini hisobga olmasdan suvni tozalash jarayonlariga ahamiyat qaratmoqdalar, bu esa ko'pincha qurilmaning birlamchi ehtiyojlarini qondirishga yo'naltiriladi va tashqi omillarga bog'liq holda ish rejimlarini almashtirish hisobiga samaradorlikni oshirish va elektr energiyalarini tejash rejimlarini ko'zda tutmaydi. Chuchuklashtirish jarayonini optimallashtirish uchun tashqi omillarga bog'liq holda har xil ish rejimlaridan foydalanishga imkon beradigan boshqarishning elastik tizimi zarur.

Quyoshiy suv chuchitgiya qurilmasining boshqarish sxemalarini ishlab chiqish

Quyosh kollektordan suv chuchitgich qurilmaga issiqlik energiyasini uzatish sho'r suv uchun sig'imda joylashgan issiqlik almashingich orqali amalga oshiriladi (7.17- rasm).



7.17- rasm. Suvni distillash uchun quyoshiy kollektorlardan foydalanish sxemasi.

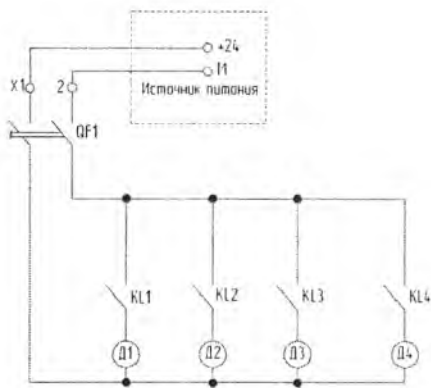
1 – sho‘r suvni uzatish uchun suv quvuri; 2 – chuchuklashtirish seksiyasiga sho‘r suvni uzatish quvuri; 3 - kondensatsiya uchun seksiya; 4 – tozalangan suv uchun seksiya; 5 – chuchuklashtirish uchun seksiya; 6 – iste‘molchiga tozalangan suvni jo‘natish uchun quvur; 7 – issiqlik almashingich; 8 – quyosh kollektori; 9 – sirkulyasion nasos; 10 – chuchuklashtirilayotgan suvni tashish uchun klapan.

Vakuum trubkali quyosh kollektoridagi 8 sirkulyasion nasos yordamida 9 chuchuklashtirish 5 uchun seksiyaga o‘rnatilgan issiqlik almashingichga 7 issiqlik energiyasini uzatadi.

Qurilma tannarxining oldindan qilingan hisobi shuni ko‘rsatadiki, kollektordan sho‘r suvga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingichdan foydalanish qurilmaning FIKni kamaytiradi va qurilmaning tannarxi ko‘tarishga olib keladigan chuchitgichga kollektordan issiqlik uzatish uchun sirkulyasion nasoslardan foydalanish zaruriyatini tug‘diradi. Sovuq haroratlarda issiqlik yo‘qotishlari ortadi.

Qish vaqtlarida chuchitgich qurilmani issiqlik izolyasion materiallardan foydalanmagan holda iqtisod qilib musbat haroratdagi binolarda saqlash mumkin.

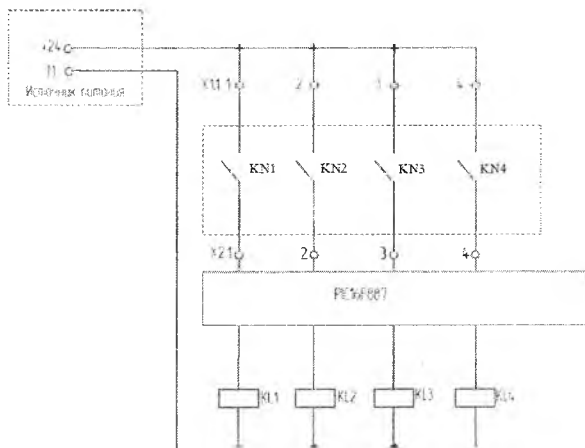
Elektromagnit rele orqali ushbu qurilmaning elektron qismlarni boshqarish amalga oshiriladi (7.18- rasm).



7.18-rasm. Chuchitgich qurilma elektr sxemasining elektron qismi.

QF 1 – avtomatik uzib-ulagich; KL1-KL 4 – elektromagnit relening blok kontaktlari; D1-D4 – elektromagnit klapan.

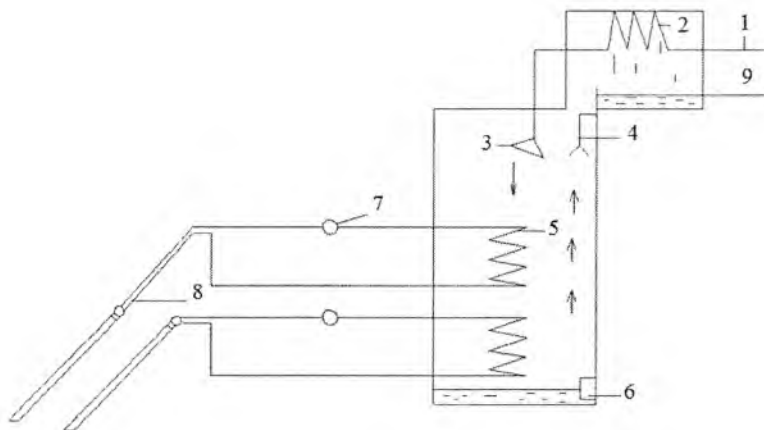
Elektromagnit klapani boshqarish uchun kontrollerdan foydalanish mumkin yoki releli mantiqni kontrollersiz amalga oshirish mumkin, bunda datchiklar rele orqali elektromagnit klapanlarni ishga tushiradi (7.19- rasm).



7.19-rasm. Chuchuklashtirgich qurilma operativ zanjirining elektrik sxemasi: KN1-KN4 – suyuqlik sathi datchiklari; KL1-KL4 – elektromagnit rele g'altagi.

Ushbu sxemaning afzalligi elektrik elementlarining ko'p bo'lmagan miqdori va yuqori ishonchlilik hisoblanadi. Zaruriyat bo'lganda xavfsizlik va ishonchlilik tizimini oshirish va samaradorligini ko'tarish zaruriyatini ta'minlaydigan qurilma funksionalligini oshirish uchun kirish/chiqish diskret modullarini qo'shish imkoniyatiga ega.

Taqdim etilgan sxemaning farqli xususiyatlari (7.20-rasm) sho'r suvni issiqlik almashingichga tomchi ko'rinishda uzatishni amalga oshiradigan purkagichlar, bir qancha issiqlik almashingich va quyosh kollektorlaridan foydalanish, shuningdek elektrik qizdirgichning mavjudligi hisoblanadi.



7.20-rasm. Chuchuklashtirgich qurilmasining umumiy ko‘rinishi.

1 – sho‘r suvni uzatish uchun suv quvuri; 2 – issiqlik almashingich; 3 – purkagich; 4 – ventilyator; 5 – quyosh kollektori issiqlik almashingich; 6 – elektrik qizdirgich; 7 – sirkulyasion nasos; 8 – quyosh kollektori; 9 – tozalangan suv uchun bo‘linma.

Yuqoridagi sxemalardan farqli holda ushbu sxema issiqlik almashingichdan foydalanish issiqlik almashingichlarning FIK oshiradigan sho‘r suvni purkab beruvchi uskunalarning mavjudligi bilan o‘zini oqlaydi.

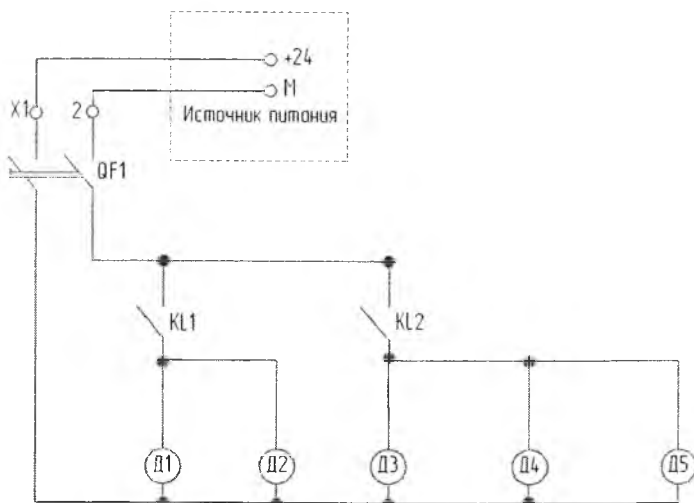
Ushbu sxemaning ish jarayoni quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Sho‘r suv quvur 1 bo‘ylab issiqlik almashingich 2 orqali purkagichga tushadi 3, u esa sho‘r suvni kichik tomchilar ko‘rinishda issiqlik almashingichga 5 uzatadi, bunda issiqlik nasoslari 7 yordamida quyosh kollektoridagi 8 issiqlik tashuvchining sirkulyasiyasi doimo sodir bo‘lib turadi. Hosil bo‘lgan bug ventilyatorlar orqali kondensatsiyalanishi lozim bo‘lgan issiqlik almashingichga uzatiladi, so‘ngra hosil bo‘lgan distillyat toza suv uchun qilingan sig‘im idishga 9 tushadi. Issiqlik almashingichda bug‘lanishga ulgurmagan sho‘r suvning bir qismi elektrik qizdirgich 6 yordamida bug‘lantiriladi.

Oldindan qilingan hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, olinayotgan suv yuqori tannarxga ega bo‘ladi, qurilmaning samaradorligi oshganda bu narx

kamayishi mumkin. SHuningdek bu sxemaning kamchiligi bo‘lib ko‘p miqdordagi elementlardan foydalanish, montajning murakkabligi, yuqori bo‘lmagan ishonchlilik, malakali mutaxassis tomonidan qurilmani o‘rnatishning zaruriyati hisoblanadi. Qurilmani o‘rnatish va xizmat ko‘rsatishi uchun shaxs xizmatidan foydalanish zarur.

Isitilayotgan binoda chuchuklashtirish qurilmasining jamlanmasidan foydalanish imkoniyati afzaliklaridan biri hisoblansa, bu vaqtda quyosh kollektorlari ko‘chaga joylashadi.

Ushbu sxemani katta xajmdagi tozalangan suvni ishlab chiqarish uchun ishga tushirish mumkin. Ishlab chiqilgan quyosh chuchitgich qurilmasining elektrik sxemalari elektron qismlari 7.21- rasmda keltirilgan.

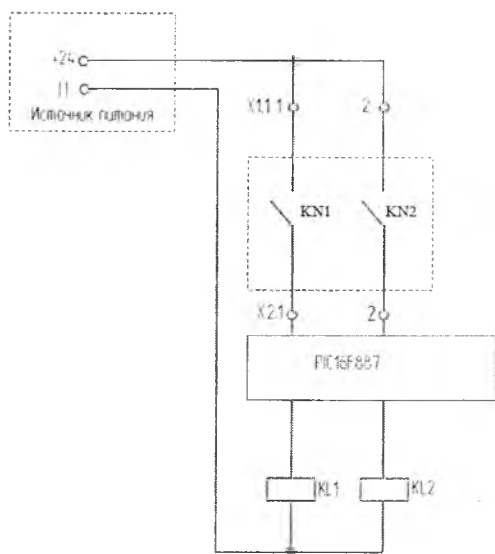


7.21-rasm. Chuchuklashtirgich qurilmasi elektrik sxemasining elektron qismi.

QF1 - avtomatik uzib-ulagich; KL1-KL2 - elektromagnit relening blok kontaktlari; D1-D5 - elektromagnit klapanlar.

Elektr energiyasini tejash maqsadida elektrik dvigatellarining ishini cheklash uchun ventilyator, purkagich va induksion qizdirgichning ish jarayonini nazorat qilish uchun datchiklarning bo‘lishi zarur. Qurilma

ustidan boshqaruv jarayonini kontroller ham amalga oshirilishi mumkin (7.22- rasm).



7.22-rasm. Chuchuklashtirgich qurilma operativ zanjirining elektrik sxemasi: KN1-KN2 - suyuqlik satx datchiklari; KL1-KL2 - elektromagnit rele, g'altak.

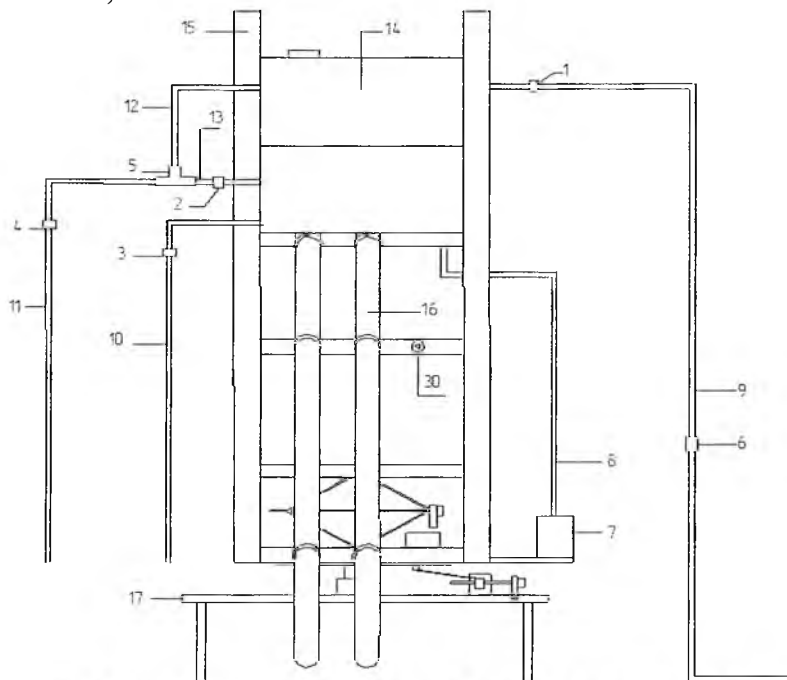
Ushbu elektrik sxemaning kamchiliklari bo'lib ko'p miqdordagi elektrik dvigatellar tashkil etishi hisoblanadi, bular o'z o'rnida ko'p miqdordagi kommutatsion uskunalarga zaruriyat tug'diradi va elektr energiyasini yuqori iste'moliga olib keladi.

