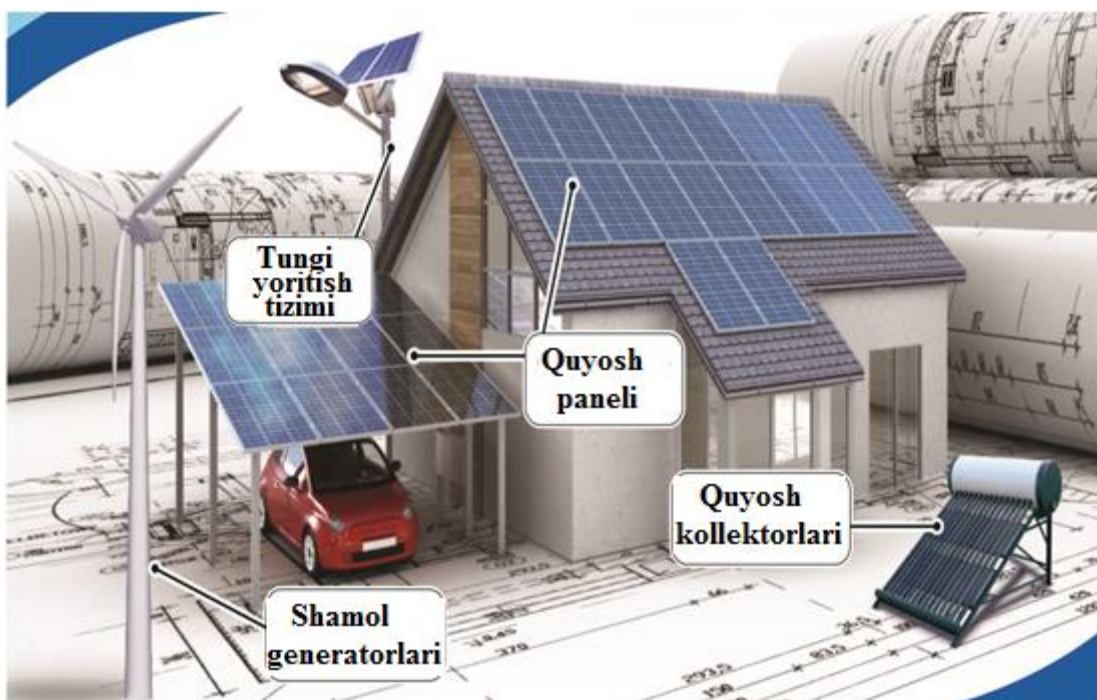


O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

I.A. YULDOSHEV, M.N. TURSUNOV,  
S.Q. SHOG‘O‘CHQOROV, T.R. JAMOLOV

## QUYOSH ENERGETIKASI

### O‘QUV QO‘LLANMA



Toshkent-2019

UDK: 621.472.

Yuldoshev I.A., Tursunov M.N., Shog‘o‘chqorov S.Q., Jamolov T.R. “Quyosh energetikasi”. O‘quv qo‘llanma – Toshkent 2019 - 183 b.

O‘quv qo‘llanma “Quyosh energetikasi” fani bo‘yicha “5312400 - Muqobil energiya manbalari (turlari bo‘yicha)” va 5A312401 - Muqobil energiya manbalari (turlari bo‘yicha) ixtisosliklari bo‘yicha talabalarga mo‘ljallangan. O‘quv qo‘llanmadan turdosh ta’lim Energetika yo‘nalishidagi talabalar, yosh mutaxassislar, tadqiqotchilar foydalanishi mumkin.

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

***Taqrizchilar:***

A.T. Mamadalimov - O‘zMU “Yarimo‘tkazgichlar va polimerlar fizikasi”  
kafedrasi, f.-m.f.d.; professor, O‘zR FA akademigi

Q.R. Allaev - ToshDTU “Elektr stansiyalari, tarmoqlari va  
tizimlari” kafedrasi, t.f.d.; professor, O‘zR FA  
akademigi

## **ANNOTASIYA**

Bu o'quv qo'llanmada "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 o'lchash usullari keltirilgan. Yarimo'tkazgichli materiallar asosidagi quyosh elementlarining asosiy xarakteristikalari, parametrlari, shuningdek ularning foydali ish ko'effitsientiga ta'sir etuvchi tashqi omillar tahlil qilingan. Quyosh energetik qurilmalaridan maqsadli foydalanish usullari va energetik, issiqlik-texnikaviy xarakteristikalari batafsil yoritilgan.

## **АННОТАЦИЯ**

В учебном пособии приведены методики измерения потенциальных ресурсов энергии и плотности потока солнечного излучения падающих на приемную площадку горизонтальной и наклонной к горизонту, в условиях Земли и космоса, физические особенности солнечного излучения, основные понятия и определения. Проанализированы основные характеристики, параметры СЭ на основе полупроводниковых солнечных элементов, а также влияние внешних факторов на их КПД. Подробно освещены энергетические, теплотехнические характеристики и рациональные методы использования солнечных энергетических установок.

## **ANNOTATION**

The tutorial presents measurements of potential energy resources and the density of the solar radiation flux incident on the receiving site horizontal and sloping towards the horizon in Earth and space conditions, physical features of solar radiation, basic concepts and definitions. The main characteristics, parameters of solar cells based on semiconductor solar cells, as well as the influence of external factors on their efficiency are analyzed. The energy, heat engineering characteristics and rational methods of using solar power plants are covered in detail.

## SHARTLI BELGILAR

### Quyosh energetikasi

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

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

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

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

$R_\Sigma, R_{np.}, R_d, R_{otr.}$  – yig‘indi, to‘g‘ri yo‘nalgan, diffuz (sochilgan) va Yer yuzasidan akslangan QN quvvati;

$E_\Sigma, E_{pr.}, E_d, E_{otr.}$  – yig‘indi, to‘g‘ri yo‘nalgan, diffuz (sochilgan) va Yer yuzasidan akslangan QN energiyasi;

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

$T_{ss}, (\Delta t)$  – berilgan  $\Delta t$  vaqt ichida Yerdagi Quyosh porlashining davomiyligi (soat yoki  $\Delta t$  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;

$\varphi_A^0, \psi_A^0$  – Yer yuzasida berilgan A nuqtaning kengligi va uzunligi;

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

$\delta^0, (grad.)$  – Quyoshning og‘ish burchagi;

$\omega^0, (grad.)$  – Quyoshning soat burchagi;

$\theta^0, (grad.)$  – Quyosh yoki QN tushish burchagi;

$\theta_z^0, (grad.)$  – Quyosh yoki QN zenit burchagi;

$\alpha^0, (grad.)$  – gorizontga nisbatan balandlik burchagi;

$a^0, (grad.)$  – Quyoshning azimuti;

$\gamma^0, (grad.)$  –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;

**FEB** –Fotoelektrik batareya;

**FEP** –Fotoelektrik panel;

**FES** – Fotoelektrik stansiya;

## KIRISH

“Men o‘z pullarimni quyosh energiyasidan foydalanish uchun investitsiya tarzida kiritgan bo‘lardim. Bu ulkan energiya manbai. O‘ylaymanki, neft, gaz, ko‘mir zahirolari tugashini anglab etgunga qadar kutib turish shart emas”

### **Tomas Edisonning Genri Ford bilan 1931 yildagi suhbatida**

Ma‘lumki, cho‘g‘lanma lampalarning ixtirochisi, fizik olim Tomas Edison albatta haqdir. Hozirgi vaqtda dunyoda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning 75% dan ortig‘i mineral va organik yoqilg‘ilarni yoqish hisobiga amalga oshirilmoqda. Ammo, bugungi kunda jahon energetikasida qazib olinadigan energetika resurslarining cheklanganligi sabab a‘naviy xom-ashyo bazasining tugashi bilan bog‘liq muammolar bilan to‘qnash kelmoqda. Energetika rivojining yuqori templarini faqat an‘naviy qazib olinadigan manbalar hisobiga qoplash qiyinlashib bormoqda.

Qazib olinadigan energiya manbalarini qayta ishlash, yoqish hisobiga atrof muhitni ifloslash (ya‘ni ko‘mir va yadro yoqilg‘isi hisobiga) Yer sayyorasida ekologik holatni izdan chiqishiga sabab bo‘ladi.

Shunga o‘xshash holatlar sabab butun dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga katta qiziqish uyg‘onmoqda. Shu energiya turlaridan biri, ya‘ni sof ekologik tozaligi va qulayligi bilan ma‘lum bu quyosh energiyasidir.

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 kVt bo'lgan quyosh fotoelektrik stansiyasi qurildi va ishga tushirildi, ushbu stansiya yagona elektr energetikasi tarmog'iga ulangan va yiliga 234,3 ming kVt·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 MVt, Quyosh energetikasi quvvatini 300 MVt, shamol energetikasining quvvatini 102,0 MVt, umumiy holatda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish quvvatini 1003,9 MVt 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 potensialli 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 m<sup>3</sup>) dan faqatgina issiq suv ta'minoti uchun 3000 million m<sup>3</sup> tabiiy gaz sarf etiladi.

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.

Evropa fotoelektrik sanoati assotsiatsiyasi ma'lumotiga qaraganda, butun dunyoda qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish sur'ati muttasil o'sib bormoqda. Aytaylik, 2012 yilda jahon bo'yicha umumiy quvvati 100 GWga teng bo'lgan fotoelektrik panellar o'rnatilgan bo'lsa, joriy yilning o'tgan o'n oyi ichida 30 GW li shunday qurilmalardan ham foydalanish yo'lga qo'yildi. Pirovardida birgina Germaniyada fotoelektrik stansiyadan olingan elektr energiyasining narxini 0,07 AQSH dollarigacha kamaytirishga erishildi.

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

Quyosh energetikasi kursi – elektr, issiqlik va energiya boshqa turlarini olish uchun kosmosda va Yerdagi 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.



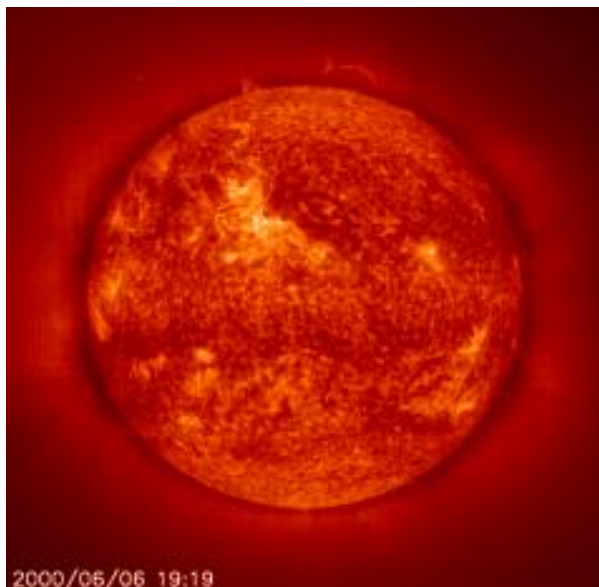
O‘quv qo‘llanmada taqdim etilgan materiallar ToshDTU ning va turdosh OTM ning “5312400 - Muqobil energiya manbalari” ta‘lim yo‘nalishi ixtisosliklari bo‘yicha bakalavr ta‘lim yo‘nalishi, “5A312401 - Muqobil energiya manbalari” magistratura mutaxasislari, talabalari uchun mo‘ljallangan.

Shuningdek, ushbu o‘quv qo‘llanma Energetika sohasidagi ko‘pgina yo‘nalishlarda tahsil oluvchi talabalar uchun foydali qo‘llanma bo‘lib xizmat qiladi.

## I-BOB. YER VA KOSMOSDA QUYOSH NURLANISHI

### 1.1. Quyosh nurlanishining elektromagnit tabiati. Quyosh nurining fizik xususiyatlari.

Quyosh nurlanishining manbasi – Quyosh hisoblanib (1-rasm) massasi  $2 \cdot 10^{30}$  kg atrofida, radiusi 695300 km, Quyoshning fotosferasida harorat  $6000^{\circ}\text{C}$  atrofida, yadrosida esa  $40 \text{ mln}^{\circ}\text{C}$  tashkil etadi. Bir yil davomida Quyosh kosmik fazoga  $1,3 \cdot 10^{24}$  kaloriya energiyani nurlantiradi. Yer Quyosh atrofida elliptik orbita bo‘ylab harakatlanadi. Bunda uning aylanish tekisligiga  $66^{\circ}33'$  yoki  $66^{\circ}55'$  qiya holatda joylashadi. 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 Yer qachon ellips sohasida quyoshga nisbatan yaqin joylashgan bo‘lsa, unda u juda tez ( $30,3 \text{ km/s}$  atrofida), qarama-qarshi holatda sekinroq ( $29,3 \text{ km/s}$  atrofida) tezlik bilan harakatlanadi. Shu tufayli xaqiqiy quyoshli sutkalarning davomiyligi Yerda doimo o‘zgarib turadi. Quyoshning massasi Yer massasidan 333000 marta ortiq, hajmi esa  $1,3 \cdot 10^6$  marta katta.