Oldinda qilingan texnik ishlanmalarni nazarda tutib shunday xulosa qilinadiki, agar kuyosh kollektoridan chuchuklashtirilayotgan suvga issiqlik energiyasini uzatish uchun qimmat turadigan uskuna talab qilinmasa, quyosh energiyasidan foydalanish iqtisodiy nuqta'i nazardan maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Shuni nazarda tutib mu'tadil iqlimga ega xududlarda quyosh suv chuchuklashtirish qurilmasidan foydalanish rejalashtirilmoqda, xohishga

ko'ra issiqlik almashtirgich qurilmasidan foydalanmasdan to'g'ri issiqlik energiyasini kollektordan chuchuklashtirayotgan suvga uzatish mumkin.

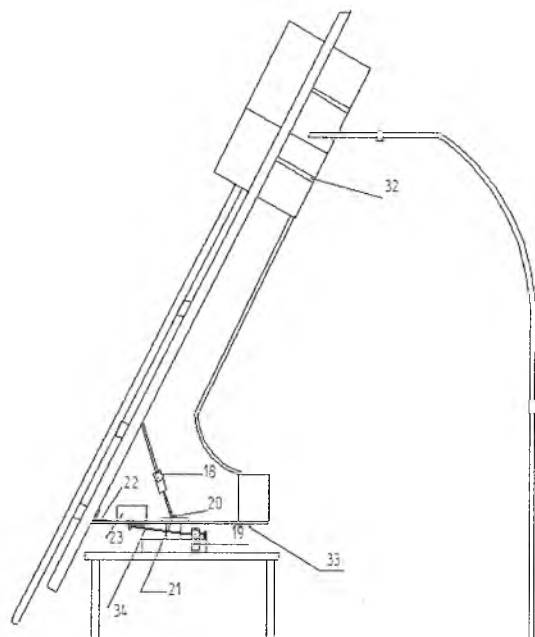
Ishlab chiqilgan va mavjud sxemalarni nazarda tutib eksperimental tadqiqotlarda quyidagi sxemadan foydalanish uchun echim qabul qilingan edi (7.23-rasm).



7.23-rasm. Eksperimental Quyosh suv chuchuklashtirish qurilmasining umumiy ko'rinishi.

1,2,3,4 – elektromagnit klapanlar; 5 - tarmoqlantirgich; 6 – ulagich mufta; 7 – tozalangan suv uchun sig'im idishi; 8 - distillyat uzatish uchun quvur; 9 – sho'r suvni uzatish quvuri; 10 – yuqori tuz tarkibli sho'r suvni tashlash quvuri; 11 – yuqori haroratli sho'r suvni tashlash quvuri; 12 – kondensatsiya uchun sig'imdan sho'r suvni uzatish quvuri; 13 – chuchuklashtirish uchun bo'linmaga sho'r suvni uzatish quvuri; 14 – chuchuklashtirgich; 15 – profil; 16 – quyosh kollektorining vakkum trubkalari; 17 – qurilmaning asosi; 30 – fotodatchik.

Bu sxemaning afzalligi shundan iboratki, quyosh kollektoridan chuchuklashtirilayotgan suvga energiyani uzatish to‘g‘ridan-to‘g‘ri issiqlik almashingichdan foydalanmasdan yuz beradi. Sxema yig‘ishning soddaligi va konstruksiyasining ishonchiligi bilan farqlanadi. 7.24- rasmda chuchuklashtirgich qurilmasining yon tomondan ko‘rinishi keltirilgan.

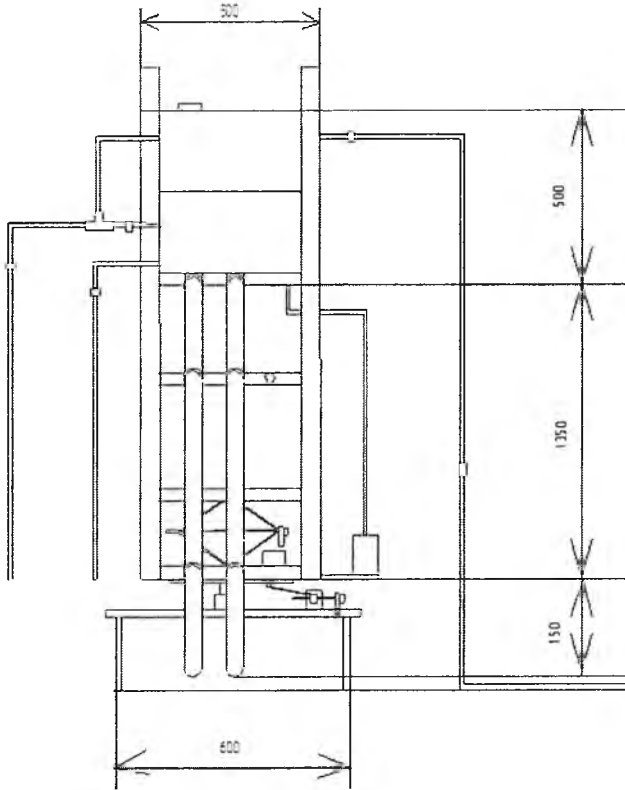


7.24-rasm. Eksperimental Quyosh suv chuchuklashtirish qurilmasi. yon tomondan ko‘rinishi: 18 – vakkum trubkalarning holatini balandlik bo‘yicha rostlovchi elektrik uzatma; 19 – vakkum trubkalarning holatini azimut bo‘yicha rostlovchi elektrik uzatma; 21 – azimut bo‘yicha aylanadigan tekislik; 20, 22 – mexanik sharnirlar; 23 – klemmali quti; 32 – chuchuklashtirgichni profilga maxkamlash

Quyosh kollektorining trubkalari chuchuklashtirish uchun mo‘ljallangan sig‘im bilan birgalikda bitta tekislikda joylashadi,

samaradorlikni oshirish uchun Quyoshni kuzatish qurilmalaridan foydalanish mumkin.

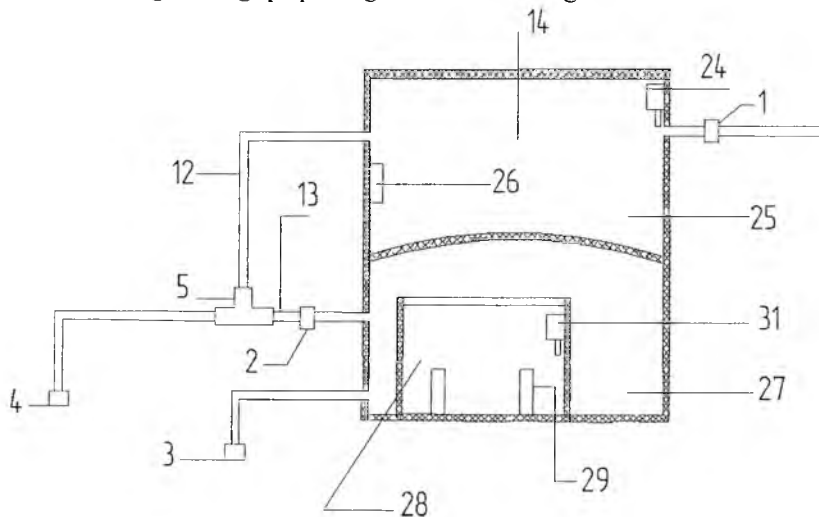
Chuchuklashtirgich qurilmasining o'lchamlari 7.25- rasmda keltirilgan.



7.25-rasm. Quyosh suv chuchuklashtirgich qurilmasining o'lchamlari.

Chuchuklashtirish uchun mo'ljallangan sho'r suv quvur 9 orqali ochiq kanalda 1 chuchuklashtirgichga 14 (7.26- rasmdagi qirqimda) uzatiladi. O'tish muftasi vositasida chuchitgich qurilmasi quvuri bilan ulangan tashqi quvurdan bosim ostida sho'r suv jo'natiladi. Chuchuklashtirgich 14 qiya holat joylashgan va alyuminiy profillar 15 va mahkamlagich 32 yordamida ushlab turiladi.

Profillar uskunaning massasini kamaytirish uchun gorizontal bo'yicha ikkita parallel o'rnatilish to'g'ri burchakli shaklga ega, 7.26- rasmda chuchuklashtirgichning qirqimdagi holati ko'rsatilgan.



7.26-rasm. Chuchuklashtirgichning qirqimdagi ko'rinishi.

1 – kondensatsiya uchun bo‘linmaga sho‘r suvni uzatish elektromagnit klapani; 2 – chuchuklashtirgich uchun bo‘linmaga sho‘r suvni uzatish elektromagnit klapanlari; 3 – tuz konsentratsiyasining yo‘l qo‘yib bo‘lmaydigan me‘yordan oshganda sho‘r suvni tashlab yuborish elektromagnit klapanlari; 4 – kondensatsiya uchun sig‘imdan sho‘r suvni tashlab yuborish elektrik klapanlari; 5 – taqsimlagich; 12 – kondensatsiya uchun sig‘imdan sho‘r suvni uzatish quvuri; 13 – chuchuklashtirish uchun bo‘linmaga sho‘r suvni uzatish quvuri; 24 – kondensatsiya uchun seksiyada suv sathlari datchigi; 25 – kondensatsiya uchun bo‘linmalar; 26 – harorat datchigi; 27 – tozalangan suv uchun bo‘linmalar; 28 – chuchuklashtirish uchun bo‘linmalar; 29 – vakuum quyosh kollektorining issiqlik trubkalari; 31 – chuchuklashtirish uchun seksiyada suv sathi datchiklari.

So'ngra sho'r suv kondensatsiya jarayoni kechadigan 25 bo'linmaga kelib tushadi (7.26- rasm). Tushayotgan sho'r suvning sathini suv sath datchiklari 24 nazorat qiladi, agar suv kerakli sathdan kamayganda klapan 1 ochiladi. Suv sath datchigi 31 dan signal borganda klapan 2 ochilishi yuz beradi, suv quvur 13 orqali chuchuklashtirgich 28 uchun bo'linmaga tushadi, bunda vakuum kollektorning issiqlik trubkalari 29 sho'r suvni qizdirib qizish/bug'lanish jarayoni boshlanadi.

Hosil bo'lgan bug' kondensatsiya uchun bo'linma yuzasi o'rtasidagi issiqlik almashinuvi ta'sirida ko'tariladi, so'ngra kondensatsiya uchun bo'linmadagi kondensatsiyalanish jarayoni boshlanadi. Tozalangan suv bo'linmasining qiya yuzasi bo'ylab olingan, tozalangan tomchi suvlar sig'im tubiga yunaltiriladi, u Yerdan quvur 8 orqali tozalangan suv sig'im idishiga kelib tushadi.

Hosil bo'lgan bug' kondensatsiyalanish uchun ulgurdi, bunga kondensatsiya bo'linmasidan chiqayotgan suv harorati bug' haroratidan ortiq bo'lmasligi zarur. Shuning uchun kondensatsiya uchun bo'linmada harorat diskret datchigi 26 joylashgan. Harorat me'yordagi darajadan oshib ketsa, datchikdan klapan 4 ni ochishga signal keladi, bundan so'ng taqsimlagich 5 orqali bo'linmada harorat barqarorlashgunga qadar sho'r suv chiqadi.

Bug'lanish bo'linmasida davomli ishdan keyin bug'lanayotgan suvda tuz konsentratsiya ortadi, natijada qurilma samaradorligini kamaytirish, issiqlik uzatish yomonlashishiga olib keladigan qizdirgich elementda tuz qatlami (qasmoq) hosil bo'ladi. Ushbu qurilmada qizdirgich elementlarda qasmoq hosil bo'lishini oldini olish uchun ommabop metodlardan foydalaniladi, shuning uchun tuz konsentratsiyasini kamaytirish maqsadida klapan 3 yordamida tungi vaqtlarda yuqori tarkibli tuz aralashmasi chiqarib yuboriladi, bu esa qurilmaning samaradorligini o'zgartirmaydi.

Quyosh suv chuchuklashtirgich qurilmasini boshqarish releli mantiq hisobiga avtomatlashtirilgan, bunda datchiklar elektromagnit rele orqali tungi vaqtlarda elektr energiyasini tejashga imkon beradigan normal yopiq kontaktlarga ega elektromagnit klapani boshqaradi.

Xulosa

Quyosh energetikasini rivojlantirish istiqboli haqidagi masala O'zbekiston uchun yangilik emas, chunki Quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha tadqiqot ishlari Toshkent va Samarqand shaharlarida 1930 yillarda M. Yagudaev, G. Umarov, S. Azimovlar rahbarligida boshlangan. Bu vaqtlarda elektr va issiqlik energiyasi, shuningdek energiya yetkazib berish arzonligi sabab Quyosh energetikasini rivojlantirishga ehtiyoj sezilmadi. Bir vaqtda quyosh energetikasini rivojlantirish, foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishda xususiy sektorni rag'batlantirishning ma'muriy va iqtisodiy mexanizmlarini yaratishga yetarli darajada e'tibor qaratilmadi.

O'zbekiston Quyosh energiyasidan foydalanish borasida katta salohiyatga ega, buni yurtimizning geografik joylashuvi, iqlimiy ko'rsatkichlari ham aniq dalolat beradi.

Hozirgi vaqtda O'zbekiston Respublikasi ham yashil energetikani rivojlantirish, energiya samarador texnologiyalarni qo'llash, aholi uchun davlat tomonidan bir qancha imtiyozlar, qulayliklar yaratish borasida o'z siyosatini olib bormoqda. Yaqin yillar davomida O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tasarrufidagi bir qancha Oliy ta'lim muassasalarida "Muqobil energiya manbalari" (turlari bo'yicha) bakalavriatura va magistratura mutaxassisliklari, "Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va sof atrof muhit fizikasi" va "Gidroenergetika va qayta tiklanuvchi energiya manbalari" magistratura mutaxassisliklari bo'yicha kadrlar tayyorlanmoqda.

2019 yil 21 mayda "Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish" to'g'risida O'zbekiston Respublikasining Qonuni ham qabul qilindi, o'sha yili 22 avgustda "Ijtimoiy va iqtisodiyot sohaslarida energiya samaradorlikni oshirish, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora tadbirlari" haqida №PP-4422 sonli O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni ham qabul qilindi.

Ushbu Qonun va Farmonda Qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTEM) asosidagi energetik qurilmalardan keng foydalanish borasida

yurtimiz aholisi uchun juda ko'p qulayliklar bilan bir qatorda soliq imtiyozlari ham berilgan:

- shu sohada faoliyat yuritadigan tadbirkorlar ham korxonasining davlat ruyxatidan o'tgan sanadan boshlab 5 yil davomida barcha soliq turlaridan ozod qilinadi. Agar fuqorolar QTEM asosidagi energetik qurilmani xarid qilganlaridan so'ng (quvvati 100 kVtdan ortiq) uning egallagan maydoni uchun 10 yil davomida (ishga tushirilgan sanadan boshlab) yer solig'idan ozod qilinadilar;

- 2030 yilga borib mamlakatimizning umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarish balansida QTEM ulushini 25% ga ko'tarish;

- ijtimoiy va iqtisodiyot sohalarida energiya samaradorlikni oshirish, QTEM ni rivojlantirish borasida "Yul xaritasi" tasdiqlandi;

- Quyosh fotoelektrik stantsiyalari (FES), quyosh kollektorlari va energiya samarador gaz gorekali uskunalarni xarid qilganliklari uchun jismoniy shaxslarga 30% miqdorda kompensatsiyalar taqdim etish. FES lar uchun – 3 mln.so'm, quyosh kollektorlari uchun – 1,5 mln. so'm, energiya samarador gaz gorekali uskunalar uchun – 200 ming so'm ajratish ko'zda tutilgan.

Yuridik va jismoniy shaxslarga kompensatsiyalar ajratish asosan QTEM asosidagi energetik qurilmalar (masalan, Quyosh fotoelektrik stantsiyalari (FES), quyosh kollektorlari va energiya samarador gaz gorekali uskunalar va boshqalar) ni xarid qilish jarayonida tijorat banklaridan kredit olganlarida foiz xarajatlarini qoplashga ajratiladi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining №PP-4422 sonli Farmonining ijrosini ta'minlashda 2030 yilga borib QTEM ning ulushi 25% ni tashkil etsa, undan gidroenergetika -11,2%, Quyosh energetikasi - 8,8%, Shamol energetikasi– 5% ko'rsatkichlarda bo'ladi.

Rejaga ko'ra 2030 yilga borib qurilishi loyihalananayotgan quyosh fotoelektrik stantsiyalarining taxminiy quvvati ~5 GVt bo'lishi ko'zda tutilmoqda, bu esa o'z navbatida Quyosh energetikasi sohasida malakali mutaxassislarni tayyorlash kabi vazifalarni belgilab beradi.

Quyosh energetikasi.

Quyosh energiyasini elektr va issiqlik energiyalariga aylantirish bilan bog‘liq energetika sohasi.

Solar power engineering

Quyosh elektrostansiyasi (QES);

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan elektr stansiya.

Solar power plant

Quyosh-yoqilg‘ili elektrostansiyasi (QES);

Yagona texnologik sxema bo‘yicha quyosh nurlanishi energiyasini elektr va issiqlik energiyalariga aylantiradigan elektr stansiyasi.

Solar-fuel power plant

Quyosh issiqlik ta‘minoti

Quyosh nurlanishi energiyasidan isitish, issiq suv ta‘minoti va boshqa is‘temolchilarning texnologik ehtiyojlarini ta‘minlash maqsadida foydalanish.

Solar heat supply

Quyosh issiq suv ta‘minoti

Quyosh nurlanishi energiyasidan kommunal, maishiy va iste‘molchilarning texnologik ehtiyojlarini ta‘minlash maqsadida suvni isitish uchun foydalanish.

Solar hot water supply

Quyoshli sovitish

Quyosh nurlanishi energiyasidan havoni sovutish, oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va boshqa maqsadlarda sovuqlik olish uchun foydalanish.

Solar cooling

Quyosh issiqlik va sovuqlik ta‘minoti

Quyosh nurlanishi energiyasidan isitish, issiq suv va sovuqlik ta‘minoti tizimlarida foydalanish.

Solar heat and cool supply

Quyosh elementi

Turli fizik tamoyillari asosida tuzilgan, quyosh nurlanishi energiyasini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga o‘zgartirgich.

Solar cell

Quyosh fotoelektrik o‘zgartirgichi

Fotoeffekt asosida ishlaydigan quyosh elementi.

Solar photovoltaic

Ikki tomonli quyosh elementi

Ikki tomonli fotosezuvchan quyosh elementi.

Termoelektrik quyosh elementi

Quyosh nurlanishi energiyasi issiqlik manbai bo'lgan holda termoelektrik hodisa asosidagi quyosh elementi.

Quyosh termoion o'zgartirgich

Quyosh nurlanishi energiyasi issiqlik manbai bo'lgan holda termoelektron emissiya hodisa asosidagi quyosh o'zgartirgichi.

Quyosh kollektori

Quyosh nurlanishi energiyasini yutuvchi va uni issiqlik energiyasiga o'zgaruvchi qurilma.

Quyosh nurlanishi konsentratori

Nurning qaytishi va sinishi hodisalariga asoslangan quyosh nurlanishi zichligini oshiruvchi optik qurilma.

Quyosh spektri

Quyosh nurlanish energiyasini nurlanish to'liq uzunligi funksiyasi sifatida taqsimlanish to'plami.

Nurlanish intensivligi

Nurlanayotgan yuza birligiga tashayotgan energiya oqimi sirtiy zichligi.

Quyosh elektr stansiyalari bilan bog'lik tushunchalar

Quyosh termodinamikaviy elektrostansiyasi

Quyosh nurlanishi energiyasidan issiqlik manbai sifatida foydalanib, termodinamik sikl yordamida avval uni mexanik, keyin elektr energiyasiga aylantiruvchi quyosh elektr stansiyasi.

Quyosh fotoelektrik stansiyasi

Quyosh nurlanishi energiyasini bevosita fotoelektrik usulda elektr energiyasiga aylantiruvchi quyosh elektr stansiyasi

cell
Bifacial solar
cell

Solar
thermoelectrical
element

Solar
thermoionical
convertor

Solar collector

Solar radiation
concentrator

Solar spectrum

Radiation
intensity

Solar
thermodynam
ic

Solar
photovoltaic
power plant

Minora turidagi quyosh elektrostansiyasi

Optik jamlovchi geliostatlar maydonidan akslangan quyosh nurlanishini minoraga o'rnatilgan issiqlik qabul qilgichga yo'naltiruvchi quyosh elektr stansiyasi.

Solar tower power plant

Ikki konturli quyosh elektrostansiyasi

Yutilgan quyosh nurlanishi energiyasini birinchi konturdagi issiqlik tashuvchidan issiqlik almashtirgich orqali ikkinchi konturga uzatuvchi termodinamik quyosh elektr stansiyasi.

Double-loop solar power plant

Modulli quyosh elektrostansiyasi

Bir xil turdagi konsentratorlar va quyosh nurlanishi energiyasini qabul qilgichlarni o'z ichiga olgan takroriy tuzilmali modul elementidan iborat quyosh elektr stansiyasi.

Modular solar power plant

Quyosh nurlanishini termokimyoviy o'zgartirish sikli

Quyosh energiyasidan endotermik reaksiyaning birinchi bosqichdan sarflab, ekzotermik reaksiyalar vaqtida chiqadigan energiyani iste'molchilarga uzatilishda ketma-ket amalga oshiriladigan qaytar endotermik va ekzotermik reaksiyalardan iborat quyosh nurlanishi energiyasini o'zgarishi sikli.

Thermochemical cycle conversion of solar radiation

Quyosh energiyasini qabul qilgich

Jamlangan quyosh nurlanishi energiyasi oqimini qabul qiluvchi tarkibiy element.

Solar energy receiver

Optikaviy konsratsiyalash tizimi

Bir yoki birlashgan jamlagichlardan tashkil topgan quyosh energiyasi qabul qilgichdan quyosh nurlanishi energiyasini bevosita jamlovchi tizim.

Optical concentrating

Ko'zguli konsentrator

Akslantiruvchi (ko'zgu) qoplamali quyosh nurlanishi jamlagich.

Mirror concentrator

Parabolatsilindrik konsentrator

O'zaro parallel siljувchi parabolik yasovchidan iborat

Parabolic trough

ko'zguli quyosh nurlanishini jamlagich.	concentrator
Parabolik konsentrator	Paraboloid
Parabolaning o'z o'qiga atrofida aylanishdan hosil bo'lgan yasovchidan iborat kulguli shaklga ega akslantiruvchi parabolotsilindrik jamlagich ko'zguli quyosh nurlanishini jamlagich.	concentrator
Fatset ko'zguli konsentrator	Mirror facet
Umumiy qaytaruvchi yuzani tashkil qiluvchi alohida oynali yassi yoki egri chiziqli shakldan tashkil topgan, quyosh nurlanishining ko'zguli jamlagichi.	concentrator
Geliostat	Heliostat
Quyosh nurlanishini qabul qilgichga individual yo'naltirilgan tik tushayotgan quyosh nurlanishini yo'naltiruvchi (qaytaruvchi) optik yig'uvchi tizim yassi yoki fokuslovchi element.	
Gelistatlar maydoni	Heliostats
Quyosh nurlanishini qabul qilgichga nisbatan turlicha joylashtirilgan geliostatlardan tashkil topgan optik jamlovchi tizim.	field
Vakuumli qabul qilgich	Evacuated
Quyosh nurlarini yutuvchi yuzasi shaffof qobiqli havosi siyraklashtirilgan (vakuumlangan) muhitda joylashgan quyosh nurlanishini qabul qilgich.	receiver
Markaziy qabul qilgich	Central
Minora turidagi quyosh elektrostansiyalaridagi quyosh nurlanishini qabul qilgich.	receiver
Bo'shliqli quyosh nurlanishni qabul qilgich	Cavity-type
Nur yutuvchi sirti bo'shliq shaklida bo'lgan, quyosh nurlanishini jamlagich.	receiver of
Quyosh bug' generatori	Solar steam
Bug' hosil qilishi jarayoni yuz beradigan termodinamik quyosh elektr stansiya elementi.	generator
Quyosh ekonomayzeri	Solar
Quyosh bug' generatoriga uzatilishdan oldin, issiqlik	economizer

tashuvchining boshlang'ich qizdirilishini amalga oshiruvchi termodinamik quyosh elektr stansiya elementi.

Energiyani jamlash tizimi

Termodinamik quyosh elektr stansiyalarida issiqlik energiyasini va fotoelektrik quyosh elektrostansiyalarida elektr energiyasini jamlovchi tizim.

Energy storage system

Ko'zguli konsentrator kuzatish tizimi

Tushayotgan quyosh nurlanishini quyosh energiyasi qabul qilgichga yo'naltirilishi uchun konsentrator yoki konsentratorlar tizimini quyosh harakatiga mos ravishda xarakatlantiruvchi (aylantiruvchi) tizim.

Tracking system of mirror concentrator

Optikaviy sensor

Optik jamlagichli tizimning quyosh nurlanishini qabul qilgichga mos fokusirovkalashni bajaruvchi mexanizmlarga signal etkazib beruvchi kuzatish tizim elementi.

Optical sensor

Quyosh elektrostansiyaning foydali ish ko'effitsient (FIK)

Hosil qilingan elektrostansiyaning shu vaqt davomida tik tushuvchi quyosh nurlari sirtga nisbatan proeksiya tashkil qiluvchi sirtga tushgan quyosh nurlanishi energiyasiga nisbati.

Solar power plant efficiency

Optik FIK

To'g'ri tushuvchi Quyosh nurlanishi energiyasi oqimining quyosh nurlari tik tushuvchi sirtga nisbatan proeksiya tashkil qiluvchi optik jamlovchi tizim sirtiga tushayotgan quyosh nurlanishi energiyasi oqimiga nisbati.

Optical efficiency

Yorug'lik dastasining apertura burchagi

Quyosh nurlanishi jamlagichidan qaytgan nurning konik yorug'lik dasta chetidan nurlar orasidagi burchak.