1-rasm. Quyoshning umumiy ko‘rinishi

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

Quyoshni ulkan termoyadro reaktoriga ham 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 sekunda o‘rtacha  $4 \cdot 10^9 \text{ kg}$  materiya ajralib chiqib tasavvur qilib bo‘lmas energiyaga aylanadi va u elektromagnit to‘lqinlar ko‘rinishida kosmosda nurlanadi. Bu termoyadro reaksiyasida proton-proton (kichik haroratlarda) va uglerod-azot (ancha yuqori haroratlarda) sikllari sodir bo‘lib to‘rtta protondan geliy yadrosi hosil bo‘ladi.



bu yerda,  $e^+$  –pozitron,  $\nu_e$  –elektron-neytronlar oqimi. Har sekunda  $6 \cdot 10^{11} \text{ kg}$  ( ${}^1\text{H}$ ) vodorod ( ${}^4\text{He}$ ) geliyga aylanadi. Massa defekti  $4 \cdot 1,008 \text{ g } {}^1_1\text{H} = 4,003 \text{ g } {}^4_2\text{He} + 0,029 \text{ g}$  bo‘lib u materiya massasini  $4 \cdot 10^9 \text{ kg}$  ni tashkil etadi va Eynshteyn munosabatiga ko‘ra  $\sim 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J}$  energiya ajralib chiqishini ta’minlaydi.

$$\Delta E = (4m_1 {}^1_1\text{H} - 4m_2 {}^4_2\text{He})c^2 \quad (2)$$

bu yerda,  $c$ –yorug‘lik tezligi.

Shunday qilib Yerda Quyosh nurlanishining fizik mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin, ya’ni shaffof muhitda elektromagnit to‘lqin tarzida energiyaning ko‘chish jarayoni sodir bo‘ladi. 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 m<sup>2</sup> yuzadan 1s davomida  $4 \cdot 10^4$  ta foton o'tadi, uning energiyasi quyidagicha ifodalash mumkin:

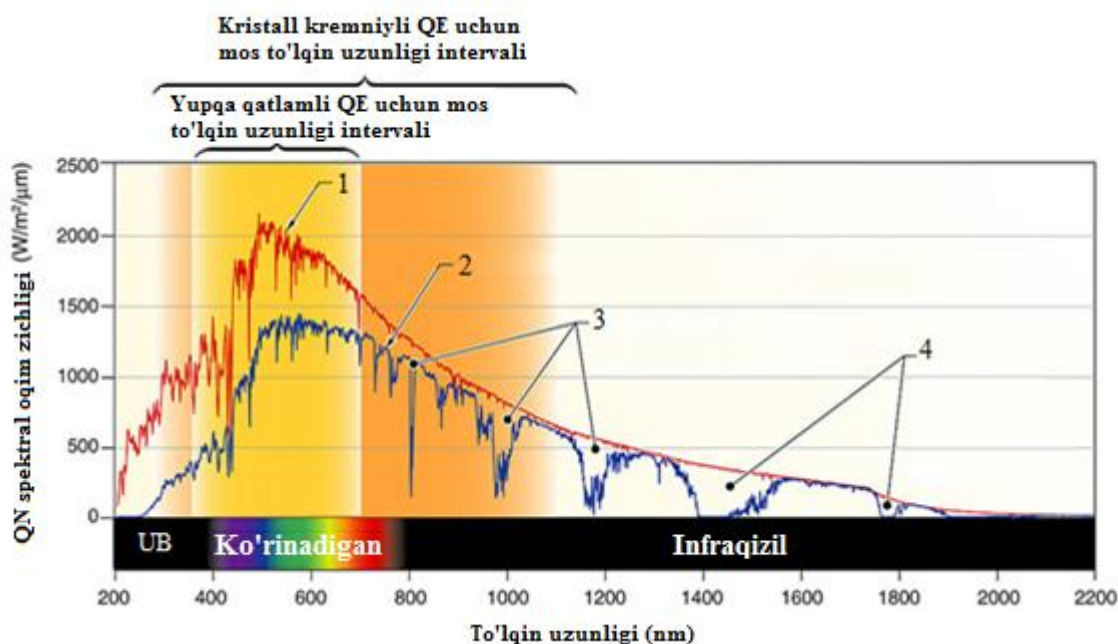
$$E_f = h \cdot \nu \quad (3)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (4)$$

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} \quad (5)$$

bu yerda  $h=6,626176 \cdot 10^{-34}$  J·s,  $\nu$ –elektromagnit to'liqlar chastotasi,  $\lambda$  – to'liqlar uzunligi.

Quyosh nurlanish energiyasining 99% qismi 0,1÷3 mkm oralig'idagi to'liqlar uzunligiga to'g'ri keladi. Quyosh spektri uchta sohadan tashkil topib ular ultrabinafsha ( $\lambda < 0,38$  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.



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 CO<sub>2</sub> gazi tomonidan yutiladi.

1 - jadvalda bu uchta spektrning to'liq uzunliklari sohasi, energiyasi qiymatlari va ulushlari foizlarda ko'rsatilgan.

1 - rasmda Quyosh nurlanishiga perpendikulyar bo'lgan 1 m<sup>2</sup> 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-jadval

Quyosh nurlanishi energiyasi		Ko'rinadigan	
To'liq uzunliklar	2 – 0,38 )	38 – 0,78 )	8 – 3,0
<sup>2</sup> )	88	656	623
	6	48	46

Quyosh nurlanishining umumiy quvvati (Q) to'liq 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:

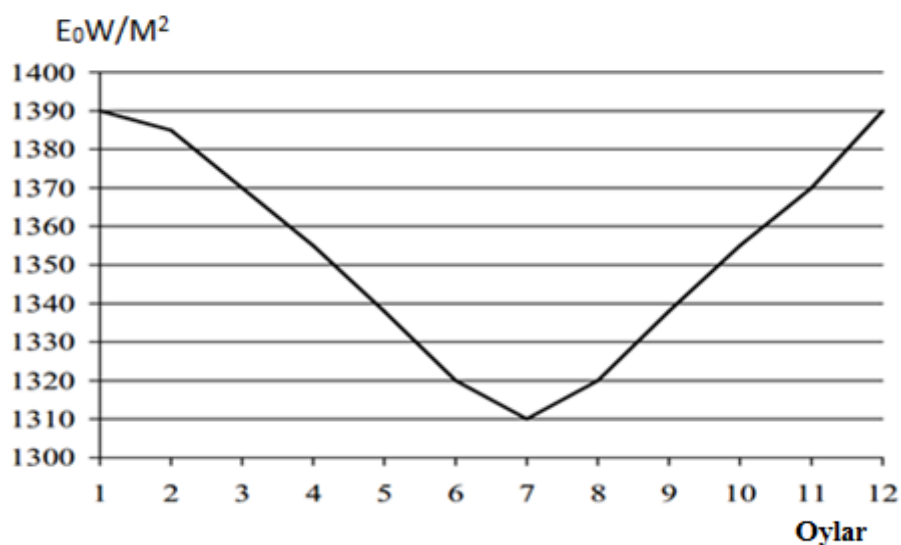
$$E = \frac{Q}{4\pi L^2} \quad (6)$$

bu yerda,  $L$  –Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofa.

## 1.2. Quyosh doimiysi. Atmosfera massasi. Yer sirti albedosi, vaqt tenglamasi.

Quyosh markazidan bir astronomik birlik masofada (Yer atmosferasidan tashqarida) nurlanish oqimiga perpendikulyar joylashgan  $1 \text{ m}^2$  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 bo'yicha Quyosh nurlanishi oqimining o'zgarishi hisobiga;  $\pm 4\%$  ga yil davomida Yer o'rtasidagi masofaning o'zgarishi hisobiga amalga oshadi. Quyosh doimiysining yil o'zgarishining orientatsiyalangan grafigi 3-rasmda keltirilgan.

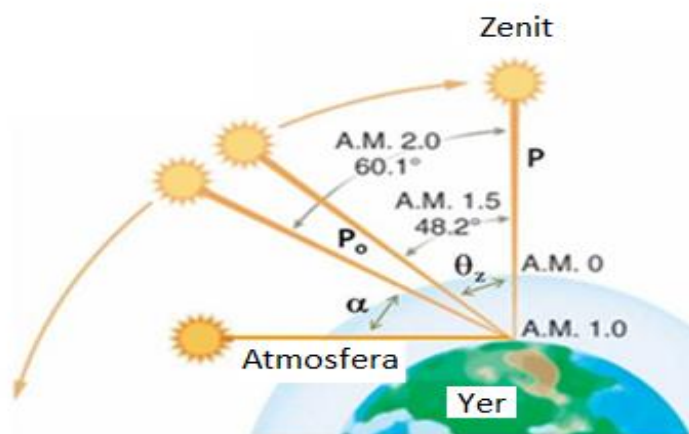


3-rasm.  $E_0$  ning yil davomida o'zgarishi

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'liq uzunligiga bog'liq bo'lmagan holda amalga oshadi. QN katta qismi Yer atmosferasi va bulutlar tomonidan akslanadi. Atmosfera tomonidan QN yutilishi esa  $\sim 19\%$  atrofida bo'lib (infraqizil nurlanish) issiqlikga aylanib kosmosga qayta nurlanadi. QN Yer sirtiga o'tishi  $\sim 47\%$  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.



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

$$AM = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (6)$$

Bu yerda  $p$ -atmosfera bosimi,  $p_0$ - normal atmosfera bosimi (101,3kPa),  $\alpha$  – gorizontga nisbatan Quyoshning balandlik burchagi (4-rasm).

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

$$E = \int_0^\infty E_{0\lambda} e^{-\tau_\lambda m} d\lambda = \int_0^\infty E_{0\lambda} e^{\frac{-\tau_\lambda h}{\sin \alpha}} d\lambda = \int_0^\infty E_{0\lambda} P^{\frac{1}{\sin \alpha}} d\lambda \quad (7)$$

bu yerda,  $\tau_\lambda$  – to‘lqin uzunligiga bog‘liq holda atmosferada yutilish koeffitsienti,  $m$  – atmosferada QN o‘tish masofasi,  $h$  - atmosferaning balanligi,  $R = E_{h\lambda}/E_{0\lambda} = e^{-\tau_\lambda h}$  - 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  $\alpha - 41,81^0$  (normal atmosfera bosimi) kattaliklariga ega shart qabul qilingan. U uchun QN oqim zichligi  $835 \text{ W/m}^2$  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 yechimlar qabul qilindi, unga ko'ra AM 1,5 va QN integral zichligi  $1000 \text{ Vt/m}^2$  deb olindi. AM 0 spektri kosmosga tegishli bo'lib sun'iy yulduzlarda, 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  $\sim 925 \text{ W/m}^2$  bo'lib  $\alpha \sim 90^0$  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 kelaётgan 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'zgarmasa, 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) 2 - jadvalda keltirilgan.

2-jadval

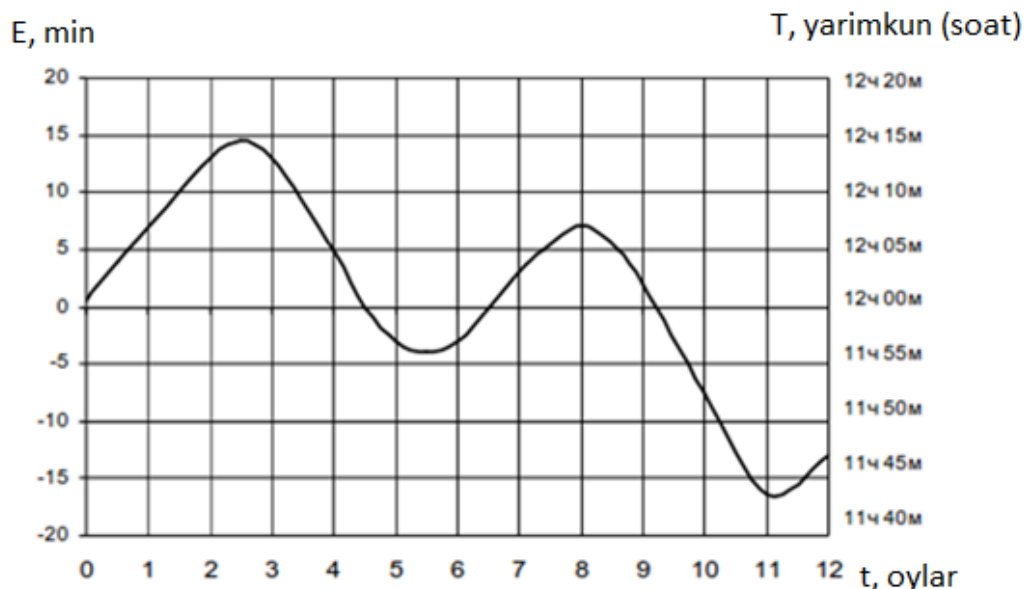


Sayyoralar	Sayyora–Yer orasidagi oʻrtacha masofa	Yer sutkalarida yil davomiyligi	Quyosh nurlanishi oqimining zichligi Q.d. mW/sm <sup>2</sup>
Merkuriy	57,91 10 <sup>6</sup> km	88	6,67 903
Venera	108,21 10 <sup>6</sup> km	225	1,91 258,6
Yer	149,6 10 <sup>6</sup> km	365	1,00 135,3
Mars	227,94 10 <sup>6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

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

Insolyasiya deb, maʼlum geografik hududda Yer sirtiga tushayotgan quyosh nurlanishining miqdoriga aytiladi. Insolyasiya, Yer-Quyosh tizimida masofaning mavsumiy tebranishlariga, geografik kenglikka, hududning muhitiga va atmosfera massasiga bogʻlikdir. Insolyasiyani odatda quyosh nurlanishining kunlik, oylik, yillik oʻrtacha miqdori bilan koʻrsatiladi.