Aperture angle

Fotoelektrik qurilma bilan bog'liq tushunchalar

Fotoelektrik modul

O'zaro elektrik bog'langan fotoelektrik quyosh elementlarini konstruktiv birlashtiruvchi va tashqi is'temolchiga ulanish uchun chiqish klemmalariga ega qurilma.

Konsentratsiyalovchi fotoelektrik modul

Quyosh energiyasi konsentratori va fotoelektrik modulni o'z ichiga olgan konstruktiv to'liq qurilma.

Mujassamlashgan fotoelektrik modul

Quyoshiy elementlardan foydalanishi mumkin bo'lgan issiqlikni olib chiquvchi tizimga ega bo'lgan fotoelektrik modul.

Quyosh fotoelektrik massivi

O'zaro bog'langan elektr va mexanik fotoelektrik modullar.

Tayanch konstruksiya

Fotoelektrik batareyaning fazoviy joylashuvini ta'minlovchi qurilma

Quyosh harakatini kuzatuvchi qurilma

Quyoshning harakat traektoriyasini kuzatish uchun quyosh energetik qurilmalarining burilishini ta'minlovchi qurilma.

Fotoelektrik qurilmaning quyosh harakatini kuzatish tizimi

Quyosh fotoelektrik batareyaning tayanch-burilish yo'nalishiga nisbatan qurilmaning ishlashini ta'minlab beruvchi mexanizm va qurilmalar majmui.

Quyosh elementlarni sovitish tizimi

Fotoelektrik quyosh elementi tavsiflarini stabillash maqsadida undan issiqlikni olib chiqish tizimi.

Quyosh elementi, moduli va massivining foydali ish

Photovoltaic (PV) module

Concentrating PV module

Combined photovoltaic (PV) module for production of heat and electricity

Solar photovoltaic (PV) array Support structure

Solar tracker

Tracking system of photovoltaic plant

Cooling system of solar cells

Efficiency of

koefitsienti (FIK)

Quyosh elementi, moduli, batareyasi elektr quvvatining mos ravishda quyoshiy element, modul va batareya sirti yuzaviy maydonining quyosh energiyasi oqim zichligining ko'paytmalariga nisbati.

Quyosh elementi, moduli va massivning volt-ampere xarakteristikasi

Tushayotgan quyosh nurlanishi jadalligi (intensivligi) va quyosh elementi haroratining domiy qiymatlarida quyosh fotoelektrik elementi, moduli, fotoelektrik batareyalarining klemmalaridagi kuchlanish va tok yuklamasi orasidagi bog'liqlik.

Tok va kuchlanishning harorat koefitsienti

Harorati 1°C ga o'zgaranda quyosh elementining kuchlanishi va tokning o'zgarishini tavsiflovchi qiymat.

Quyosh elementi, moduli va massivini sinov standart sharoitlari (STC)

Quyosh energiyasi oqimining zichligi 1000 Wt/m² va fotoelektrik quyosh elementining harorati (25±2)°C qilib belgilab qo'yilgan sinov shartlari.

Quyosh element, modul, massiv va elektrostansiyalar maksimal (pik) quvvati

Standart sinov sharoitlarida fotoelektrik quyosh elementi, moduli batareyasi va stansiyalarning cho'qqi (eng yuqori, ideal) quvvati.

Fotoelektrik quyosh elementi, moduli, massivi va elektrostansiyalarning maksimal quvvati (MQN)

Fotoelektrik quyosh elementi, moduli, batareyasi va stansiyalarning berilgan volt-ampere tavsifi nuqtasidagi maksimal quvvat.

solar cell,
module, array

Voltage -
current
characteristics
of solar cell,
module, array

Temperature
coefficients
of current,
voltage

Standard test
conditions for
solar cell,
module, array

Peak power
of solar cell,
module,
array, power
plant

Maximum
power of
photovoltaic
solar cell,
module,
array, power
plant

Quyosh issiqlik ta'minotiga oid tushunchalar

Quyosh issiq suv ta'minoti tizimi	Solar hot-water supply system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining issiq suv ta'minoti yuklamasini qisman yoki to'liq qoplanishni ta'minlovchi tizim.	
Aktiv quyosh isitish tizimi	Active solar heating system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining isitish yuklamasini qisman yoki to'liq qoplash maqsadida issiqlik tashuvchining quyosh kollektorlarida isitish tizimi.	
Passiv quyosh isitish tizimi	Passive solar heating system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining isitish yuklamasini qisman yoki to'liq qoplash uchun quyosh kollektorlari va maxsus asbob-uskunalar qo'llanilmagan, quyosh energiyasi jamlovchisi va qabul qiluvchi sifatida bino yoki imoratning konstruktiv elementlaridan foydalanuvchi tizim.	
Quyosh isitish tizimi	Solar heating system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining isitish va issiq suv ta'minoti yuklamasini qisman yoki to'liq qoplovchi tizim.	
Quyosh sovutish tizimi	Solar cooling system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining sovutish yuklamasini qisman yoki to'liq qoplovchi tizim.	
Quyosh isitish va sovutish tizimi	Solar heating and cooling system
Quyosh energiyasidan foydalangan holda iste'molchining isitish, issiq suv ta'minoti va sovutish yuklamasini qisman yoki to'liq qoplovchi tizim.	
Bir konturli quyosh isitish tizimi	One-loop solar heating system
Quyosh kollektorlarda qizdirilgan issiqlik tashuvchi iste'molchiga bevosita yoki issiqlik jamlovchi orqali etkazib beruvchi tizim.	
Ikki konturli quyosh isitish tizimi	Double-loop

Quyosh kollektorlardan hosil qilingan issiqlikni issiqlik almashinuvi qurilmasi orqali iste'molchiga bevosita yoki issiqlik jamlovchi orqali etkazib beruvchi tizim. heating system

Termosifon quyosh isitish tizimi Thermosyphon
Quyosh kollektorlardan issiqlik olinishini issiqlik tashuvchining tabiiy harorati orqali amalga oshiruvchi tizim. solar heating system

Quyosh isitish tizimining yordamchi qizdirgichi Auxiliary
Quyosh issiqlik ta'minoti tizimi bilan birgalikda ishlayotgan va issiqlik yuklamkasini an'anaviy issiqlik energiyasi manbai. heater of solar heating system

Quyosh isitish tizimining issiqlik unumdorligi Capacity of
Quyosh issiqlik ta'minoti tizimi orqali iste'molchiga qayd qilingan vaqt oralig'ida (soat, sutka, oy, yil) etkazib berilgan issiqlik miqdori. solar heating system

Quyosh isitish tizimining solishtirma issiqlik unumdorligi Specific capacity of
Quyosh kollektorlarning birlik moydoniga keltirilgan, qayd qilingan vaqt oralig'ida (soat, sutka, oy, yil) quyosh issiqlik ta'minoti tizimi tomonidan hosil qilingan issiqlik miqdori. solar heating system

Quyosh issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik yuklamasini qoplash koeffitsienti Function of
Quyosh energiyasidan foydalanish hisobiga iste'molchi issiqlik yuklamasining qoplangan qismi. heat load supplied by solar heating system

Quyosh kollektorga oid tushunchalar

Yassi quyosh kollektori Flat-plate solar collector
Yassi nur yutuvchi panelga ega shaffof qoplamali quyosh kollektori.

Suyuqlik qizdiruvchi quyosh kollektori Liquid heater

Suyuq issiqlik tashuvchi muhitlarni qizdiruvchi quyosh kollektori.	solar collector
Havo qizdiruvchi quyosh kollektori	Air heater
Havoni qizdiruvchi quyosh kollektori.	solar collector
Oqimchali quyosh kollektor	Flowing-type
O'zi orqali harakatlanayotgan issiqlik tashuvchi muhitni qizdiruvchi quyosh kollektori.	solar collector
Issiq suv jamlovchi quyosh kollektor	Hot water
O'zini to'lg'azib turuvchi xarakatlanayotgan issiqlik tashuvchi muhitni qizdiruvchi quyosh kollektori.	storage type solar collector
Vakuumli quvursimon quyoshiy kollektor	Evacuated
Nur yutuvchi paneli havosi siyraklashgan (vakuumlangan) shaffof trubka bilan himoyalangan muhitda joylashgan quyosh kollektor.	tube solar collector
Nur yutuvchi panel	Absorber plate
Quyosh kollektorning tushayotgan quyosh nurlarini yutib issiqlik energiyasini aylantirib beruvchi konstruktiv element.	
Quyosh kollektorining shaffof qoplamali izolyasiyasi	Transparent
Quyosh nurlarini yutuvchi panelning ustida joylashgan va uning atrof muhitga issiqlik yo'qotishlarni kamaytiruvchi shaffof qoplama yoki qoplamalar tizimi.	cover insulation of solar collector
Nur yutuvchi panelning maydoni	Area of
Yutuvchi panelning sirtiga tik tushayotgan quyosh nurlanishi bilan yoritilgan yuzasi.	absorber plate
Quyosh kollektorning issiqlik unumdorligi	Solar collector
Birlik vaqt ichida kollektorda hosil qilingan issiqlik miqdori (soat, kun, oy, yil).	heating capacity
Quyosh kollektorining FIK	Solar collector
Kollektorning birlik vaqt ichidagi issiqlik unumdorligining kollektor birlik vaqt ichida kollektor sirtiga kelib tushayotgan quyosh nurlanishi energiyasiga nisbati.	efficiency

Quyosh kollektorining oniy FIK

Vaqt nolga intilayotganda kollektorning issiqlik unumdorligining kollektor sirtiga kelib tushayotgan quyosh energiyasiga nisbati.

Quyosh kollektorining optik FIK

Quyosh kollektor sirtiga tushayotgan quyosh nurlanishiga nisbati.

Quyosh kollektorining umumiy issiqlik yo'qotish koeffitsienti

Nur yutuvchi panel va tashqi muhit farqi 1°S bo'lganda kollektorning birlik yuzasiga keltirilgan issiqlik oqimi.

Shaffof qoplama orqali issiqlik yo'qotish koeffitsient

Nur yutuvchi panel va muhit farqi 1°S bo'lgandagi, kollektor shaffof qoplamasining birlik yuzasi orqali atrof muhitga berayotgan issiqlik oqimi.

Nur yutuvchi panelning samaradorlik koeffitsient

Quyosh kollektorning haqiqiy issiqlik samaradorligining kollektor nur yutuvchi panelining hamma issiqlik qarshiliklari nolga teng bo'lgan holdagi issiqlik samaradorligiga nisbati bilan aniqlanadigan va nur yutuvchi panel sirtidan issiqlik tashuvchi muhitga issiqlik berish samaradorligini tavsiflovchi qiymat.

Kollektordan issiqlikni olib ketish koeffitsienti

Quyosh kollektorning unga kirayotgan issiqlik tashuvchi muhitning haroratiga teng bo'lgandagi issiqlik unumdorligining haqiqiy issiqlik samaradorligiga nisbatan.

Issiqlik tashuvchi muhitning solishtirma sarfi

Birlik vaqt oralig'ida kollektorning birlik frontal yuzasiga keltirilgan issiqlik tashuvchi muhit sarfi.

Muvozanatli harorat

Solar collector instantaneous efficiency

Optical efficiency solar collector

Solar collector overall heat-loss coefficient

Heat-loss coefficient through transparent cover

Absorbing panel efficiency coefficient

Solar collector heat removal coefficient

Specific flowrate of heat transfer fluid

Equilibrium

Quyosh kollektor orqali issiqlik tashuvchi muhitning harakatlanmagan holdagi barqaror yoki kvazibarqaror sharoitdagi yutuvchi panelning sirkulyasiya mavjud bo'lmagandagi statsionar yoki kvazistatsionar sharoitlardagi nur yutuvchi panel sirtining harorati. temperature

Qoraytirilgan nur yutuvchi qoplama Black absorptive coating
 Quyosh nurlanishiga nisbatan yuqori yutuvchanlik darajasi va yuqori qoraytirilganlik darajasiga ega yuo'lgan yutuchi qoplama.

Selektiv nur yutuvchi qoplama Selective absorptive coating
 Quyosh nurlanishiga nisbatan yuqori yutuvchanlik hususiyati bilan tavsiflanuvchi yutuvchi panelning qoplamasi va ishchi haroratda past qoraytirilganlik darajasiga ega bo'lgan nur yutuvchi qoplama.

Issiqlik qaytaruvchi qoplama Heat reflected coating
 Infraqizil nurlanishi sohasida nur qaytaruvchi va quyosh nurlanishi spektorida shaffof bo'lgan qoplama.

Masalalar echish uchun namunalar

1. Masala. $X = 0,6$ ga teng bo'lganda $Ga_{1-x}Al_xAs$ uchun taqiqlangan zona kengligi $1,8 eV$ ga teng. Ushbu materialdan tayyorlangan quyosh elementida fotoelektrik generatsiya sodir bo'lishi uchun nurlanishning optimal to'liqin uzunligini hisoblang?

Echish:

Fotoelektrik generatsiya sodir bo'lishi uchun fotonning energiyasi quyosh elementining taqiqlangan zona energiyasiga teng bo'lishi lozim, bunda

$$h\nu = E_g \tag{1}$$

bu erda v – optimal nurlanish chastotasi; h – Plyuk doimiysi; E_g – taqiqlangan zona kengligi.

$$v = \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

bu yerda λ – tushayotgan optik nurlanishning to‘lqin uzunligi.

(2) formulani (1) ga quysak, unda quyidagini olamiz,

$$\frac{hc}{\lambda} = E_g \quad (3)$$

(3) formuladan quyidagini hosil qilamiz,

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} \quad (4)$$

Sonli kattaliklarni (4) formulaga qo‘yib quyidagilarni olamiz.

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ J}} = 2,29 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,229 \text{ mkm}$$

Javob: $\lambda = 0,229 \text{ mkm}$.

2. Masala. *GaAr* asosidagi yarimo‘tkazgichning taqiqlangan zona energiyasi $1,4 \text{ eV}$ ga teng. *GaAr* dan tayyorlangan quyosh elementida fotoelektrik generatsiya sodir bo‘lishi uchun optimal to‘lqin uzunligini hisoblang?

Javob: $\lambda = 0,88 \text{ mkm}$.

3. Masala. Agar $I_s = 10^{-8} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ bo‘lsa, p – n o‘tishga ega quyosh elementining qorong‘ulikdagi xarakteristikasini (VAX) ni yozing.

Javob: $I = 10^{-8} (\exp(eu/kT) - 1)$

4. Masala. Agar $I_s = 10^{-8} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ bo‘lganda, quyosh elementining kuchlanishi $U = 2V$ gacha bo‘lgunga qadar 15....20 nuqtadan foydalanib VAX grafigini chizing va hisoblang?

5. Masala. Jismning muvozanat harorati 30°C ga teng bo'lganida o'rtacha yutilish koeffitsientining o'rtacha nurlantirish koeffitsientiga nisbati α/ε ni aniqlang.

Javob: $\alpha/\varepsilon = 1,43$

6. Masala. Agar $\alpha/\varepsilon = 1,16$ ga teng bo'lsa, muvozanat haroratining qiymatini toping.

Javob: $T = 15^{\circ}\text{C}$

7. Masala. Kremniy asosidagi quyosh elementining boshlang'ich harorati 35°C . Uning yuzasida quyosh nurlanishini oqim zichligi 1kVt/m^2 . Agar qisqa tutashuv toki ($I_{q.t}$) 1,08 marta o'zgaragan bo'lsa, uning ish haroratini aniqlang?

Javob: $\theta = 161^{\circ}\text{C}$.

8. Masala. Agar kremniyli QE harorati 40°C dan 100°C gacha o'zgaragan bo'lsa, 1kVt/m^2 nurlanish oqim zichligida bu QE quvvati necha marta o'zgaradi?

Javob: 1,343 martagacha kamayadi.

9. Masala. Agar kremniyli QE quvvati 1,5 marta kamaygan bo'lsa, uning haroratini aniqlang? QE ning boshlang'ich harorati 45°C . Quyosh nurlanishi oqim zichligi 1kVt/m^2 .

Javob: $\theta = 122^{\circ}\text{C}$

10. Masala. Kremniyli QE kuchlanish qanchaga o'zgarishini aniqlang, agar uning boshlang'ich harorati 25°C , nurlanish oqim zichligi 1kVt/m^2 va harorat a) 90°C , b) 100°C ga ko'tarilgan holatlarni hisobga oling.

Javob: a) 0,76 marta

b) 0,68 marta

11. Masala. Kremniy asosidagi quyosh fotoelektrik moduli qizigan vaqtda harorati 120°C ga oshganda qisqa tutashuv toki qanchaga

o'zgarishini aniqlang? Uning boshlang'ich harorati 50°C , nurlanish oqim zichligi 1kVt/m^2 .

Javob: $1,059$ marta ortadi.

12. Masala. Agar QE da salt yurish kuchlanishi 1,8 marta kamaygan bo'lsa, ushbu QE materialining hususiy xaroratini aniqlang? Quyosh nurlanishi oqim zichligi 1kVt/m^2 , QE boshlang'ich harorati 40°C ga teng.

Javob: $\theta = 154,4^{\circ}\text{C}$

13. Kremniy asosidagi fotoelektrik batareyasining quvvati materialning harorati 50°C bo'lganda 25kVt ga teng. Agar uning quvvati $24,5\text{kVt}$ gacha kamaygan bo'lsa, batareya materialining haroratini aniqlang.

Javob: $\theta = 55^{\circ}\text{C}$

14. Masala. Agar elementning ta'qiqlangan zona kengligi $E_g = 1,6\text{eV}$ ga teng bo'lsa, ushbu QE da fotoelektrik generatsiya sodir bo'lishi uchun nurlanishning optimal to'liqin uzunligini aniqlang.

Javob: $\lambda = 0,78\text{mkm}$

15. Masala. Agar quyosh elementida fotoelektrik generatsiya sodir bo'ladigan nurlanishning optimal to'liqin uzunligi $x = 1,02\text{mkm}$ bo'lsa, bu QE material uchun taqiqlangan zona kengligini aniqlang?

Javob: $E_g = 1,23\text{eV}$

16. Masala. Germoniy uchun ta'qiqlangan zona kengli $0,6\text{eV}$, Germaniydan tayyorlangan QE da fotoelektrik generatsiya sodir bo'lishi uchun optimal to'liqin uzunligini aniqlang?

Javob: $\lambda = 2\text{mkm}$

17. Masala. CdTe uchun ta'qiqlangan zona kengligi $1,4\text{eV}$. CdTe dan tayyorlangan QE da fotoelektrik generatsiya sodir bo'lishi uchun nurlanishning optimal to'liqin uzunligini aniqlang?

Javob: $\lambda = 0,89\text{mkm}$.

18.Masala. Agar kremniyli fotoelektrik batareya 150°C gacha qiziganda uning qisqa tutashuv toki qanchagacha o'zgaradi? Quyosh radiatsiyasi $1\text{kVt}/\text{m}^2$ teng. Materialning boshlang'ich harorati 25°C .

Javob: *1,08 marta o'zgaradi.*

19.Masala. Agar salt yurish kuchlanishi 2 marta kamaygan bo'lsa va uning ishchi sohasida nurlanish oqimi zichligi $1\text{kVt}/\text{m}^2$ ga, materialning boshlang'ich harorati 25°C ga teng bo'lsa uning ishchi haroratini aniqlang?

Javob: $\theta = 160^{\circ}\text{C}$

20.Masala. QE da qisqa tutashuv toki 1,1 marta ortgan bo'lsa, uning haroratini aniqlang? Quyosh nurlanishini oqim zichligi $1\text{kVt}/\text{m}^2$. Ushbu kremniyli QE boshlang'ich harorati 25°C .

Javob: $\theta = 181^{\circ}\text{C}$

21.Masala. QE boshlang'ich harorati 25°C . Uning harorati 2 marta o'zgardir. Birinchi o'zgarishdan so'ng U 1,4 marta kamaydi. Boshlang'ich holat bilan taqqoslanganda ikkinchi o'zgarishdan so'ng qisqa tutashuv toki $I_{q,t}$ 1,09 marta ortdi. Agar nurlanish oqim zichligi $1\text{kVt}/\text{m}^2$ bo'lsa, kremniyli QE harorati birinchisi bilan taqqoslanganda ikkinchi o'zgarishdan so'ng qanchagacha ya'ni ortganligi yoki kamayganligini aniqlang?

Javob: *Harorat 64°C ga ortdi.*

22.Masala. 25°C haroratda kremniyli quyosh fotoelektrik batareyasining quvvati 5kVt ga teng. Uning ishchi sohasida nurlanish oqim zichligi $1\text{kVt}/\text{m}^2$, 25°C dan 150°C harorat diapazonida ushbu batareya quvvatining haroratga bog'liqlik grafigini ko'ring.

23.Masala. Kremniy QE harorati 25°C dan 110°C gacha o'zgargan bo'lsa, uning quvvati qancha o'zgaradi? Nurlanish oqim zichligi $1\text{kVt}/\text{m}^2$ ga teng.

Javob: *1,5 marta kamayadi.*

24. Masala. Kremniyli QE quvvati 1,4 marta kamaygan bo'lsa, uning haroratini aniqlang? Nurlanish oqim zichligi 1 kVt/m^2 boshlang'ich harorati 25°C ga teng.

Javob: $\theta = 96,4^\circ\text{C}$.

25. Masala. Quyosh nurlanishi oqim zichligi 900 Vt/m^2 va kremniyli fotoelektrik batareyaning harorati $t_1 = 25^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 150^\circ\text{C}$ gacha ortganda salt yurish kuchlanish necha marta kamayadi.

Javob: 1,86 marta.

26. Agar kremniyli fotoelektrik batareyaning harorati $t_1 = 25^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 200^\circ\text{C}$ ga o'zgarganda uning qisqa tutashuv toki qanchaga ortadi? Nurlanish oqim zichligi 900 Vt/m^2 .

Javob: 1,11 marta.

27. Masala. 1 kVt nurlanish oqim zichligida fotoelektrik batareyaning harorati $t_1 = 25^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 200^\circ\text{C}$ ga o'zgarganda t_2 haroratga mos kelgan batareyaning quvvatini hisoblang? 25°C da fotoelektrik batareyani quvvati 300 Vt ga teng.

Javob: $R(t_2) = 99\text{ Vt}$

28. Masala. Minora turidagi Quyosh elektr stansiyasida $n=263$ ta geliostatlar o'rnatilgan bo'lib har birining yuzasi $F_g=58\text{ m}^2$ ga teng. Geliostatlar Quyosh nurlanishini qozon qabul qilgishga akslantirib beradi, bu vaqtda uning yuzasidagi maksimal energetik yoritilganlik $H_q=2,5\text{ MVt/m}^2$ tashkil etadi. Geliostatning akslanish koeffitsienti $R_g=0,8$ va qabul qilgichning yutish koeffitsienti $A_q=0,95$ ga teng. Geliostat ko'zgasidagi maksimal yoritilganlik $H_g=600\text{ Vt/m}^2$.

Agar issiqlik tashuvchining ishchi harorati $t=660\text{ }^\circ\text{C}$ bo'lsa, konveksiya va nurlanish ta'sirida hosil bo'lgan issiqlik yuqotilishlari va qabul qilgichning yuza maydonini aniqlang. Qabul qilgichning nurlanish darajasi $\varepsilon_q=0,95$. Konvektiv yuqotishlar nurlanish yuqotishlaridan 2 marta kam.

Berilgan:	1. Geliostatlar orqali Quyoshdan qabul qilingan energiya quyidagi tenglamadan olinadi.
$n=263$	
$F_g=58 \text{ m}^2$	$Q=R_g \cdot A_q \cdot F_g \cdot H_g \cdot n=$
$H_q=2,5 \text{ MVt/m}^2$	$0,8 \cdot 0,95 \cdot 58 \cdot 600 \cdot 263=6955824 \text{ Vt}$
$R_g=0,8$	
$A_q=0,95$	bu yerda H_g -Geliostat ko'zglasidagi Quyosh nurlanishi oqim zichligi, Vt/m^2
$H_g=600 \text{ Vt/m}^2$	F_g -Geliostat yuzasi maydoni, m^2
$t=660 \text{ }^\circ\text{C}$	n -geliostatlar soni
$\epsilon_q=0,95$	R_g -ko'zgu konsentratorining akslanish koeffitsienti,
Topish kerak.	A_q - Qabul qilgichning yutish koeffitsienti.
F_q, q_{nur}	

2. Qabul qilgichning yuzasidagi maksimal energetik yoritilganlik ma'lum bo'lsa uning yuza maydonini aniqlash mumkin: $F_q = Q / H_q = 6955824 / 2500000 = 2,782 \text{ m}^2$

3. Umumiy holatda Qabul qilgichning yuzasidagi harorat $t_{\text{yuqori}} = 1160 \text{ K}$ ga yetishi mumkin, bu esa issiqlik tashuvchini $700 \text{ }^\circ\text{C}$ gacha qizdirish mumkin. Issiqlik qabul qilgichda nurlanish hisobiga issiqlik yuqotilishini Stefan-Bolsman qonuni bo'yicha hisoblash mumkin:

$$q_{\text{nur}} = \epsilon_q C_0 (T/100)^4 = 0,95 \cdot 5,67 \cdot \left(\frac{660+273}{100} \right)^4 = 4,08 \cdot 10^4 \text{ Vt/m}^2$$

bu yerda T – issiqlik tashuvchining absolyut harorati, K

ϵ_q - Kul rang qabul qilgichning nurlanish darajasi

C_0 - absolyut qora jismning nurlanish koeffitsienti, $(\text{Vt/m}^2\text{K}^4)$

$$q_{\text{to'liq}} = q_{\text{nur}} + q_{\text{konv.}} = q_{\text{nur.}} + q_{\text{nur.}} / 2 = 4,08 \cdot 10^4 +$$

$$\frac{4,08 \cdot 10^4}{2} = 6,12 \cdot 10^4 \text{ Vt}$$

$$Q_{\text{to'liq}} = q_{\text{to'liq}} \cdot F_q = 6,12 \cdot 10^4 \cdot 2,782 = 17,02 \cdot 10^4 \text{ Vt}$$

Javob: Qabul qilgichning yuzasidaning maydoni $F_q = 2,782 \text{ m}^2$, konveksiya va nurlanish ta'sirida hosil bo'lgan issiqlik yuqotilishlari $Q_{\text{to'liq}} = q_{\text{to'liq}} = 17,02 \cdot 10^4 \text{ Vt}$

**Toshkent viloyati, Parkent tumanidagi meteostansiyadan olingan
sutkalik meteoma'lumotlar (2013 yil)**

GHI_{pyr.} (kWh/m²*day) – Gorizontol yuzaga tushayotgan kunlik yig'indi quyosh raditsiyasi.

DN_{Ipyr.} (kWh/m²*day) – Gorizontol yuzaga tushayotgan kunlik to'g'ri oqimdan iborat quyosh raditsiyasi.