Hozirda Yerda oʻrtacha Quyosh sutkasi deb nomlanadigan tushuncha boʻlib uning davomiyligi har doim bir xil va 24 soatga teng. Oʻrtacha Quyosh deb nomlangan oʻlchov vaqti oʻrtacha Quyosh vaqti, haqiqiy Quyosh boʻyicha – haqiqiy Quyosh vaqti deb ataladi. Ular oʻrtasidagi farq vaqt tenglamasi deyiladi. Oxirgisining qiymati har kuni astronomik kalendarlarda beriladi. Vaqt tenglamasining oʻzgarish grafigi 5-rasmda keltirilgan. Unda keltirilgan egri chiziq haqiqiy yarim kunlikda oʻrtacha vaqtni koʻrsatadi (Gorizontga nisbatan Quyosh markazining balandlik maksimumi).



5 - rasm. Vaqt tenglamasi grafigi. Egri chiziq haqiqiy yarim kunlikda oʻrtacha vaqtni koʻrsatadi.

Oʻrtacha va haqiqiy vaqt har yili bir biri bilan 15.04, 14.06, 1.06, 24.12 larda teng boʻladi. Vaqt tenglamasining maksimumi 11.02 (+14<sup>I</sup> 22<sup>II</sup>) da, minimumi esa 2.11 (-16<sup>I</sup>24<sup>II</sup>) sodir boʻladi. Quyoshga nisbatan Yerning burchakli oʻlchami – 32<sup>I</sup>.

### 1.3.Kosmosda va Yerda $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN ga taʼsir etuvchi asosiy va qoʻshimcha omillar

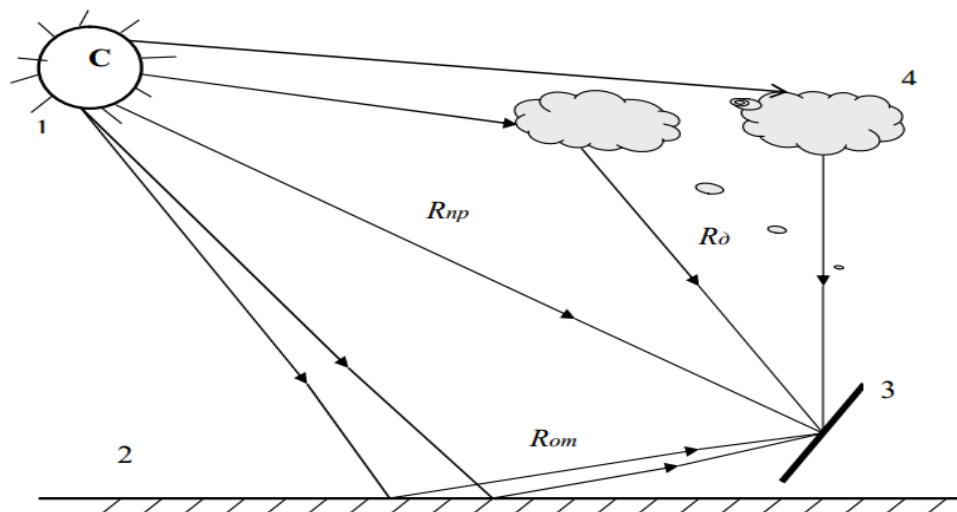
Kosmosda quyosh energiyasi toʻgʻri yoʻnalgan quyosh nurlanishi oqimi deb atalgan toʻgʻri chiziq koʻrinishidagi yorugʻlik dastasidan iborat.

Yer yuzasida ixtiyoriy orientatsiyalashgan qabul qilgich maydonga QN uch xil quyosh energiyasi oqimidan iborat koʻrinishda tushadi. Yer yuzasida vaqtning (t) har momentida qabul qilgich maydongacha QN yigʻindi oqimi  $R_{\Sigma}(t)$  quyidagicha:

$$R_{\Sigma}(t) = R_{pr}(t) + R_g(t) + R_{ot}(t) \quad (8)$$

bu yerda, toʻgʻri yoʻnalgan quyosh energiyasi oqimi –  $R_{pr}(t)$ ; atmosfera tarkibidagi bulut, aerosol, chang zarralari tomonidan diffuz yoki sochilgan -  $R_g(t)$ ;Yer sirtidan QN bir qismining akslangan holatda qaytishi –  $R_{ot}(t)$ .

Agar qabul qilgich maydonga kosmosda joylashgan bo'lsa,  $R_{\Sigma}(t)$  faqat  $R_{pr}(t)$  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.



6-rasm. Yer yuzasida QN asosiy tashkil etuvchilari:

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

Bu fikrlarni isbotini 7 - rasmda keltirilgan chizma, ya'ni Yerdagi A (koordinatalari  $\varphi^0_A$  – shimoliy kenglik, grad.,  $\psi^0_A$  – sharqiy uzunlik, grad.) nuqtada janubga nisbatan qiyalangan ixtiyoriy orientatsiyalangan yassi qabul qilgich maydonchada ko'rish mumkin.

7 - rasmning shartli belgilanishlari:  $S$  –  $\beta^0$  burchak ostida janubga qiyalangan ixtiyoriy orientatsiyalangan  $F$  yassi qabul qilgich maydoncha joylashgan. Yerdagi A ( $\varphi^0$ ,  $\psi^0$ ) nuqtadagi gorizontal 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.



8 - rasmda shunday shart qabul qilinganki, Quyoshning balandligi ikkala a va b holatlar uchun bir xil, ya'ni  $\alpha_1^0 = \alpha_2^0$ . Ammo qabul qilgich maydonchaga tushayotgan quyosh energiyasining miqdori  $R(t)$  (9-formula) har xildir.

$$R(t) = R_{pr.}(t) \cos \theta^0(t) \quad (9)$$

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  $A(\varphi^0, \psi^0)$  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.

$$\begin{aligned} \cos \theta^0(t) = & \sin \beta^0 \cdot [\cos \delta^0(t) \cdot \{\sin \varphi_A^0 \cdot \cos \gamma^0 \cdot \cos \omega^0(t) + \sin \gamma^0 \cdot \sin \omega^0(t)\} - \\ & - \sin \delta^0(t) \cdot \cos \varphi_A^0 \cdot \cos \gamma^0] + \cos \beta^0 \cdot [\cos \delta^0(t) \cdot \cos \varphi_A^0 \cdot \cos \omega^0(t) + \sin \delta^0(t) \cdot \\ & \sin \varphi_A^0], \end{aligned} \quad (10)$$

(10) tenglamani bir qancha trigonometrik o'zgartirishlardan so'ng qo'yidagicha tasvirlash mumkin:

$$\cos \theta^0(t) = (A - B) \cdot \sin \delta^0(t) + [C \cdot \sin \omega^0(t) + (D - E) \cdot \cos \omega^0(t)] \cdot \cos \delta(t), \quad (11)$$

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

Quyoshga nisbatan qabul qilgich maydonchani joylashishining ba'zi harakatli holatlari uchun (10), (11) formulalarni sodda ko'rinishga keltirish mumkin:

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

$$\cos \theta^0(t) = \cos \vartheta_z^0(t) = \cos \omega^0(t) \cdot \cos \varphi_A^0 \cdot \cos \delta^0(t) + \sin \varphi_A^0 \cdot \sin \delta^0(t). \quad (12)$$

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

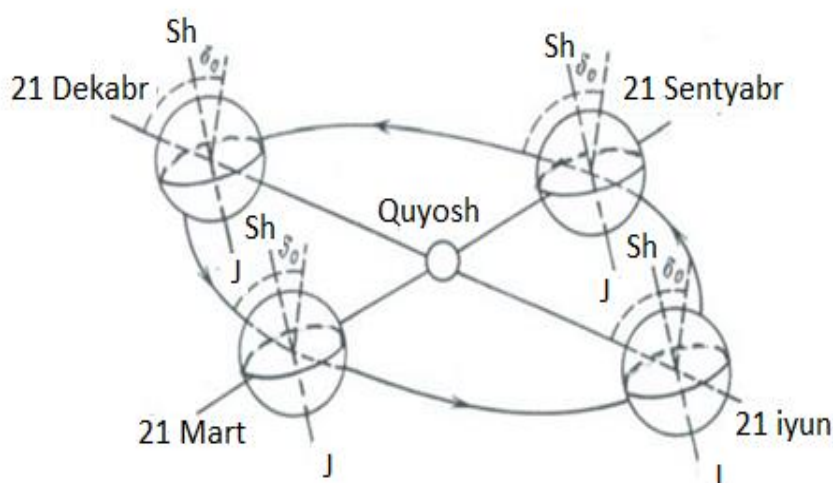
$$\cos\theta^0(t) = \cos\delta^0(t) \cdot \{\sin\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \cdot \cos\omega^0(t) + \sin\gamma^0 \cdot \sin\omega^0(t)\} - \sin\delta^0(t) \cdot \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \quad (13)$$

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

$$\cos\theta^0(t) = \sin(\varphi_A^0 - \beta^0) \cdot \sin\delta^0(t) + \cos(\varphi_A^0 - \beta^0) \cdot \cos\delta^0(t) \cdot \cos\omega^0(t) \quad (14)$$

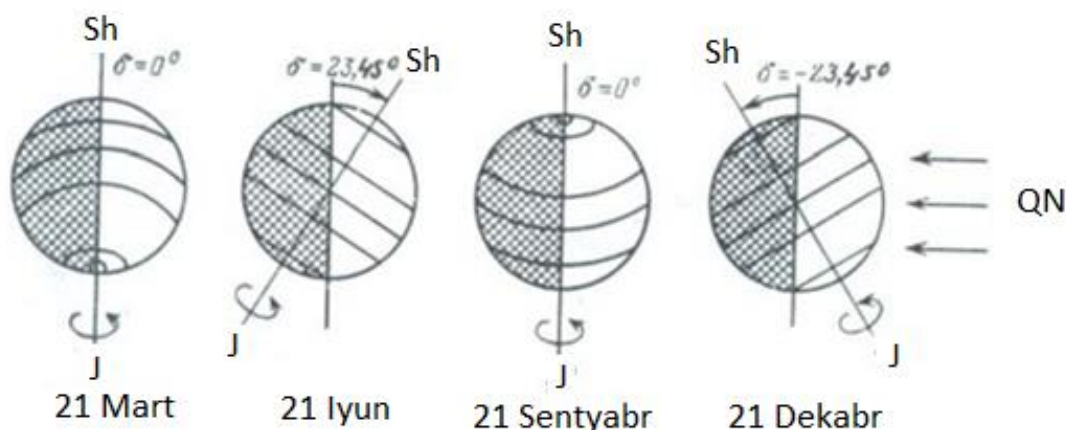
Yuqorida ko'rsatilgan hamma formulalar uchun  $\theta^0(t)$  hisobi uchun ikkita o'ziga xos bo'lgan parametr qatnashmoqda:  $\delta^0(t)$  va  $\omega^0(t)$ -mos ravishda Quyoshning og'ish va soat burchagi hisoblanadi.

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



9 - rasm. Quyosh atrofida Yerning aylanish sxemasi. Yer yuzasidagi o'rta chiziq – ekvator

9-10 - rasmlarda mosravishda yil davomida Quyosh atrofida Yerning aylanish sxemasi va yilning har xil sutkalarida Yer yuzasining Quyosh nurlanishi bilan yoritilish sxemasi tasvirlangan.



10 - rasm. Yilning har xil vaqtlarida

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

Ma’lumki, Yer shari  $a=0,033$  ga teng ekssentrisitetga 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 (10-rasm). Shimoliy yarimsharda  $\delta^{\circ}$  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.  $\delta^{\circ}(t)$  ning maksimal qiymati  $\delta^{\circ}$  orqali belgilanib  $23^{\circ}45'$  ga teng.