DH_{Ipyr.} (kWh/m²*day) – Gorizontol yuzaga tushayotgan kunlik diffuz oqimdan iborat quyosh raditsiyasi.

WS (m/s) – shamol tezligi.

WS_{gust.} (m/s) – Vaqt oralig'idagi maksimal shamol tezligi

WD (°N) – Shamolning yo'nalishi (Shimoldan Sharq tomonga)

WD_{St.Dev.} (°N) – O'lchov oralig'ida shamol yo'nalishi darajasining standart og'ishi

2013 Parkent	GHI_{pyr} kWh/m²* day	DN_{Ipyr} kWh/m²* day	DH_{Ipyr} KWh/m² day	W S m/ s	WS_{gu} st m/s	W D °N	WD_{St} Dev °N
1.04.2013	1,31	0,00	1,28	0,4	1,4	132	5,4
3.04.2013	6,73	8,72	1,38	1,5	3,2	151	15,0
4.04.2013	6,68	8,33	1,38	1,5	3,2	153	19,0
5.04.2013	5,31	4,30	2,61	1,3	2,9	165	21,0
6.04.2013	3,83	0,91	3,19	1,2	2,6	148	18,3
7.04.2013	3,80	2,88	1,80	2,5	4,4	96	14,4
8.04.2013	6,63	7,45	1,92	1,7	3,6	128	26,3

3							
10.04.20 13	7,08	8,54	1,66	2,0	3,7	121	23,7
11.04.20 13	7,10	8,88	1,44	1,8	3,5	115	24,4
12.04.20 13	6,75	7,24	1,92	1,7	3,4	167	21,3
13.04.20 13	4,60	2,04	3,13	2,1	1,0	115	19,6
14.04.20 13	6,20	4,92	2,65	1,9	3,5	131	18,9
15.04.20 13	1,01	0,00	1,00	1,4	3,4	171	24,4
16.04.20 13	6,12	5,33	2,59	1,6	3,5	197	13,0
17.04.20 13	2,59	0,79	2,05	2,8	5,2	188	17,7
18.04.20 13	5,17	5,18	2,03	1,3	2,9	159	21,0
23.04.20 13	4,83	1,99	3,15	3,3	58,8	158	25,1
24.04.20 13	4,47	3,04	2,44	1,8	3,7	179	23,2
25.04.20 13	5,60	2,79	3,47	2,0	3,8	161	18,2
26.04.20 13	2,66	0,69	2,33	2,0	3,8	130	15,3
27.04.20 13	7,86	10,64	1,02	1,9	3,6	163	15,5
28.04.20 13	4,33	1,98	3,19	1,6	3,8	130	33,6
29.04.20 13	6,76	5,68	2,76	1,7	3,2	162	18,4

30.04.20 13	5,77	3,62	3,34	1,6	3,0	141	14,6
1.05.201 3	7,29	7,12	2,49	2,0	3,7	122	10,6
2.05.201 3	7,20	6,69	2,64	1,9	3,5	121	18,8
3.05.201 3	4,37	3,41	2,10	2,5	4,4	92	18,0
4.05.201 3	7,96	9,90	1,44	1,8	3,5	153	22,3
5.05.201 3	7,88	9,48	1,46	2,0	3,8	132	27,7
7.05.201 3	7,94	9,64	1,47	1,5	3,3	131	25,7
8.05.201 3	8,02	9,46	1,66	2,6	4,7	133	17,6
9.05.201 3	7,59	6,54	3,06	2,2	4,0	157	21,3
10.05.20 13	7,62	7,04	2,84	1,6	3,2	145	22,6
11.05.20 13	7,42	6,94	2,48	1,6	3,2	178	17,0
12.05.20 13	3,12	0,27	2,90	2,0	3,6	124	15,0
13.05.20 13	7,53	7,09	2,34	2,3	4,0	118	18,9
14.05.20 13	8,31	11,27	0,92	1,7	3,6	146	27,3
15.05.20 13	8,37	11,35	0,93	1,8	3,7	112	28,4
16.05.20 13	7,80	8,88	1,94	1,9	3,5	97	25,3
17.05.20	7,67	7,64	2,15	3,9	5,7	353	60,0

13							
18.05.2013	7,72	6,91	2,92	1,7	3,5	124	23,4
19.05.2013	5,29	4,47	2,87	4,0	7,3	160	24,9
20.05.2013	4,51	1,93	2,97	3,3	6,2	163	23,7
21.05.2013	4,29	0,71	3,66	1,1	3,0	184	18,7
22.05.2013	8,71	11,80	0,88	1,4	3,2	146	27,2
24.05.2013	6,56	4,49	3,03	2,0	3,7	162	21,9
25.05.2013	5,22	1,60	4,13	2,5	4,4	148	15,8
26.05.2013	8,49	10,27	1,47	2,7	4,9	168	19,3
27.05.2013	8,57	9,64	1,72	2,1	4,0	131	28,8
28.05.2013	8,45	10,67	1,18	1,9	3,8	146	30,8
29.05.2013	8,57	11,29	1,00	1,8	3,6	136	23,6
31.05.2013	8,51	10,48	1,34	2,1	3,8	126	18,4
1.06.2013	6,56	5,53	2,30	2,3	4,3	133	26,7
2.06.2013	6,35	3,88	3,54	3,2	5,4	127	18,9
3.06.2013	8,46	9,50	1,74	2,2	4,1	149	18,9
4.06.2013	6,94	5,70	2,55	3,4	5,7	130	19,3

5.06.2013	6,55	4,57	2,80	2,6	5,0	123	20,4
6.06.2013	8,47	10,30	1,30	1,6	3,3	162	22,2
7.06.2013	8,94	11,63	0,98	1,7	3,3	119	21,9
8.06.2013	8,74	10,48	1,42	2,2	4,1	97	25,1
9.06.2013	8,24	8,30	2,33	2,0	3,8	126	19,4
10.06.2013	8,08	7,63	2,45	1,5	3,1	166	18,3
11.06.2013	8,36	9,11	2,00	2,0	3,8	172	21,7
12.06.2013	8,63	10,27	1,46	1,6	3,3	144	23,4
13.06.2013	6,78	5,45	2,90	1,8	3,5	151	16,9
14.06.2013	7,25	6,84	1,98	2,9	5,3	143	20,4
15.06.2013	8,75	11,40	0,92	1,9	3,6	164	19,5
16.06.2013	7,55	7,96	1,56	1,9	3,9	123	22,9
17.06.2013	8,72	11,20	1,10	2,3	4,4	176	23,6
18.06.2013	8,95	11,82	0,93	1,5	3,2	204	19,7
19.06.2013	8,94	11,85	0,93	1,8	3,7	158	26,05
20.06.2013	9,02	12,07	0,84	1,7	3,6	139	21,5
21.06.2013	8,54	10,21	1,48	1,9	3,7	142	20,5

13							
22.06.2013	8,52	9,90	1,53	2,1	4,0	126	19,9
23.06.2013	8,44	9,71	1,67	2,4	4,5	117	27,9
24.06.2013	8,58	10,16	1,51	2,9	9,1	356	25,2
25.06.2013	8,13	8,56	2,03	2,0	3,6	134	17,0
26.06.2013	6,87	4,79	3,20	1,8	3,5	155	20,8
27.06.2013	4,68	3,59	2,53	2,7	5,0	112	19,6
28.06.2013	6,73	4,69	2,88	2,7	5,1	171	18,6
29.06.2013	7,10	6,17	2,35	2,1	9,8	135	14,1
30.06.2013	7,55	0,19	2,51	2,1	4,2	122	24,1
1.07.2013	8,73	0,21	5,13	2,0	3,8	142	19,9
2.07.2013	8,63	0,19	5,09	2,7	4,8	139	17,9
3.07.2013	5,05	0,01	3,84	2,3	4,4	146	20,2
4.07.2013	5,05	1,25	4,39	1,2	3,0	152	18,6
6.07.2013	8,66	0,02	4,98	1,9	3,8	162	15,9
7.07.2013	8,58	0,02	5,09	1,8	4,1	150	28,5
8.07.2013	8,64	0,02	4,96	1,8	4,0	162	23,6

9.07.2013	8,44	1,58	4,19	1,9	3,8	162	20,5
10.07.2013	6,83	3,17	3,94	2,7	4,9	102	22,0
11.07.2013	8,48	10,40	1,28	1,9	4,0	143	24,9
12.07.2013	8,33	10,32	1,25	2,0	3,8	133	20,0
13.07.2013	6,14	0,02	2,65	2,7	5,0	111	28,7
14.07.2013	6,54	0,02	3,80	2,6	4,8	152	16,7
15.07.2013	8,22	6,91	2,57	1,8	3,7	151	21,9
16.07.2013	8,07	0,25	5,29	2,1	3,8	134	16,5
17.07.2013	8,40	5,93	3,10	1,9	4,1	167	23,8
18.07.2013	8,16	10,01	1,29	2,1	3,9	144	19,9
19.07.2013	8,24	0,01	5,55	2,2	4,4	113	33,5
20.07.2013	7,76	0,02	4,86	2,3	4,2	148	16,7
21.07.2013	7,06	0,02	3,19	1,9	4,1	163	26,9
22.07.2013	8,43	8,14	2,29	2,0	4,0	155	20,2
24.07.2013	8,15	3,11	4,57	2,0	4,0	162	24,1
25.07.2013	7,94	6,35	2,42	1,8	3,5	140	17,4
26.07.2013	8,02	9,73	1,33	1,9	3,7	138	18,3

13							
27.07.20 13	7,36	6,72	2,43	1,9	3,7	122	18,1
28.07.20 13	7,34	7,01	2,33	1,9	3,6	135	22,6
29.07.20 13	7,59	3,26	4,61	1,7	3,4	136	22,0
30.07.20 13	7,55	0,88	5,69	1,7	3,3	148	18,4
31.07.20 13	7,11	4,54	3,81	1,5	3,1	152	15,1
2.08.201 3	7,03	6,87	2,24	1,8	3,3	173	15,8
3.08.201 3	7,07	7,57	2,11	2,0	3,9	162	23,6
4.08.201 3	7,66	10,04	1,05	1,8	3,5	155	22,4
5.08.201 3	7,58	9,82	1,15	2,2	3,8	136	17,8
6.08.201 3	5,64	5,39	1,96	2,0	3,9	132	19,0
7.08.201 3	3,28	1,86	2,33	2,5	4,9	143	21,9
8.08.201 3	6,69	4,60	3,43	1,9	3,5	147	16,0
9.08.201 3	5,86	4,09	3,08	1,8	3,5	135	15,5
10.08.20 13	1,52	0,11	1,48	1,8	3,4	94	13,4
11.08.20 13	7,05	6,72	2,39	1,5	3,3	150	24,9
12.08.20 13	6,36	5,21	2,83	1,9	3,7	148	16,4

13.08.20 13	6,39	4,68	3,15	2,1	4,4	180	28,0
14.08.20 13	7,22	8,02	1,93	1,9	3,8	152	21,7
15.08.20 13	7,06	7,59	2,02	2,0	3,8	139	22,2
16.08.20 13	7,17	8,34	1,62	2,2	4,1	150	18,7
17.08.20 13	7,45	7,74	2,29	2,1	3,9	131	21,1
18.08.20 13	7,12	8,45	1,50	1,7	3,3	160	17,7
20.08.20 13	6,11	4,07	3,21	3,4	5,9	125	17,9
21.08.20 13	6,60	7,05	1,83	2,3	4,2	126 9	18,8
22.08.20 13	6,88	8,05	1,56	2,0	3,9	143	21,7
23.08.20 13	6,52	6,34	2,19	2,2	4,2	148	20,5
24.08.20 13	6,53	6,70	1,88	2,0	3,7	141	15,7
25.08.20 13	7,20	10,12	0,79	1,9	4,0	134	26,8
26.08.20 13	7,14	9,70	0,95	2,0	3,8	132	22,0
27.08.20 13	7,01	9,47	1,01	2,0	3,7	130	18,8
29.08.20 13	2,64	2,40	1,28	2,4	4,4	128	17,2
30.08.20 13	7,10	10,00	0,86	2,0	3,8	166	18,4
31.08.20	7,12	10,24	0,83	1,9	3,8	125	27,8

13							
1.09.2013	6,81	9,27	1,08	1,4	3,2	128	23,3
2.09.2013	6,54	8,37	1,29	1,6	3,4	135	20,1
3.09.2013	6,41	8,00	1,41	1,8	3,6	132	16,8
4.09.2013	6,48	8,43	1,28	2,2	4,0	135	19,1
5.09.2013	6,42	8,28	1,18	1,7	3,7	122	22,3
6.09.2013	6,43	8,49	1,20	1,8	3,7	128	20,1
7.09.2013	6,34	8,16	1,26	1,7	3,6	134	21,1
8.09.2013	6,15	7,68	1,36	1,6	3,3	148	18,4
9.09.2013	6,12	7,64	1,38	1,9	3,5	132	16,1
10.09.2013	6,08	7,68	1,36	2,1	3,9	137	20,2
11.09.2013	5,91	6,31	1,77	2,1	3,9	120	19,5
12.09.2013	5,73	1,64	3,78	1,5	3,5	134	26,9
13.09.2013	5,86	7,23	1,44	1,5	3,3	139	15,8
14.09.2013	5,72	0,17	5,69	1,6	3,3	137	14,9
15.09.2013	5,28	0,01	3,39	1,6	3,6	161	28,6
16.09.2013	6,18	8,54	0,94	2,1	3,9	122	19,1

17.09.20 13	6,04	8,83	0,85	1,7	3,5	119	19,3
18.09.20 13	5,80	5,77	1,83	1,8	3,6	117	17,0
19.09.20 13	5,89	8,03	0,99	2,0	3,6	136	14,5
20.09.20 13	5,49	0,01	5,49	1,6	3,1	121	14,8
21.09.20 13	5,58	0,02	5,57	1,4	3,1	162	13,5
22.09.20 13	4,99	3,39	3,02	1,4	2,9	108	18,6
23.09.20 13	5,43	5,06	2,34	1,3	2,9	146	15,9
24.09.20 13	5,52	7,92	0,93	1,6	3,2	110	13,5
25.09.20 13	5,48	7,56	1,00	2,0	3,8	108	17,8
26.09.20 13	4,10	2,92	2,39	1,9	3,8	116	18,1
27.09.20 13	4,78	5,44	1,58	1,6	3,6	155	27,3
29.09.20 13	4,92	5,81	1,48	1,3	2,8	154	14,5
1.10.201 3	4,85	6,19	1,31	1,8 9	3,4	144	15,6
2.10.201 3	4,94	6,94	1,13	1,4	3,1	153	20,1
3.10.201 3	5,15	7,69	1,08	1,6	3,1	126	19,0
4.10.201 3	4,88	6,92	1,11	2,3 2	4,1	120	14,1
5.10.201	4,86	7,14	1,02	1,8	3,5	114	19,5

3							
6.10.2013	5,00	8,00	0,78	1,7	3,4	139	18,7
7.10.2013	4,82	7,30	0,96	1,5	2,9	133	11,5
8.10.2013	4,50	5,85	1,34	1,2	2,6	148	12,9
9.10.2013	4,10	4,09	1,81	1,2	2,4	155	10,6
10.10.2013	1,24	0,03	1,22	0,7	2,0	136	8,9
11.10.2013	4,72	7,62	0,87	1,5	3,0	126	17,8
12.10.2013	4,68	7,81	0,77	1,3	2,6	86	13,2
13.10.2013	3,86	4,61	1,48	1,4	3,0	118	15,0
14.10.2013	4,24	6,05	1,22	1,4	2,9	140	13,0
15.10.2013	3,84	5,14	1,33	1,4	2,9	144	11,3
16.10.2013	4,01	5,58	1,12	1,8	3,7	142	17,7
17.10.2013	4,04	5,86	1,13	1,3	2,8	109	15,4
18.10.2013	4,12	6,57	0,94	1,3	2,8	133	16,7
19.10.2013	4,24	7,46	0,70	2,0	3,6	104	19,8
20.10.2013	4,41	8,55	0,47	1,9	3,5	117	15,7
21.10.2013	3,80	5,09	1,30	1,8	3,4	118	15,3

22.10.20 13	3,28	2,92	1,81	0,8	2,5	140	20,7
23.10.20 13	0,79	0,01	0,79	0,6	1,6	110	5,6
24.10.20 13	3,94	7,27	0,63	1,5	3,0	113	17,2
25.10.20 13	3,02	2,82	1,65	1,6	3,3	142	20,5
26.10.20 13	0,26	0,00	0,26	0,7	2,1	137	11,7
27.10.20 13	1,10	0,31	0,95	1,0	2,8	108	11,2
28.10.20 13	4,05	8,33	0,45	1,4	2,8	108	11,5
29.10.20 13	3,34	4,70	1,23	1,4	2,6	118	11,4
30.10.20 13	2,35	0,76	1,98	1,1	2,3	157	10,7
31.10.20 13	1,52	0,21	1,43	0,5	1,3	80	4,4
1.11.201 3	2,58	1,34	2,03	0,9	2,1	114	8,8
2.11.201 3	3,43	6,02	0,89	1,7	3,2	117	12,4
4.11.201 3	3,01	4,33	1,26	1,5	2,9	103	14,8
5.11.201 3	3,21	4,98	1,00	1,3	2,69	110	11,7
6.11.201 3	3,22	5,49	0,90	1,3	2,7	110	15,0
7.11.201 3	3,06	4,52	1,13	1,3	2,6	104	11,5
8.11.201	3,22	5,65	0,86	1,0	2,3	120	12,2

3							
9.11.2013	3,24	5,76	0,86	1,5	2,8	117	14,2
10.11.2013	1,65	0,18	1,58	0,9	2,1	103	8,6
11.11.2013	2,67	2,79	1,49	1,4	2,8	144	11,7
12.11.2013	3,04	5,22	0,99	1,1	2,7	141	20,2
13.11.2013	3,22	5,47	0,98	1,4	2,9	125	15,9
14.11.2013	3,27	5,73	0,94	1,3	2,6	108	13,6
15.11.2013	3,25	6,70	0,63	1,3	2,5	95	11,2
16.11.2013	2,54	3,01	1,35	1,0	2,2	132	9,1
17.11.2013	1,85	1,23	1,48	0,7	1,8	126	9,2
18.11.2013	0,67	0,03	0,67	1,3	2,7	123	13,3
19.11.2013	1,38	0,79	1,10	3,5	6,2	165	16,7
20.11.2013	1,27	0,41	1,16	0,5	1,9	34	2,5
21.11.2013	3,21	7,65	0,46	0,7	1,9	64	3,1
22.11.2013	3,14	7,54	0,43	0,7	2,1	99	9,8
23.11.2013	1,74	0,89	1,49	0,7	1,9	87	6,5
24.11.2013	1,2	0,01	1,13	0,4	1,5	73	5,7

25.11.20 13	2,10	2,49	1,15	0,9	2,1	129	8,6
26.11.20 13	2,29	3,50	0,97	0,9	2,2	129	9,6
27.11.20 13	2,77	6,30	0,58	1,7	3,2	109	12,9
28.11.20 13	2,61	5,21	0,75	3,0	4,9	91	15,4
29.11.20 13	0,72	0,05	0,71	2,7	5,0	114	20,1
30.11.20 13	1,37	0,50	1,18	2,5	4,4	93	15,7
31.11.20 13	1,37	0,50	1,18	2,5	4,4	93	15,7
1.12.201 3	0,09	0,00	0,09	2,9	5,5	167	16,1
2.12.201 3	2,78	5,64	0,47	0,5	1,4	109	6,7
3.12.201 3	2,82	7,39	0,35	1,3	3,0	79	10,8
4.12.201 3	0,45	0,00	0,46	2,3	4,6	149	21,1
5.12.201 3	2,52	3,73	0,91	0,8	2,1	137	6,5
9.12.201 3	2,45	5,06	0,74	2,5	4,6	99	16,8
10.12.20 13	2,56	6,51	0,44	4,1	6,2	66	14,9
11.12.20 13	0,20	0,00	0,21	1,9	3,9	155	13,6
12.12.20 13	1,48	1,71	1,02	0,8	1,9	110	7,7
13.12.20	1,61	0,23	1,57	1,5	2,7	71	9,1

13							
14.12.20 13	1,10	0,43	0,97	2,7	4,5	63	12,3
15.12.20 13	1,21	0,80	0,91	3,5	6,2	151	19,1
16.12.20 13	0,38	0,00	0,38	1,0	2,4	158	3,1
17.12.20 13	1,81	0,88	1,28	1,4	3,2	187	2,8
19.12.20 13	1,65	4,33	0,24	1,8	3,1	36	8,7
20.12.20 13	2,28	4,14	1,03	0,8 7	1,9	90	7,3
21.12.20 13	0,93	0,00	0,95	0,6	1,4	120	5,4
22.12.20 13	2,31	3,06	1,39	0,9	2,0	57	3,6

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Попель О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире//Учебное пособие. Москва. Издательский дом МЭИ.2015
2. M.M.Mamadazimov, Sh.A.Egamberdiev Quyosh fizikasi// O'quv qo'llanma.O'zMU nashriyoti.1999.-30 s.
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика// Учебное пособие для Вузов. Москва. Издательский дом МЭИ. 2008.
4. Mukurjee A.K., Nivedita Thakur Photovoltaic Systems, analysis and design//2014/Dehli.
5. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира. – Т.: “Фан ва технология”, 2009.-464 с.
6. Tursunov M.N, Mamadaliev A.T Yarimo'tkazgichli Quyosh elementlari fizikasi va texnologiyasi // O'quv qo'llanma. Tashkent. O'zMU, 2002.-96 b.
7. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М. Основы фотоэлектричества //- М.: Наука; 2007. – С.258
8. Обухов С. Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии//Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета. 2008. – С.140
9. Saitov E.B., Yuldoshev I.A. Quyosh panellarini o'rnatish, sozlash va ishlatish// O'quv qo'llanma. Toshkent. “Noshir” nashriyoti, 2017.
10. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки// - М.:Энергоатомиздат,1991.-208 с.
11. Афанасьев В. П., Теруков Е. И., Шерченков А. А Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния// СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.
12. Gremenok V.F., Tivanov M. S., Zalesski V.B Solar cells based semiconductor materials// International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology – 2009 – Vol.69. №1. – P. 59-124

13. И.А. Юлдошев Комбинированные энергоустановки на основе фотоэлектрических батарей из кристаллического кремния// диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. ФТИ, НПО “Физика-Солнце” АН РУз. 2016. с.219

14. Аллаев Кахрамон Рахимович Современная энергетика и перспективное ее развития. Ташкент «Фан ва технологиялар нашриётг матбаа уйи»- 2021. [952].

15. М.Н. Турсунов., В.Г. Дыскин., Б.М. Турдиев, И.А. Юлдошев. Влияние конвективного теплообмена на температуру солнечной фотоэлектрической батареи //Гелиотехника. 2014. №4. С. 34-37.

16. M. N. Tursunov., V.G. Dyskin., I.A Yuldashev., Kh. Sobirov., Park Jeong Hwoan //Applied Solar Energy. 2015. v.51. pp. 163-164.

17. Х.К. Зайнутдинова Использование солнечной энергии в Узбекистане: вопросы рынка и маркетинга//Ташкент:Фан, 2015.-336 с.

18. В.В. Бессель, В.Г. Кучеров, Р.Д. Мингалиева Изучение солнечных фотоэлектрических элементов// . – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2016. – 90 с.

19. Ляшков В.И, Кузьмин С.Н Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии// Учебное пособие для студентов теплоэнергетических специальностей вузов. – Тамбов. Издательство ТГТУ 2003. – С.9

20. Андреев В.М, Грилехес В.А, Румянцев В.А. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.-Наука, 1989.

21. М.М. Мухаммадиев, К.Д. Потаенко Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие – Ташкент. ТашГТУ.,2005.-213 с.

22. 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 2018г. НУУз.

23. I.A. Yuldoshev, M.N. Tursunov, S.Q. Shog'uchqarov, T.R. Jamolov Quyosh energetikasi//O'quv qo'llanma.Tashkent. Sano-standart nashriyoti.- 186 b.

24. 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.

25.Д.С. Стребкова, Э.В.Тверьянович Концентраторы солнечного излучения. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. - 316 с.

26.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

27. Твайделл. Дж., Уэйр А., «Возобновляемые источники энергии». М., Энергоатомиздат, 1990.

28. Reinahrts K.K. Photovoltaic power generator in space – In: Proc. 2 E.G. Photovolt. SolarEnergyConf., Berlin, 1979; N.Y.: IEEE, 1979, p. 456-468

29.Андреев В.М., Румянцев В.Д., «Солнечные гетерофотоэлементы и энергоустановки на их основе». Электротехника, 1986, №2, ст. 11.

30. Колтун М.М. «Солнечные элементы». М., Наука, 1987.

31. Лидоренко Н.С., Колтун М.М. «Солнечное электричество». Техника и наука, 1980 №8, стр. 12-14.

32. Колтун М.М. «Селективные оптические поверхности преобразователей солнечной энергии». М., Наука, 1979.

33. М. А. Green. Solar Cells – operating principles and technology and system applications, University of New South Wales, Kensington, (1992)

34. Gaziev U., DjanklichM., Diskin V., Muminov R., Settarova Z., Tursunov M., Effective antireflection covers for photoconvertors on the base of polycrystalline silicon, Applied Solar Energy, New-York, 2003, № 1, С.3-12

35. Yang J., Banerjee A., Lord K., Guha S. Correlation of Component Cells with High Efficiency Amorphous Silicon Alloy Triple-Junction Solar Cells and Modules. – Proc. of the 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion.

36. Guha S. , Yang J., Banerjee A. , Glatfelter T. Amorphous Silicon Alloy Solar Cells for Space Application. – Proc. of the 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion.

37. В. М. Фомкин и др., Основы энергосбережения в вопросах теплообмена, «Издательство Машиностроения-1», Москва-2005

38. Duffie, J.A., & Beckman, W.A. (1991). Solar engineering of thermal processes; second edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

39. Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, О.Ф. Тукфатуллин, «Влияние температуры на вольтамперные характеристики фотоэлектрических батарей на базе монокристаллического кремния»

40. Priyanka Singh, S.N. Singh, M. Lal, M. Husain Temperature dependence of I–V characteristics and performance parameters of silicon solar cell//Solar Energy Materials & Solar Cells 92 (2008) 1611–1616

41. Friedman D.J. Modelling of tandem cell temperature coefficients, proceedings of 25th IEEE PVSC, 89. 1996.

42. А.Г. Комилов, Р.А. Муминов, Турсунов М.Н., Оценка эффективности системы солнечного элемента и коллектора в условиях жаркого климата, Гелиотехника, 2008, № 2, с.32-35.