Quyoshning og‘ishi berilgan kun uchun Kuper formulasidan aniqlanadi:

$$\delta = 23,45 \sin \left( 360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (15)$$

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  $\delta$  uchun I-XII oy davomida qiymatlari keltirilgan.

3-jadval

<b>n</b>	17	47	75	105	135	198	228	258	288	318	344
<b><math>\delta</math>, grad.</b>	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

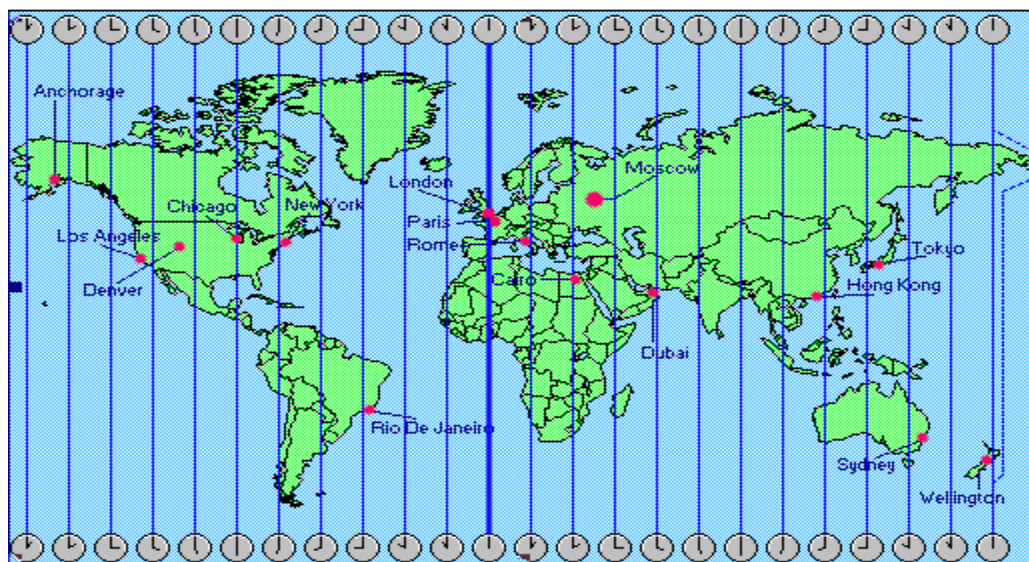
(11) formulada  $\theta^0(t)$  hisoblash uchun shuningdek  $\omega^0$  – Quyoshning soat burchagi, ya’ni qarayotgan nuqtada A ( $\varphi^0$ ,  $\psi^0$ ) quyoshli yarim kunlik vaqtdan boshlab Yerning burilishi hisobiga hosil bo‘lgan burchak tushuniladi.

$$\omega^0(t) = \frac{15^0}{\text{soat}} \cdot (t - t_{\text{ya.kun}}) + E(t) + (\psi_A^0 - \psi_{\text{hudud}}^0) \quad (16)$$

bu yerda,  $t$ , soat – qarayotgan vaqt momenti (sutkalarda);  $t_{\text{ya.kun,soat}}$  - A ( $\varphi^0$ ,  $\psi^0$ ) nuqta mos tushadigan shu soat hududida quyoshli yarim kunlik mahalliy vaqti;  $E(t)$ , minut – vaqt tenglamasi grafigidan tuzatish;  $\psi_A^0$  - A nuqtada geografik uzunlik;  $\psi_{\text{hudud}}^0$  – 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 (Grinvich) 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  $\psi_{\text{hudud}}^0$  koordinataga ega ba’zi o‘rta meridian mavjud.





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. E sharida soatli mintaqalarning umumiy ko'rinishi 11-rasmda sxematik ko'rsatilgan. Har bir soatli mintaqada quyoshli yarim kunlik haqiqiy vaqti  $\psi_{\text{hudud}}^0$  uzunlikga ega A nuqta uchun kunning 12 soati bilan mos tushadi.

#### 1.4. Quyosh nurlanishi oqim zichligi va ularni o'lchash ushlari

Quyosh energiyasidan foydalanishni amaliy tadbiriq 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'lchashdir.

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 boshka qurilmalarini loyihalash va ko'rish uchun TIA (texnik-iqtisodiy asoslanma) ishlab chiqarishga imkon yaratadi.

Yerning radiatsion balans, 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 asboblari bajaradi, yana ularni radiometrlar deb atashadi: piranometrlar - gorizontali yuzaga to'g'ri

keladigan yig'indi radiatsiyani, hamda osmondan kelayotgan yoyilma (diffuz) radiatsiyani o'lchaydi; aktinometrlar va pirgeliometrlar - quyoshdan va uning atrofidagi osmonning  $5^\circ$  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 asboblarning prinsipial jihatdan o'zgarmaganligini 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 yetib 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" yuzaga 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) paydo qiladi. Aktinometrik asboblarning sezgirligi har bir asbob uchun alohida o'ziga xos, shuning uchun har bir radiometr o'zini alohida maxsus kalibrlash koeffitsientiga ega hattoki, bir xil modeli asboblari uchun ham o'rinlidir. Qo'shimcha qilamizki, radiometrlarning qora qoplamalarini spektral sezgirligi 2% kamroq. Yoki boshqacha aytganda, radiometrlarni spektral oraliqida har bir to'lqin uzunligi 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 yoyilma radiatsiyadan foydalanadi, ya'ni piranometrlar o'lchov

natijalarining iste'molchilari hisoblanadi. 12-rasmda piranometrlarning tashqi ko'rinishi tasvirlangan. Piranometr termobatareyali golovkadan, yarim sferik shisha qolpoqdan, shtativ, quritma va soya qiluvchi ekrandan iborat. Zamonaviy piranometrlarda kvars shishasidan qilingan qolpoqlardan foydalaniladi, chunki shisha quyosh radiatsiyasini ma'lum qismini yutadi. Piranometrlar ko'rsatkichlariga atmosfera ta'sirini yo'qotish uchun zamonaviy piranometrlarda ikkita kvars qalpokdan 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 effektini kamaytirish uchun asboblarda ventilyasiyadan foydalaniladi, hamda sezgirlikka tuzatish kiritish imkonini beruvchi, ichki xarorat datchigi bor bo'lgan passiv elektr kompensatsiya sxemalari o'rnatiladi.

4-jadvalda ba'zi piranometrlarning asosiy texnik xarakteristikalarini keltirilgan.

4-jadval.

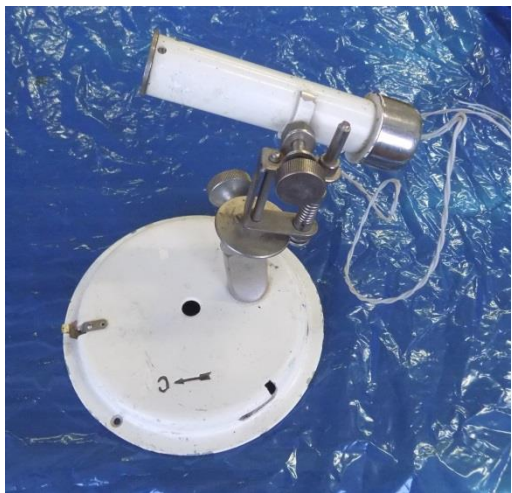
№	Texnik xarakteristikalarini	Asbob turi		
		M-80, Rossiya	SMR6, Niderlandiya	SM21, Niderlandiya
1	Spektral oralik	300-2500nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, birinchi klass 285-2800 nm	Klassifikatsiyasi ISO 9060:1990, Ikkilamchi etalon 285-2800 nm
2	Inersiya (ishlab ketish vaqti)	40 s	18 s	5 s
3	Maksimal ishchi yoritilganlik	1500 Vt/m <sup>2</sup>	2000 Vt/m <sup>2</sup>	4000 Vt/m <sup>2</sup>
4	Sezgirlik	10-15 mkV/Vt/m <sup>2</sup>	5-20 mkV/Vt/m <sup>2</sup>	7-14 mkV/Vt/m <sup>2</sup>
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 pirgeliometridan foydalaniladi.

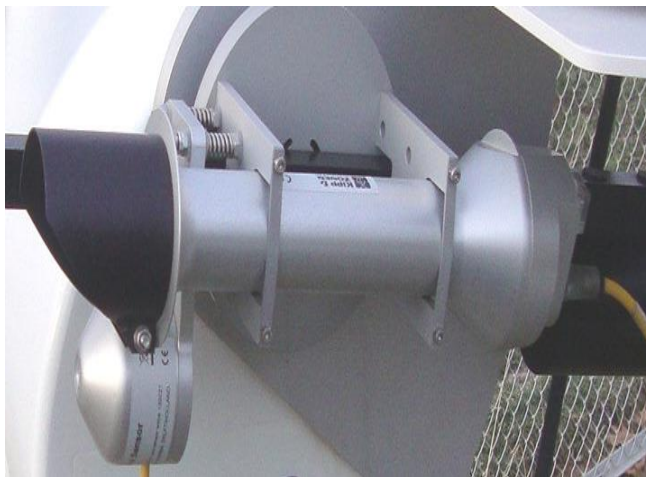
Bir qator mamlakatlarda quyosh nurlanishini qabul qiluvchi dachiklar sifatida yarim o'tkazgich elementlari bo'lgan piranometrlar ishlatiladi. Bu AQSHda ishlab chiqarilgan Li-cor va Eppli RSP piranometrlari. Biroq BMT ulardan foydalanishni tavsif qilmaydi, chunki bu ko'rsatilgan asboblarni sezgirlik spektri noxizizqli harakterga ega va ma'lumki, ularga selektivlik hususiyati xosdir. Eppli RSP asboblarni spektral oralig'i 400-1100 nm, Li-cor esa spektral oralig'i 400-700 nm (ko'rinarli spektr) va 400-1100 nm asboblarni ishlab chiqaradi. Boshqa tarafdin bu asboblarni 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 asboblarni, aktinometrlar va pirgeliometrlarda 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 pirgeliometrlarni ishlash prinsipi va quyosh radiatsiyasini o'lchaydigan piranometrlarning ishlashiga o'xshash. Farqli asboblarni o'zining konstruksiyasida hamda ularni doimiy ravishda quyoshga yo'naltirilgan bo'lishidadir. 12-rasmda AT-50 aktinometr i SN1 pirgeliometri ko'rsatilgan.



12-rasm. a) Aktinometr AT-50



12-rasm. b) “Kipp and Zonen” kompaniyasi SN1 pirgeliometri

Quyosh radiatsiyasini qabul qiluvchi moslamalar aktinometr va pirgeliometr trubkalardan iborat. Diafragmalari bor trubka qabul qilgichni shamol va yoyilma radiatsidan himoya qiladi. Asboblarning teshiklarini markaziy burchagi  $10^\circ$  teng. Bu asboblarni qabul qilgich markaziy quyoshdan va osmonni quyosh yoni zonalaridan  $5^\circ$  radiusda radiatsiya qabul qilishini bildiradi. Asboblarni derazalari kvars shishadan tayyorlangan va quyosh nurlanishi spektrini 97-98% o'tkazadi va qabul qilgichda yutiladi. Asbob trubkalari ichida asbobni namlik darajasini sozlab turadigan selikogelli yutgich mavjud.

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

5-jadval

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

AP-1, M-3 markali birinchi model aktinometrlari, quyoshga qo'lda yo'naltiriladi, chunki ularni konstruksiyasi shu qo'l bilan shunaqa manipulyasiya harakatlarni bajarishga moslashtirilgan. Zamonaviy asboblarning 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  $Vt/m^2$  ga 1 bit atrofida ta'minlaydi shart. Quyosh nurlanishini xonadan tashqarida o'lchash vaqtida aniqlash imkoniyati katta bo'lishiga ehtiyoj yo'q, chunki issiqlik muvozanati yuqligi uchun pirgeliometrlar  $\pm 2 Vt/m^2$  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 asboblari.

Aktinometrik asbobning 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 aqli 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 qilinayotgan yuzaga qaratilgan. SRA 01 turdagi zamonaviy, shu jumladan portativ albedometrlar yaratilgan va tayyorlangan.

Keyingi aktinometrik asbob bu balansomer. Balansomer faoliyat yuzasidagi koldiq radiatsion balansni aniqlash uchun qo'llaniladi. Radiatsion balans quyoshning to'g'ri radiatsiyasiz o'lchanadi, buning uchun balansomerni qabul qiluvchi yuzasi ekran bilan to'siladi. Bir vaqtning o'zida aktinometr bilan to'g'ri radiatsiya

o'lchanadi. To'liq balans olish uchun gorizontal yuzadagi to'g'ri radiatsiya kattaligi to'silgan balansometrda o'lchangan qiymatga qo'shiladi. Ko'proq zamonaviy balansomerlar boshqa prinsipga asoslangan. Asbobda ikkita radiatsiya qabul qilgich bo'lib, bittasi yuqoriga qaratilgan va faoliyat yuzaga tushayotgan radiatsini yutadi, ikkinchi qabul qilgich pastga qaratilgan va faoliyat yuzaga tushmaydigan barcha turdagi radiatsiyalarni yutadi. Balansomer ko'rsatkichlariga shamol ta'sirini kamaytirish uchun balansomerni shtil sharoitlarida tekshirishdan oldin, shtil uchun o'tish ko'paytmasi deb nomlanuvchi o'tish ko'paytmasidan foydalaniladi. Amaliyotda balansomerlarni turli xillari ishlatiladi: CSIRO; Funka; Gira i Danklya, Shulsa, Suemi-Fransila, M-10. Zamonaviy balansomerlar kompyuter yoki ma'lumotlarni yig'uvchi boshqa turdagi tizimlarga osongina ulanadi.

Oxirgi aktinometrik asbob – geliograf yoki uni yana quyosh yarqirashini qayd qiluvchi deb aytiladi. Bu asboblarni o'lchov natijalariga qisqa va uzoq muddatli ob-havo ma'lumotlari tuzish uchun, iqlimlar paydo bo'lishini o'rganuvchi iqlimshunoslik uchun, Yer shari iqlimi klassifikatsiyasini tavsiflash, insoniyat va boshqa hayot faoliyati uchun keraklik o'simliklarni etishtirishni rejalashtirish va rayonlashtirish uchun qishloq xo'jaligini bio iqlimshunosligi va agro iqlimshunosligi o'rganish uchun statistik ma'lumotlar yig'uvchi meteorologlar juda muhtojdirlar. Geliograf kun davomida, quyosh bulutlar bilan qoplanmagan vaqtda quyosh yoritish davomiyligini avtomatik tarzda qayd qilish uchun xizmat qiladi. Yorug'lik davomiyligi BMT tomonidan quyoshning to'g'ri nurlanishi  $120 \text{ W/m}^2$  oshmagan vaqt oralig'i soatlarida aniqlanadi.

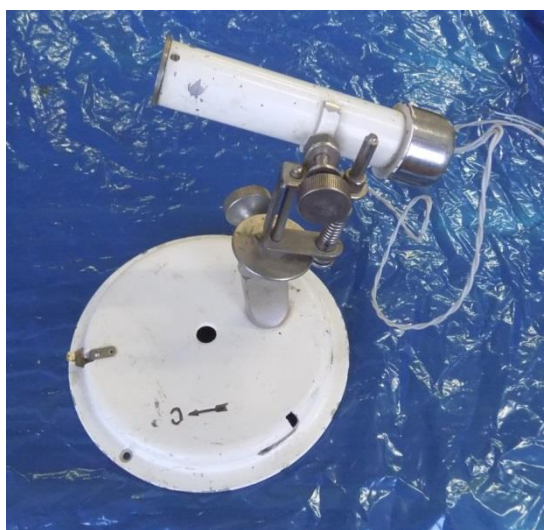
Ko'p o'n yilliklar mobaynida quyosh yoritishini aniqlash bo'yicha ma'lumot olish uchun butun dunyoda Kembella – Stoksa geliograf tizimlari ishlatilgan. Bunda shishadan yasalgan, yoysimon taglikga mahkamlangan, quyosh nurlarini yig'uvchi linza shar ko'rinishida bo'lgan. Quyosh nurlari shar devorlariga tushib, ularni linza singari o'lchov bo'linmasi 0,5 va 1 soat bo'lgan yorug'lik 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 sezgirlik 400 – 11000 nm spektral oralig'ida bo'lgan kremniyli fotodiodlarda ishlovchi CSD, SON, PREDE, CIMEL, PUMKO-CAMMYER va boshqa, quyosh yoritilganligi o'lchash datchiklari keng qo'lanilmoqda. Bu asboblarda mexanik harakatlanuvchi 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 datchigi energetik yoritilganligini o'zgartirish oralig'i turiga qarab 0,01 dan 1,3 kW/m<sup>2</sup> ni tashkil etadi. Ma'lumki, Quyosh nurlanishining Yer atmosferasiga etib keladigan zichligi o'rtacha 1,367 kW/m<sup>2</sup>. 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 oqimi, kenglik, uzoqlik, dengiz satxidan balanlik va yilga ko'ra aniq joydagi kun yarmida ko'pincha 700 dan 1300 W/m<sup>2</sup> gacha oralig'da bo'ladi.

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



13-rasm. Aktinometr AT-50.



- chiquvchi signal vaqtining oʻrnatilish vaqti 1% xatolik bilan 25 s koʻp emas;
- termobatareya qarshiligi- 30 Om;



14-rasm. Universal piranometr M-80.

- sezgirlik  $1 \text{ kal/min. sm}^2$  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  $\text{kVt/m}^2$  8-12 mV
- chiquvchi signal vaqtini oʻrnatilish vaqti 1% xatolik bilan 35 s koʻp emas;
- termobatareya qarshiligi 30 - 40 Om.

### 1.5. Quyosh energiyasining kadastri va uning oʻziga xosligi

Quyosh energiyasining kadastri tushunchasi ostida Quyosh energetik qurilmalari va parametrlarini loyihalash va ularni moliyaviy-iqtisodiy samaradorligini baholash, quyosh energiyasi potensial resurslarini baholash uchun zarur boʻlgan  $S$  ( $\text{m}^2$  yoki  $\text{km}^2$ ) hududlar uchun yoki  $A$  ( $\varphi_A^0$ ,  $\psi_A^0$ ) nuqtadagi QN boʻyicha tizimlashtirilgan maʼlumotlar tushuniladi. Qoʻrsatilgan maʼlumotlarda QN taʼsir koʻrsatadigan meteorologik omillar va QN tushushining vaqt-fazoviy dinamikasi xususiyatlari aks etishi zarur. Bu maʼlumotlar asosida asosiy taʼsir 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 yunalgan 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.

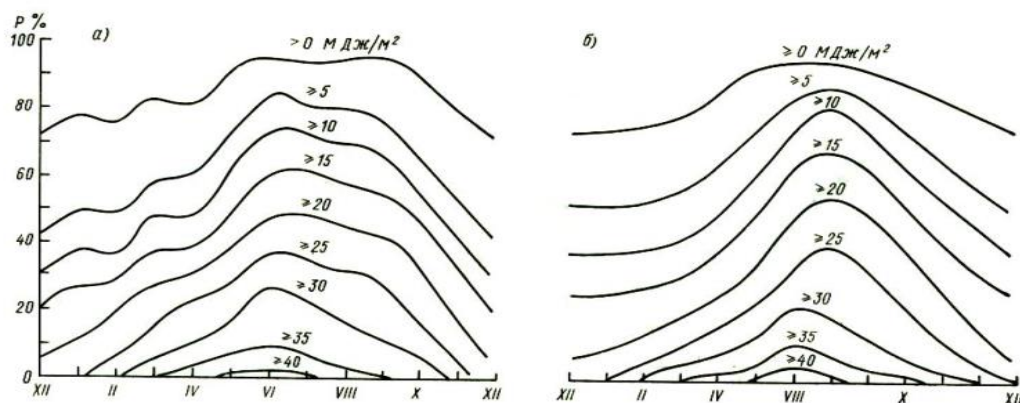
Odatda Quyosh kadastri quyidagi xarakteristikalarini kiritish mumkin:

- o'rtacha oylik va o'rtacha yillik umumiy bulutlilik miqdori;
- ochiq va bulutlilik osmonning ehtimolliligi;
- o'rtacha oylik va o'rtacha yillik Quyosh porlashining davomiyligi;
- o'rtacha bulutlilik sharoiti uchun gorizont 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

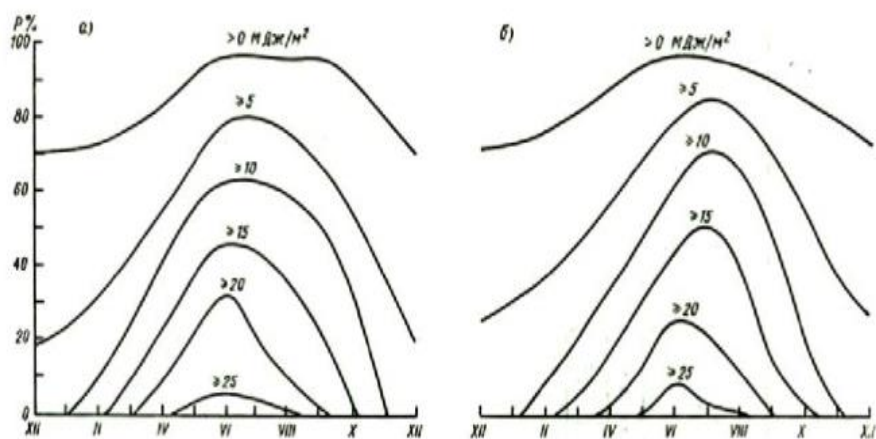
borildi. Gruziyada XX asrning 50-yillari oʻrtasida oltita AMS (Suxumi, Krest dovoni, Sxakaya-Torsa, Telavi, Anasuli, Salka) faoliyat koʻrsata boshladi. Shunday qilib, oʻtgan asrning 90-yillarida Gruziyada QN boʻyicha tizimlashtirilgan maʼlumotlar tuzilgan edi: Tbilisida – toʻgʻri yunalgan QN oqimi radiatsiyasini aniqlash boʻyicha 50 yildan ortiq, diffuz va yigʻindi QN oqimi radiatsiyasi boʻyicha 40 yildan ortiq, qolgan AMS maʼlumotlari boʻyicha 30 yilga yaqin faoliyat olib borildi.



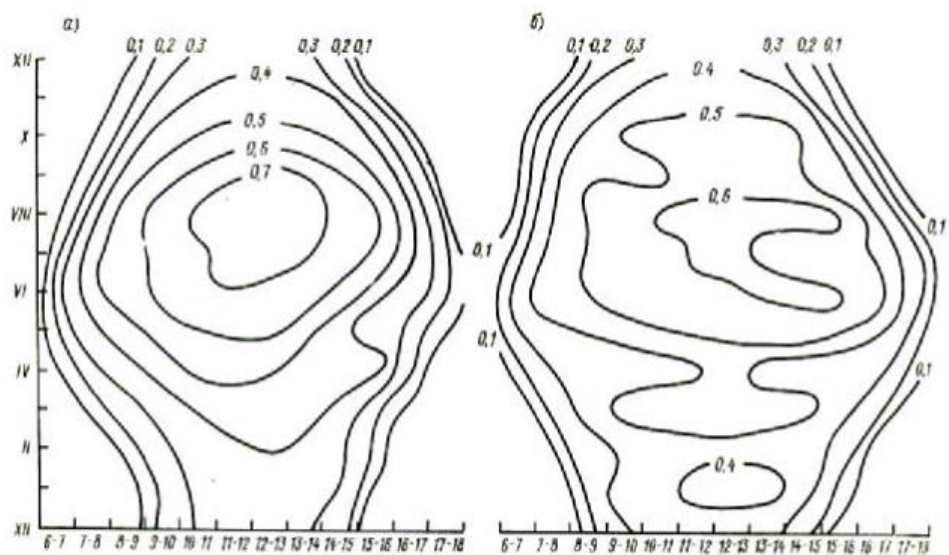
15-rasm. Perpendikulyar yuzaga tushayotgan toʻgʻri yoʻnalgan quyosh radiatsiyasining sutkalik yigʻindisi ehtimolligi a) Suxumi, b) Telavi

Uzoq yillik kuzatishlar natijasida quyidagi QN xarakteristikalarini ( $E_{\Sigma}$ ,  $E_{pr.}$ ,  $E_d$ ,  $E_{otr.}$ ,  $T_{ss}$ , va boshqalar) olindi, shu asosida toʻrtta asosiy taqsimlanish momenti hisoblandi: matematik kutish,  $C_v$ ,  $C_c$  va  $\sigma$ . QN asosiy xarakteristikalarining egri taqsimlanishi hisoblandi, yaʼni  $E_{\Sigma}(r)$ ,  $E_{pr.}(r)$ ,  $E_d(r)$ ,  $E_{otr.}(r)$ ,  $T_{ss}(r)$   $\Delta t=1$  sutka, oy va 1 yil. Koʻrsatilgan egri taqsimlanish koʻrinishida yilning hamma oylari boʻyicha ishlov berildi va ularning xarakter koʻrsatkichlari asosida grafik qurildi: tadqiq etilayotgan parametr qiymati oshkorlik ehtimolligi unga berilgan xususiy qiymatdan kattadir; tadqiq etilayotgan parametr qiymati oshkorlik ehtimolligi har yil oyidagi baʼzi qiymatdan kattadir; QN oqimi qiymatiga ega har yil oyidagi kun sonlari ehtimolligi berilgan qiymatdan kattadir.