43. М.Н. Турсунов, Р.А. Муминов, О.Ф. Тукфатуллин, Юлдошев И.А и Абдуллаев Э.Т. Фототермоэлектрические батареи на основе кремниевых солнечных элементов. Гелиотехника, 2011, № 1, стр.72-75

44. Y. Tripanagnostopoulos , Th. Nousia, M. Souliotis and P. Yianoulis Hybrid photovoltaic/thermal solar systems//Solar Energy Vol. 72, No. 3, pp. 217–234, 2002

45. Rudiono, Shuichi Okazaki, Manabu Takeuchi. Effects of NO₂ on Photovoltaic Performance of Phtalocyanine Thin Film Solar Cells. – Thin Solid Films, 334(1998), p.187-191.

46. M.J. Elswijk, M.J.M. Jong, K.J. Strootman, J.N.C. Braakman, E.T.N. de Lange, W.F. Smit Photovoltaic/thermal collectors in large solar

thermal systems// 19th European PV Solar Energy Conference and Exhibition”, 7-11 June 2004, Paris, France

47. Касымахунова А.М. Исследование возможности прямого преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью фототермобатарей, Автореф. дис. канд. техн. наук – Ашхабад: НПО «Солнце», 1982, с.19.

48. А. В. Смирнов.«Повышение эффективности концентраторов солнечных энергетических установок с высоковольтными фотопреобразователями» Автореф. Дисс. канд. тех. наук – Всерос. НИИ электрификации сел.хоз-ва. - Москва, 2010. – С. 26

49. Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, О.Е. Аркатова. Повышение энергетической эффективности Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010.

50.Т.Т.Рискиев, М.Н.Турсунов, Э.Т.Абдуллаев, «Фотоэлектрические станции, интегрированные в действующую сеть электроснабжения», «Энерго- и ресурсосбережение», 2015 г., №1-2, с. 187-193

51. Sandnes B., Rekstad J. A photovoltaic/thermal (PV/T) collector with a polymer absorber plate: experimental study and analytic model // Solar Energy. 2002. № 72 (1). P. 63-73.

52. Захидов Р.А Возобновляемые источники энергии – новый поворот в энергетике // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Ташкент. 2001. –№ – С.108-111

53. 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

54. Avezov R.R., Akhatov J.S. and Avezova N.R “A Review on photovoltaic_Thermal (PV–T) Air and Water Collectors” Applied Solar Energy, 2011. – Vol. 47, No. 3, © Allerton Press, Inc. – P. 169–183.

55. Шардакова Л.Ю.,Ковалевская Ю.И., Верецагина Н.Г. Последствие изменения климата: эрозия почв и как с ней бороться (НИГМИ Узгидромета) «Адаптация к изменению климата: примеры из Узбекистана и Казахстана» Ташкент. 2012. – С.5-6

56. Анарбаев. А.И., Захидов Р.А., Орлова Н.И., Таджиев У.А Районирование территории Узбекистана по комплексу метеофакторов, влияющих на эффективность работы солнечных систем горячего водоснабжения // Гелиотехника.2008. – №2. – С. 62-73

57. Аvezов Р.А., Аvezова Н.Р., Матжанов Н.А и др. Гелиотехника 2012. – №1. –С. 17-24

58. Мирзиёев Ш.М. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-3012 «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 гг.» Собрание законодательство Республики Узбекистан, 2017 г.

59. O‘zbekiston Respublikasining Qonuni “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida”// №-539 son. Toshkent shahri. 21.05.2019 yil

60. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori №4422 son 22.08.2019 yil “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida” // O‘zbekiston Respublikasining Qonunchilik yig‘ilishi, 2019 y.

61. <http://alternativenergy.ru>

62. <http://www.energy-bio.ru>

63. www.viecosolar.com

64. www.unisolar.com.ua

65. www.solarvalley.org

66. www.polpred.com

67. www.solar.newtel.ru

MUNDARIJA

	Kirish.....	5
I.BOB	Yer va kosmosda Quyosh nurlanishi.....	9
1.1	Quyosh haqida umumiy ma'lumotlar.....	9
1.2	Quyoshning elektromagnit tabiati. Quyosh nurining fizik xususiyatlari.....	16
1.3	Quyosh doimiysi, atmosfera massasi, Yer sirti albedosi, vaqt tenglamasi grafigi.....	19
1.4	Kosmosda va Yerda (φ^0 , ψ^0) nuqtada ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN ta'sir etayotgan asosiy va qo'shimcha omillar	24
1.5	Quyosh nurlanishi oqim zichligi va ularni o'lchash uslublari haqida ma'lumotlar.....	32
1.6	Quyosh energiyasining kadastri va uning o'ziga xos xususiyatlari.....	41
1.7	Quyosh nurlanishining tushish burchagi va qabul qilgich maydonchanning gorizontga nisbatan qiyalik burchagini aniqlash usullari.....	48
II.BOB	Quyosh energetikasi resurslarini hisoblash usullari.....	56
2.1	To'liq informatsiya mavjudligida gorizont qabul qilgich maydoncha uchun berilgan S (km^2) hududda A (φ^0 , ψ^0) nuqtada yalpi resurslarni hisoblash usullari.....	56
2.2	O'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik hisob intervallari uchun boshlang'ich ma'lumotlarning cheklangan tarkibida gorizont qabul qilgich maydoncha uchun berilgan S(km^2) hududda, A (φ^0 ψ^0) nuqtada yalpi rusurslarni hisoblash usullari.....	59

2.3	O'rtacha sutka yoki o'rtacha oylik hisob intervali uchun janubga qiyalangan qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S(\text{km}^2)$ hududida, $A(\varphi^0, \psi^0)$ yalpi rusurlarni hisoblash usullari.....	64
2.4	Ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga quyosh nurlanishining o'rtacha soatlik tushuvini hisoblash metodikasi.....	70
III.BOB	Yarimo'tkazgichli materiallar asosidagi quyosh elementlari.....	73
3.1	Quyosh elementi tayyorlanadigan materiallar.....	73
3.2	Quyosh elementlarining tarixi.....	78
3.3	Quyosh elementlari: zamonaviy holati va rivojlanish istiqbollari.....	81
3.4	Fotoenergetikaning nazariy jihatlarini.....	92
3.5	Quyosh elementining xarakteristikalarini va parametrlarini.....	100
3.6	Quyosh elementlari va modullarni ketma-ket va parallel ulash.....	106
3.7	Quyosh elementining foydali ish koeffitsientiga harorat, yoritilganlik darajasi, ketma-ketlik va parallellik qarshiliklarining ta'siri.....	110
3.8	Yarimo'tkazgichli quyosh elementlari yordamida quyosh optik nurlanishini elektr energiyasiga o'zgartirish.....	118
3.9	Quyosh nurlanishi immitatorlari.....	125
3.10	Etalon quyosh elementlari va ularni graduirovkalash.....	126
IV.BOB	Quyosh fotoelektrik stansiyalari va tizimlari.....	130
4.1	Fotoelektrik batareyalarni tayyorlash texnologiyasi.....	130
4.2	Amorf va kristall quyosh fotoelektrik panellarni taqqoslash.....	138
4.3	Quyosh fotoelektrik panellari yaroqlilik muddati.....	114

4.4	Quyosh fotoelektrik batareyalari samaradorligiga atmosfera tarkibidagi changlanganlik konsentratsiyasining ta'siri.....	143
4.5	Quyosh fotoelektrik moduli haroratiga konvektiv issiqlik almashinuvining ta'siri.....	146
4.6	Fotoelektrik qurilmalar ish samaradorligiga metefaktorlarning ta'siri.....	150
4.7	Avtonom fotoelektrik stansiyalar.....	152
4.8	Lokal elektr tarmog'i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyalar.....	162
4.9	Quyosh fotoelektrik stansiyalari uchun tayanch konstruksiyalarni tayyorlash.....	171
4.10	Elektr ta'minot tizimlarida avtonom fotoelektrik stansiyalarning hisobi.....	176
4.11	Kosmik quyosh elektr stansiyalari va ularni loyihalashtirish.....	183

V.BOB	Yer sharoitida Quyosh energetik qurilmalaridan foydalanish usullari va ularning energetik xarakteristikalari	189
5.1	Quyosh energetik qurilmalarining sinflanishi va ularning o'ziga xos xususiyatlari.....	190
5.2	Yassi quyosh kollektorlari.....	195
5.3	Vakuum trubkali kollektorlar.....	198
5.4	Havo qizdiruvchi kollektorlari	204
5.5	Passiv va aktiv sirkulyasiyalı quyosh suv isitgichlarining ish jarayoni.....	209
5.6	Quyosh energetik qurilmalarini tayyorlash, montaj va ekspluatatsiyasi.....	214
5.7	Minora turidagi Quyosh elektr stansiyalari va ularning energetik xususiyatlari.....	230
5.8	Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari.....	235

VI.BOB	Issiqlik akkumulyatorlari.....	238
6.1	Sig'im turdagi akkumulyatorlar.....	240
6.2	Fazoviy o'tish holatiga ega bo'lgan moddalardan iborat akkumulyatorlar.....	243
6.3	Binolarni isitish uchun quyoshiy issiqlik ta'minot tizimlari.....	244
VII BOB	Quyosh energetik qurilmalari asosidagi yangi texnik ishlanmalar holati.....	252
7.1	Kombinatsiyalashgan foto-termoelektrik qurilma.....	252
7.2	Kombinatsiyalashgan fotoelektrik issiqlik qurilmalari.....	262
7.3	Quyosh suv chuchitgich qurilmalari va ularning konstruksiyalari.....	269
	Xulosa	292
	Glossariy izohli lug'ati.....	294
	Namunaviy masalalar.....	305
	Toshkent viloyati, Parkent tumanidagi meteostansiyadan olingan sutkalik meteoma'lumotlar.....	313
	Foydalanilgan adabiyotlar ruyxati.....	329
	Mundarija.....	335

“Bookmany print” nashriyoti

Nashriyot tasdiqnoma raqami № 022246. 28.02.2022-y.

Bosishga ruxsat etildi: 13.09.2022.

“Times New Roman” garniturasida. Qog'oz bichimi: 60x84 1/16

Nashriyot bosma tabog'i 21.

Adadi 100 nusxa. ofset bosma usulida bosildi.

Toshkent shahri, Uchtepa tumani, 22-mavze, 17-b uy.

«ZUXRA BARAKA BIZNES» MChJ bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent shahri Bunyodkor shoh ko'chasi 27 A-uy.



1981 yil 20 aprelda Qashqadaryo viloyatining Kasbi tumanida to'g'ilgan. 1999 yili Kasbi tumanidagi 24-sonli umum ta'lim maktabini imtiyozli attestat bilan tamomlagan. 2005 yil Qarshi davlat universiteti fizika-matematika fakulteti bakalavriatura bosqichini va 2009 yil Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universitetining fizika fakultetini magistratura bosqichini tugatgan. Magistratura bosqichi davomida Toshkent shahri Shayxontohur tumanidagi 137-sonli maktabda, so'ngra Shayxontohur tumandagi 20-sonli maktabda pedagogik faoliyat olib borgan. Pedagogik faoliyati davomida 2010 yilda o'tkazilgan "Yilning eng yaxshi fizika o'qituvchisi" ko'rik tanlovida Respublika bosqichida faxrli II-o'rinni egallagan.

2010-2012 yillar davomida "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi Fizika texnika institutida stajyor-tadqiqotchi izlanuvchi, 2013-2016 yillar Fizika texnika instituti "Yarimo'tkazgichli quyosh elementlari" laboratoriyasida kichik ilmiy xodim lavozimida ishladi.

Ilmiy ishlari Markaziy Osiyo, xususan O'zbekiston Respublikasining keskin issiq iqlim sharoitlarida quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirishda fotoelektrik batareyalarning samaradorligini oshirish, to'g'ri va akslantirilgan quyosh nurlanishi sharoitlarida fotoelektrik batareya asosidagi birlashtirilgan energetik qurilmalarni ishlab chiqish kabi tadqiqot sohaslarini qamrab oladi.

Ilmiy tadqiqotlari yuzasidan jami 100 dan ortiq ilmiy ishi chop etilgan, ulardan 70 tadan ortig'i ilmiy maqola, shundan 50 tasi nufuzli xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan. 5 ta foydali model va sanoat namunasi O'zbekiston Respublikasi patentiga, 10 ga yaqin EHM dasturiga muallif sanaladi. U tomonidan 5 ta darslik, 6 ta o'quv qo'llanma, 8 ta o'quv uslubiy ko'rsatmalar chop etilgan. Hozirda uning jahon ilm-fan reytingidagi Xirsh indeksi 6 ga teng.

Laboratoriyaning yetakchi xodimlari va Yuldoshev I.A «Kremniyli fotoaylantirgichlar asosidagi quyosh nurlanishini bevosita elektr energiyaga aylantiruvchi hozirgi zamon tizimlari ishlanmasini yaratish va ularni ishlab chiqish» borasidagi amaliy ishlanmalar uchun Fan va texnika sohasidagi Davlat mukofoti bilan taqdirlangan (O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2013 yil 22 avgustdagi PF-4556-son Farmoni).

2016 yil 6 dekabrda doktorlik dissertatsiyasi mavzusi: «Kristalli kremniy fotoelektrik batareyalari asosida birlashtirilgan energetik qurilmalar» (05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari) yo'nalishidagi mutaxassislik bo'yicha doktorlik dissertatsiya ishini yoqlagan, hozirda texnika fanlari doktori. Hozirgi vaqtda Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida "Alternativ energiya manbalari" kafedrasini mudiri, professor lavozimida ishlab keladi.

ISBN:978-9943-8542-2-2



9 789943 854222 >