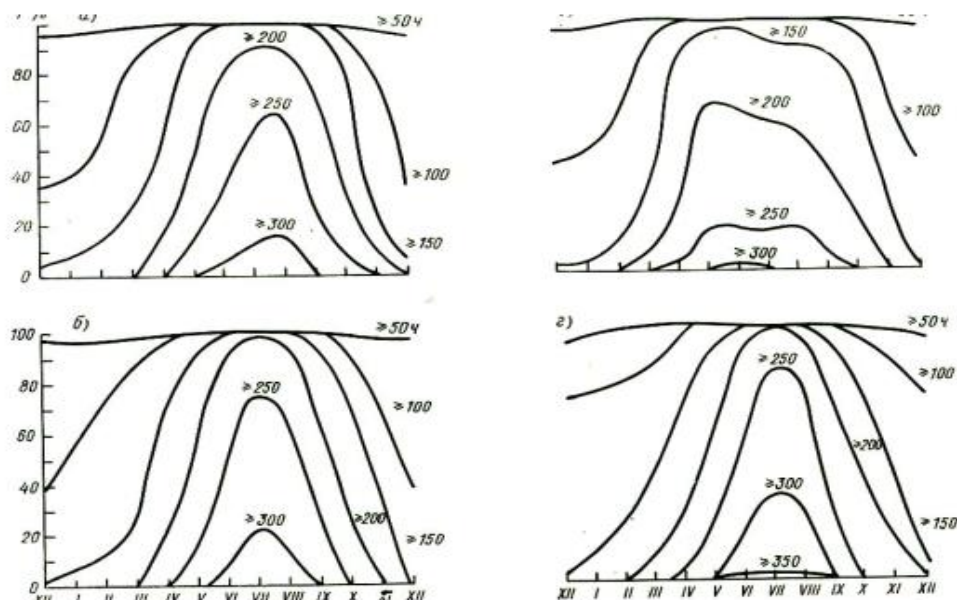
Yuqoridagilarga namuna sifatida 15-19 rasmlarda Gruziyadagi AMS uchun umumlashtirilgan ehtimollik xarakteristikalarini keltirilgan.



16-rasm. Gorizontaal yuzaga tushayotgan to'g'ri yo'nalgan quyosh radiatsiyasining sutkalik yig'indisi ehtimolligi a) Suxumi, b) Telavi

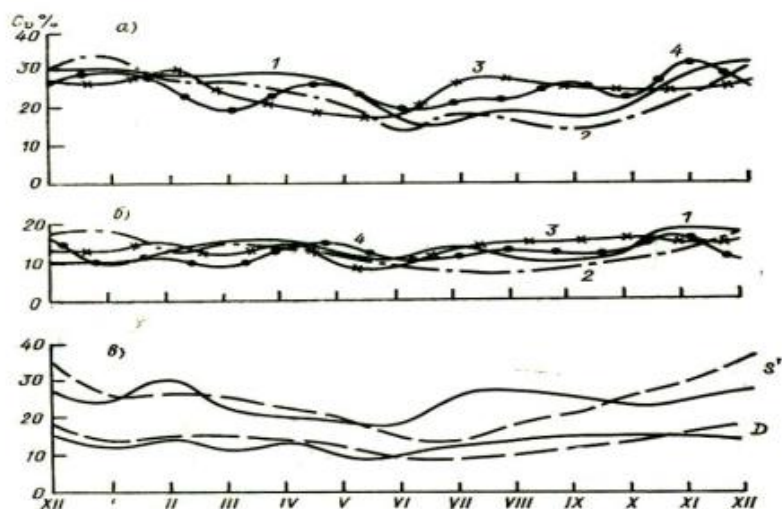


17-rasm.  $S \geq 1,5$  MJ da oyiga kunlar soni ehtimolligi  
a) Suxumi, b) Telavi



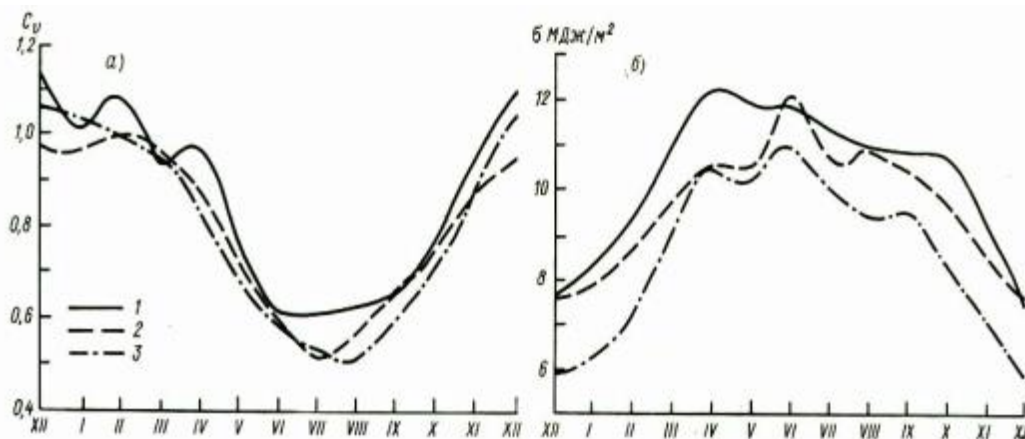
18-rasm. Quyosh porlashi davomiyligining oylik yig'indisi eg'timolligi a) Suxumi, b) Tbilisi g) Baxmaro d) Telavi

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 19-rasmda to'g'ri, diffuz va yig'indi quyosh radiatsiyalari ko'rsatkichlari aks etgan.



19-rasm. Radiatsiya oylik yig'indisining  $C_v$  o'zgarishi koeffitsientining 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.

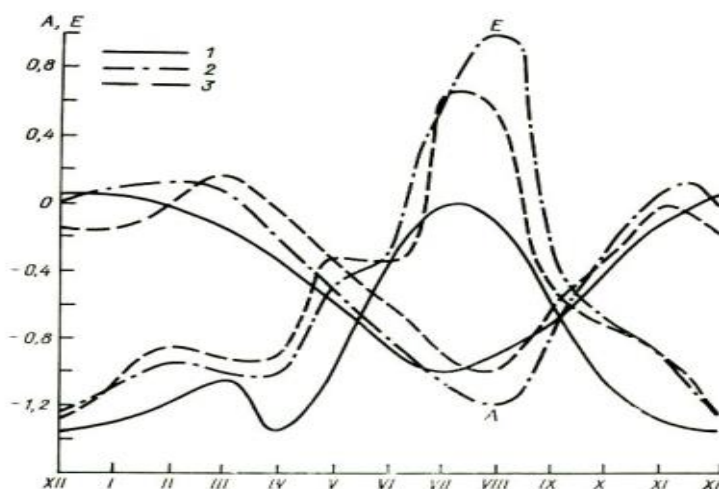




20-rasm. Oʻrtacha kvadratik ogʻish (b holat,  $\sigma$ ) va oʻzgarish koeffitsienti (a holat,  $C_v$ ) uchun yillik natijalar.

1-Suxumi; 2- Tbilisi; 3- Telavi.

Undan kelib chiqadiki, eng katta oʻzgarish qiymatiga (15÷30%) toʻgʻri yoʻnalgan quyosh radiatsiyasi va eng kichik oʻzgarish qiymatiga (10÷20%) –yigʻindi va diffuz QN egadir.  $C_v$  ning yillik qiymati sezilarli darajada (5÷10%) ga kichik. QN sutkalik tushuvi uchun  $C_v$  qiymati sezilarli darajada katta (20 rasmga qarang). Qish uchun  $C_v=(100\div110)\%$ , yoz uchun (50÷60)%.



21-rasm. Yigʻindi radiatsiya sutkalik summa eksessa va asimmetriya koeffitsienti yillik natijalari 1-Tbilisi 2-Suxumi 3- Telavi

$C_c$  va eksessa  $E$  ning bir yil davomida o'zgarish grafigi 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 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  $2 \div 5$  soat xatolik bilan o'rtacha standart og'ishda  $4 \div 8$  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:

$$T_{ss}^0(soat) = 2/15 \arccos(-tg\varphi^0 tg\delta^0) \quad (17)$$

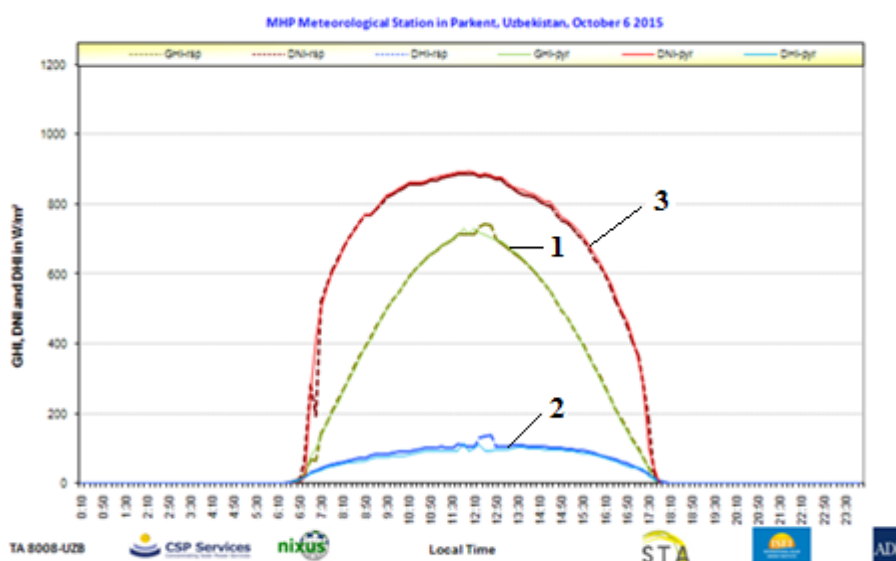
$T_{ss}^{sutka}$  tebranishi  $T_{ss}^{mes}$  va  $T_{ss}^{yil}$  ga qaraganda sezilarli darajada yuqoridir. Bu aytilgan ma'lumotlarni 22-rasm tasdiqlaydi. Undan kelib chiqadiki, yil davomida  $S_v$  ning o'zgarish diapazoni iyulda 0,4 dan dekabrda 1,0 gacha (yoki sutkasiga  $\pm(2,5 \div 4,5$  soat)) 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 meterologik stansiya faoliyat olib

bormoqda. 22-rasmda Toshkent viloyati Parkent tumanida joylashgan meteostansiya umumiy ko'rinishi aks etgan.



22-rasm. Toshkent viloyatining Parkent tumanida joylashgan zamonaviy meteostansiya



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*

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



## 2-BOB. QUYOSH ENYERGETIKASI RESURLARINI HISOBLASH USULLARI

### 2.1. To'liq informatsiya mavjudligida gorizontal qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S$ ( $\text{km}^2$ ) hududda $A$ ( $\varphi^0, \psi^0$ ) nuqtada yalpi resurslarni hisoblash usullari

Yer yuzasida amaliy jihatdan hamma ishlab chiqilgan usullar quyidagi metodik jihatlariga asoslanadi. Hisobga olish kerakki, dunyodagi AMS ko'pchiligi qoidaga muvofiq, qo'zg'almas gorizontal maydonchaga tushayotgan quyosh radiatsiyasining tushuvini o'lchaydi, ya'ni berilgan  $S$  ( $\text{m}^2$  yoki  $\text{km}^2$ ) hududlar uchun yoki  $A$  ( $\varphi_A^0, \psi_A^0$ ) 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  $1 \text{ m}^2$  maydonga ega gorizontal QQM tushayotgan Quyosh energiyasining o'rtacha ko'p yillik miqdori -  $E_{val}^g (\frac{\text{kW} \cdot \text{soat}}{\text{m}^2 \cdot \text{yil}})$  tushuniladi. Yillar bo'yicha Quyosh energiyasining tushushining o'zgaruvchan xarakterini hisobga olib ( $E_{val}^g$ , etarli darajadagi ishonchli qiymatini olish uchun) mashhur 11-yillik Quyosh sikli (Volf sikli) qaraganda katta bo'lgan yetarli uzun  $T$  (yillar) vaqt davri ichida gorizontal maydonchaga tushayotgan Quyosh energiyasi tushuvi haqida ma'lumotga ega bo'lishimiz zarur.

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

$$E_{val}^g = \frac{\sum_{k=1}^d E_{val}^g}{d} \quad (18)$$

bu yerda  $d$  - hisob yillari soni,  $E_{val}^g$  - formula yordamida hisoblanadigan  $k$  - yildagi gorizontal maydoniga Quyosh radiatsiyasining tushuvi.

$$E_{val}^g = \int_0^{T_{god}} R_{\Sigma}^g(t) dt, \quad (19)$$

Berilgan nuqtalar o'rtasida  $A(\varphi^0, \psi^0)$  Quyosh radiatsiya qiymati interpolatsiyasi 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 gorizantal QQM Quyosh radiatsiyasining tushuvining vaqt bo'yicha uzluksizligi haqida malumotlar mavjudligida berilgan  $S$  ( $\text{km}^2$ ) hudud uchun Quyosh energiyasi valovoy resurslarining hisoblash kerak bo'lsin. Bu holda  $S$  ( $\text{km}^2$ ) hamma hudud oldindan  $l$  - vakolatli zonaga bo'linadi, bularning har birida  $A(\varphi^0, \psi^0) - R_{\Sigma J}^g(t)$  hisob nuqtalarida boshlang'ich ma'lumotlar sifatida qabul qilingan mashhur interpozitsiya qoidalaridan foydalangan holda  $S_l$  ( $\text{km}^2$ ) zona maydoniga ega  $l$  - chi hududga tushayotgan QR o'rtacha quyosh yillik tushuvini  $E_{vall}^g \left( \frac{\text{KW} \cdot \text{soat}}{\text{m}^2 \cdot \text{yil}} \right)$  hisoblash mumkin. Masalan, agar tugunlarda to'rtta boshlang'ich nuqtaga ega (qiymatlari  $R_{\Sigma 1}^g(t), R_{\Sigma 2}^g(t), R_{\Sigma 3}^g(t), R_{\Sigma 4}^g(t)$ )  $S_l$  ( $\text{km}^2$ ) to'g'ri to'rtburchakli kesim yuzasiga ega birlik  $l$  - chi zona qarayotgan bo'lsa, ular o'rtasida  $R_{\Sigma}^A(t)$  interpolatsiya qiymatlari chiziqli qonunida  $E_{vall}^g \left( \frac{\text{KW} \cdot \text{soat}}{\text{m}^2 \cdot \text{yil}} \right)$  quyidagi formuladan topilishi mumkin:

$$E_{vall}^g S_l = S_l \cdot 10^6 \cdot \int_0^{T_{god}} R_{\Sigma}^g(t) dt \quad (20)$$

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

$$R_{\Sigma l}^g = 0,25 \cdot (R_{\Sigma l}^g + R_{\Sigma 2}^g(t) + R_{\Sigma 3}^g(t) + R_{\Sigma 4}^g(t)) \quad (21)$$

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

$$E_{vall}^g(S) = \sum_{l=1}^r E_{vall}^g(S_l) \quad (22)$$

bu yerda  $E_{vall}^g(S)$  - bir yilga teng bo'lgan davr ichida  $S$  ( $\text{km}^2$ ) maydonga ega Yer yuzasi hududlarida gorizantal maydonchaga tushayotgan QR tushuvi  $E_{vall}^g(S)$  ning qiymati  $S$  kattalikka bog'liq holda quyoshdagicha  $\text{kVt} \cdot \text{soat}$ ,  $\text{MVt} \cdot \text{soat}$ ,  $\text{GW} \cdot \text{soat}$  yoki  $\text{TW} \cdot \text{soatlarda}$  o'lchanadi.

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

$S$  ( $\text{km}^2$ ) hududi uchun berilgan  $S$  ( $\text{km}^2$ ) 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,  $R_{\Sigma}^G$  ( $\text{Vt/m}^2$ )). "Surfer-8" tizim har bir  $A(\varphi^0, \psi^0)$  nuqtada  $R_{\Sigma}^G$  berilgan qiymati bo'yicha foydalanuvchi tomonidan berilgan diskretlilik  $R_{\Sigma}^G$  doimiy qiymatga izochiziqlari topogrammasini hisoblaydi. So'ngra,  $S$  ( $\text{km}^2$ ) hamma hududi bo'yicha olingan  $R_{\Sigma i}^G = \text{const}$  izochiziqlari asosida "Surfer – 8" tizim  $R_{\Sigma}^G$  ( $\text{Vt/m}^2$ ) qiymatini integrallaydi va u uchun QN valovoy resurslari qiymatini ham aniqlaydi.

Ta'kidlab o'tish kerakki,  $t$  vaqt funksiyasi sifatida  $R_{\Sigma}^G$  berilishining uzluksiz shakli, ya'ni,  $R_{\Sigma}^G(t)$  hozirgi vaqtda MDH davlatlarida etarli darajada kamdan-kam holatlarda amalga oshirilgan bo'lishi mumkin.  $R_{\Sigma}^G(t)$  haqida ko'p ma'lumotlarni uning o'rtacha interval qiymatlari ko'rinishida (berilgan hisob vaqt intervallari -  $R_{\Sigma}^G(\Delta t)$ ).

Bu holatda  $E_{vall}^G(S_l)$  va  $A(\varphi^0, \psi^0)$  nuqta uchun  $E_{valk}^G$  hisobini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$E_{valk}^G = \sum_{i=1}^n R_{\Sigma}^G(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i, \quad (23)$$

$$E_{vall}^G(S_l) = S_l \cdot 10^6 \cdot \sum_{i=1}^n R_{\Sigma li}^G(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i, \quad (24)$$

$$\text{bu yerda} \quad R_{\Sigma li}^G = 0,25 \cdot (R_{\Sigma 1}^G + R_{\Sigma 2}^G + R_{\Sigma 3}^G + R_{\Sigma 4}^G), \quad (25)$$

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

$$T_{yil} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (26)$$

bu yerda odatda hisob intervallari sifatida  $\Delta t_i$  foydalaniladi, ya'ni 1 sutka yoki 1 oyga teng bo'lgan. Xozirgi vaqtda shunga o'xshash ma'lumotlar aniq aniqlik darajasida bir qancha hammaga 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 gorizonta qabul qilgich maydoncha uchun berilgan S (km<sup>2</sup>) 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  $E_{val}^G(S)$  va  $E_{val}^G$  hisoblashda S (km<sup>2</sup>) hudud uchun A( $\varphi^0, \psi^0$ ) nuqtada QR bo'yicha o'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik ma'lumotlar mavjudligida mashhur Angstrom formulasidan foydalanish mumkin:

$$E_{fakt}^G(\Delta t) = E_{ya}^G(\Delta t) \cdot (a + b \cdot \frac{T_{cc}^{fakt}}{T_{ss}^o}), \quad (27)$$

bu yerda,  $E_{fakt}^G(\Delta t) - (\frac{kW \cdot soat}{m^2})$  yoki (kW.soat), ya'ni 1 oy yoki 1 sutkaga teng bo'lgan  $\Delta t$  ichida gorizonta maydonchaga tushayotgan Quyosh radiatsiyasi tushuvining S (km<sup>2</sup>) hudud uchun o'rtacha ko'p yillik qiymati;  $E_{ya}^G(\Delta t) - (\frac{kW \cdot soat}{m^2})$

yoki (kW.soat), qachonki  $E_{\Sigma}^G(\Delta t) = E_{pr}^G(\Delta t)$  bo'lganda absolyut shaffof va ochiq osmonda Yer yuzasida gorizontall maydongacha 1 oy yoki 1 sutkaga teng bo'lgan ( $\Delta t$ ) ichida  $S(\text{km}^2)$  hududga QR tushuvchi bo'lib u quyidagi ifodadan topiladi:

$$E_{ya}^G(\Delta t) = R_{pr}^G(\Delta t) \cdot \cos \theta(\Delta t) \cdot \Delta t, \quad (28)$$

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

$$R_{pr}^G(\Delta t) = R_{pr}^G(AM1) \cdot \left( \frac{R_{pr}^G(AM1)}{R_0} \right)^{AMm-1} = 1000 \cdot \left( \frac{1000}{1360} \right)^{AMm-1}, \quad (29)$$

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

$$m(\Delta t) = \frac{2}{\sqrt{\cos^2 \theta(\Delta t) + \frac{2 \cdot L_a}{r_3} + \cos \theta(\Delta t)}} \cong \frac{2}{\sqrt{\cos^2 \theta(\Delta t) + 0,06 + \cos \theta(\Delta t)}}, \quad (30)$$

bu yerda  $m(\Delta t)$  -  $\Delta t$  (n.b) interval oralig'ida atmosferaning o'rtacha interval atmosfera massasi  $\theta(\Delta t)$ (grad) -  $\Delta t$  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 (28 ga ko'ra) quyidagi usulda hisoblanadi:

$$\cos \theta^0(\Delta t) = \sin \delta^0(\Delta t) \cdot \sin \varphi^0 + \cos \delta^0(\Delta t) \cdot \cos \varphi^0 \cdot \frac{\sin \omega_{\zeta}}{\omega_{\zeta}}, \quad (31)$$

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

$$\delta^0(\Delta t) = \delta_0 \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (284 + n)\right), \quad (32)$$

bu yerda  $\delta_0 - 23^0 27' = 23,45^0$ ;  $n$  (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;  $\omega_3$  (grad) – Gorizonttal maydonchada Quyosh botishining soat burchagi quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\cos \omega_3(\Delta t) = \cos\left(\frac{\pi \cdot t_3}{12}\right) = -tg\varphi^0 \cdot tg\delta^0(\Delta t), \quad (33)$$

bu yerda  $t_3$  (soat) -  $\theta = \pm 90^0$  bo'lgan shart orqali aniqlanadigan Quyosh chiqishi – botishi daqiqalari,

$$\omega_3 = \arccos(-tg\varphi^0 \cdot tg\delta^0(\Delta t)), \quad (34)$$

“ $a$ ” va “ $b$ ” emperik konstantalar (27 formulaga muvofiq), “ $5^0 \times 5^0$ ” 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 harakterlaydi, “ $b$ ” esa gorizonttal maydonchada Yerda QR ulushining bulutlar tomonidan to'xtatib qolinglanligini tavsiflaydi.

AQSH dan 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. 3.1 - 3.4 rasmlarda Meteorologik kalendarda chop etiladigan, xarita ko'rinishida ifodalangan ma'lumotlar Sobiq SSSR hududi uchun Emperik konstantalar hisoblangan edi. Unda ko'rsatilgan trapetsiya (50 kenglik bo'yicha) shimoliy

kenglikdan  $70^0$  janubda joylashgan. Namuna uchun 6 jadvalda Sobiq SSSR uchun va Moskva shahri uchun “ $a$ ” ning qiymatlari keltirilgan.

6-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
$a^{max}(n.b)$	p/o Taymir	Chukotka	Kazakhstan	Habarovsk sh.
	0,79	0,58	0,41	0,46
Moskva sh.	0,37	0,29	0,28	0,25

Meteorologik kalendarlarda shuningdek har bir hisob oyining bYerilgan 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.

Nihoyat, (27) keltirilgan  $T_{ss}^0$  (soat) qiymati absolyut shaffof osmonda gorizondga nisbatan Quyosh diski o‘rtasining topish yoki Quyosh porlashining nazariy davomiyligiga mos keladigan (35) formulada aniqlanadi.

$$T_{ss}^0(soat) = 2/_{15} \arccos(-\tan \varphi^0 \cdot \tan \delta^0 \cdot) \quad (35)$$

Angstrom formulasining kamchiliklariga quyidagilarni keltirish mumkin:

1. “Ochiq kun” tushunchasida atmosfera o‘zgarishining murakkabligi hisobiga  $E_{ya}^G(\Delta t)$  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 formulasidan foydalanish keng qo‘llaniladi:

$$E_{fakt}^G(\Delta t) = E_0^G(\Delta t) \cdot \left( a' + b' \cdot \frac{T_{cc}^{fakt}}{T_{ss}^0} \right) \quad (36)$$

(36) da Angstrom formulasidan farqli ravishda har bir region hududida trapetsiyasi bo'yicha hisob uchun  $a$  va  $b$  konstantaning "yangi" (takomillashtirilgan) qiymatlari keltirilgan. Bundan tashqari  $E_0^G(n_i) \left( \frac{kVt \cdot soat}{m^2 \cdot sutka} \right)$  – Yer atmosferasi chegarasida kosmosda gorizonta QQ tushayotgan QR tushuvining qiymati ishlatiladi va u (37) formuladan aniqlanadi.

$$E_0^G(n_i) = \frac{24}{\pi} e_0 \left\{ \left[ 1 + 0,033 \cos \left( \frac{360^\circ \cdot n_i}{365} \right) \right] \left[ \cos \varphi^0 \cdot \cos \delta^0(n_i) \cdot \sin \omega_{\frac{c}{a}}^0 + \frac{2 \cdot \pi}{360^\circ} \cdot \sin \omega_{\frac{c}{a}}^0 \cdot \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0(n_i) \right] \right\} \quad (37)$$

Yuqorida aytilganlarni hisobga olib  $S$  (km<sup>2</sup>) maydonga ega hudud uchun  $A(\varphi^0, \psi^0)$  Yerilgan nuqtada QN valovoy 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 interpolatsiyadan foydalangan holda yilning hamma oylari uchun, shuningdek yilning to'rt oyi xarakterli sutkalari uchun  $E_{fakt}^G \left( \frac{kVt \cdot soat}{m^2 \cdot soat} \right)$  olingan qiymat yilning har oyi uchun har oyidagi sutkalar soniga ko'payadi va bir-biri bilan qo'shiladi, shunday qilib  $A(\varphi^0, \psi^0)$  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 yoriqlanishiga muvofiq holda olib boriladi.

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

$S$ (km<sup>2</sup>) hududi uchun valovoy 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  $S(\text{km}^2)$  hududida,  $A(\varphi^0, \psi^0)$  nuqta yalpi rusurslarni hisoblash usullari.**

Ma‘lumki, yuqorida ta’kidlab o‘tilganidek summar quyosh energiyasi resursi (istalgan qabul qilgich maydongacha to‘g‘ri kelgan)  $A(\varphi^0, \psi^0)$  o‘ziga quyidagilarni biriktiradi.  $R_{pr}(t) - R_g(t) - R_{ot}(t)$ .

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  $R_{pr}(t)$  uchun qabul qilgich maydongachaning normal joylashishi eng samarali hisoblanadi. Bu vaqtda  $R_g(t)$  maksimal tushuvidan foydalanish uchun eng samarali bu qabul qilgich maydonchanning doimiy gorizontall joylashuvi hisoblanadi. O‘zbekiston holati uchun ham  $R_{\Sigma}(t)$  2 ta tashkil etuvchi, ya’ni  $R_{pr}(t)$ ,  $R_g(t)$  (QQM)ga quyosh energiyasini resurslarini aniqlanadi. Yerning boshqa regionlari uchun, masalan Antarktida yoki Shimoliy qutbda, aynan qor yoki muz yuzasidan akslangan  $R_{ot}(t)$  ning qiymati  $R_{\Sigma}(t)$  ning umumida eng katta bo‘lishi mumkin.

Namuna sifatida, 7-jadvalda AQSHning janubiy - g‘arbiy shtatlari uchun ( $\varphi^0=35^0\text{sh.k}$ ) yil davomida  $R_g(t)$  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 ( $E_{\Sigma}^{god} = E_{pr}^{god}$ ).

7- 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 meridian 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 ( $-30^0$  jan.keng  $\leq \varphi^0 \leq +30^0$  shim.keng)da Quyosh energiyasining resurslar asosiy tashkil etuvchilariga ko'ra  $R_{pr}(t)$  hisoblanadi. Bu holatda ixtiyoriy qiyalangan QQM ga tushayotgan Quyosh nurlanishi energiyasining yalpi resurslari  $E_{god}^\beta$  quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{god}^\beta = \int_0^{T_{god}} R_{pr}(t) \cdot \cos\theta(t) dt \quad (38)$$

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

$$\cos\theta(t) = (A - B)\sin\theta(t) + [C \cdot \sin\omega^0(t) + (D - E) \cdot \cos\omega^0(t)] \cdot \cos\theta(t) \quad (39)$$

$$A = \sin\varphi_A^0 \cdot \cos\beta^0; B = \cos\varphi_A^0 \cdot \sin\beta^0; C = \sin\beta^0 \cdot \sin\gamma^0;$$

$$D = \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\beta^0; E = \sin\varphi_A^0 \cdot \sin\beta^0 \cdot \cos\gamma^0; \quad (40)$$

(38) formuladan kelib chiqadiki,  $E_{god}^\beta$  ning maksimumiga erishish uchun QQM joylanishi janubga nisbatan qat'iy burchak ostida joylashishi zarur, unda  $\gamma^0$ , ya'ni bu holatda (40) formulaning o'rniga  $\gamma^0 = 0$  va  $\beta^0 > 0$  shart asosida eng soddaroq ifodani olamiz.

$$\cos\theta = \sin(\varphi^0 - \beta^0) \cdot \sin\theta^0 + \cos(\varphi^0 - \beta^0)\cos\theta^0 \cdot \cos\omega^0 \quad (41)$$

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

$$\cos\theta(t) \Rightarrow \max \quad (42)$$

yoki

$$\frac{v\cos\theta(t)}{v\beta} = 0 \quad (43)$$

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

$$\beta(t) = \varphi^0 = \text{const} \quad (44)$$

Eslatib o'tamiz, QQM bunday o'xshashlik shartida joylashuvi, qachonki  $E_\Sigma^{god} \approx E_{pr}^{god}$ . Ba'zi manbalarda (44) ifodaning diffuz radiatsiyasi hisobga olgan holda boshqacha shakli ham keltiriladi.

$$\beta(t) = (0,9 \div 1,1) \cdot \varphi^0 = \text{const} \quad (45)$$

Bu holatlarda, qachonki  $E_\Sigma^{yil}$  ning ulushida diffuz radiatsiya qiymati yuqoridir, hozirgi vaqtda gorizonttal QQM (ya'ni,  $E_\Sigma^G$ ) va QQM Quyoshga nisbatan qiya holatdagisi (ya'ni,  $E_\Sigma^\beta$ ) 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  $\pm 45^\circ$  yuqori

bo‘lmagan  $\gamma^0$  azimutida janubga qiyalangan QQM (ya’ni,  $E_\Sigma^\beta$ ) ga va gorizonta QQM (ya’ni,  $E_\Sigma^G$ ) 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  $\Delta t$  1 sutka yoki 1 oyga teng bo‘lganda quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$E_\Sigma^\beta(\Delta t) = E_\Sigma^G(\Delta t) \cdot K_\Sigma^\beta \quad (46)$$

bu yerda  $K_\Sigma^\beta$  (n.b.) – ko‘pgina faktorlarga bog‘liq bo‘lgan S.A. Kleyn empirik koeffitsienti, ya’ni

$$K_\Sigma^\beta = K_\Sigma^\beta(mesya_{s_{goda}}, \psi^0, \beta^0, K_0, \rho, \delta^0, \omega^0) = \frac{E_\Sigma^\beta(\Delta t)}{E_\Sigma^G(\Delta t)} \quad (47)$$

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

(47) da  $K_\Sigma^\beta$  koeffitsientni quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$K_\Sigma^\beta = (1 - K_D^G) \cdot K_{pr} + K_D^G \cdot \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho \cdot \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right), \quad (48)$$

bu yerda

$$K_\Sigma^\beta = \frac{E_\Sigma^\beta(\Delta t)}{E_\Sigma^G(\Delta t)} \quad (49)$$

$K_{pr}$  esa quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$K_{pr} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^\beta + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^\beta \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^G + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^G \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (50)$$

bu yerda,  $\omega_3^G$  va  $\omega_3^\beta$  – Gorizonta va qiya QQga nisbatan Quyosh botish (chiqish) soat burchaklari quyidagi formulalardan topiladi:

$$\omega_3^G = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta), \quad (51)$$

$$\omega_3^\beta = \min\{\omega_3^G; \arccos(-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta)\} \quad (52)$$

(47) formulada QR quyidagi parametrlari mavjud.  $K_0$  (n.b.) – o‘rtacha sutkalik yoki o‘rtacha oylik vaqt intervali bo‘yicha aniqlanadigan atmosferaning shaffoflik koeffitsienti:

$$K_0(\Delta t) = \frac{E_\Sigma^G(\Delta t)}{E_\Sigma^0(\Delta t)}, \quad (53)$$

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

$$\rho(n.b) = \frac{R_{otr}}{R_{prix}} \quad (54)$$

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

Qaralayotgan S.A. Kleyn metodida diffuz radiatsiyaning ulushi  $E_\Sigma^G$  ga nisbatan katta bo‘lmaganda quyidagi empirik formulaga ko‘ra  $K_D^G$  ni hisoblash taklifi kiritilgan edi.

$$K_D^G = \frac{E_D^G(\Delta t)}{E_\Sigma^G(\Delta t)} = 1,39 - 4,03 \cdot K_0 + 5,53 \cdot K_0^2 - 3,11 \cdot K_0^3 \quad (55)$$

Namuna sifatida 8 va 9 jadvallarda Moskva shahri uchun yil davomidagi  $\rho$  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 ( $\bar{\rho}=0.27$ )**

8- jadval

<b>t, oylar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b><math>\rho</math>, n.b</b>	0.71	0.72	0.58	0.2	0.2	0.21	0.21	0.21	0.21	0.26	0.38	0.59

#### **Har xil yuzalarning albedosi**

9 - jadval

<b>№</b>	<b>Yuza ko‘rinishi</b>	<b><math>\rho</math>, n.b</b>
<b>1</b>	Sof qor	0.80
<b>2</b>	Quruq asfalt	0.70

3	Quruq shtukaturka	0.33-0.50
4	Yotgan 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 $\beta \geq 40^\circ$	0.05
11	Suv $\beta < 40^\circ$	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 porametrlarini 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 ( $\beta^0$ ) o'zgartirish va QQ azimutini -  $\gamma^0$  o'zgartirish orqali Quyoshga nisbatan uzluksiz orientatsiyalash zarur. Bu holatda  $\Delta t$  (1 soat) berilgan hisob vaqt intervali ichida ixtiyoriy – qiyalangan QQ ga to'g'ri keladigan QN summar oqimi ushbu formuladan aniqlanadi:

$$E_{\Sigma_i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = E_{pr.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) + E_{Di}^{\beta\gamma}(\Delta t) + E_{otr.i}^{\beta\gamma}(\Delta t), \quad (56)$$

bu yerda  $E_{\Sigma_i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{pr.i} \cdot \Delta t$ ;  $E_{Di}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{Di} \cdot \Delta t$ ;  $E_{otr.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{otr.i} \cdot \Delta t$ ;

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

(56) 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'rinlidir.

$$E_{pr.i}^{\beta\gamma} = (E_{\Sigma_i}^G - E_{Di}^G) \cdot K_{pr}, \quad (57)$$

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

$$K_{pr} = \frac{\int_0^T \beta\gamma R_{pr}^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_0^{T_r} R_{pr}^G(t) dt}; \quad (58)$$

bu yerda,  $R_{pr}^{\beta\gamma}$  va  $R_{pr}^2$  ( $Vt/m^2$ ) – mos ravishda ixtiyoriy orientatsiyalangan QQ  $\beta^0$  va  $\gamma$  burchaklar bo'yicha va gorizontal QQ oqimi quvvati;  $\beta_1\gamma$  va  $T_G$  (soat) – ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizontal 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 gorizontal QQ uchun Quyosh vaqtning har xil davrlarida chiqadi va botadi);  $t$  – sutkaning joriy vaqti;  $K_{pr}$  – qiymati ko'pgina o'zgaruvchilarning funksiyasi bo'ladi. Ko'pchilik hollarda QN to'g'ri tushuvi kattaligi bog'liqdir va gorizontal yoki ixtiyoriy – orientatsiyalashgan QQ uchun ushbu formuladan topiladi:

$$R_{pr}^{\beta\gamma}(t) = R_{pr}(t) \quad (59)$$

$$R_{pr}^G(t) = R_{pr}(t) \cdot \cos \vartheta^G(t) \quad (60)$$

bu yerda  $R_{pr}(t)$  – Atmosfera massasi  $m$  da to‘g‘ri QN perpendikulyar QQM ga tushayotgan to‘g‘ri QN tushuvining quvvati;  $\theta^{\beta\gamma}$  va  $\theta^g$  – ixtiyoriy orientatsiyalangan va gorizontal QQ ga tushayotgan to‘g‘ri QN tushish burchagi.

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

$$\cos \vartheta^{\beta\gamma} = A + B \cdot \cos \omega^0 + C \cdot \sin \omega^0, \quad (61)$$

$$\cos \vartheta^G = \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0 + \cos \varphi^0 \cdot \cos \omega^0 \cdot \cos \delta^0, \quad (62)$$

$\delta^0$  ning qiymati (61) va (62) larda yuqorida keltirilgan formulalarda aniqlanadi,  $\omega^0$  ni esa quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$\omega^0(t) = \frac{15^0}{soat} \cdot (t - t_{yarimK}) \quad (63)$$

bu yerda,  $t$  soat – sutkalarda qaralayotgan vaqt momenti;  $t_{yarimK}$ , soat –  $A$  ( $\varphi^0, \psi^0$ ) nuqtada qaralayotgan quyosh vaqti bo‘yicha haqiqiy yarim kunlik, yani  $t_{yarimK} = 12$  soat (61) va (62) hisobga olib (58) quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$K_{pr} = \frac{\int_{TG} (R_{pr}^g(t) \cdot \cos \vartheta^{\beta\gamma}(t)) dt}{\int_{TG} (R_{pr}^g(t) \cdot \cos \vartheta^g(t)) dt} = \frac{\int_{TG} \cos \vartheta^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_{TG} \cos \vartheta^g(t) dt}. \quad (64)$$

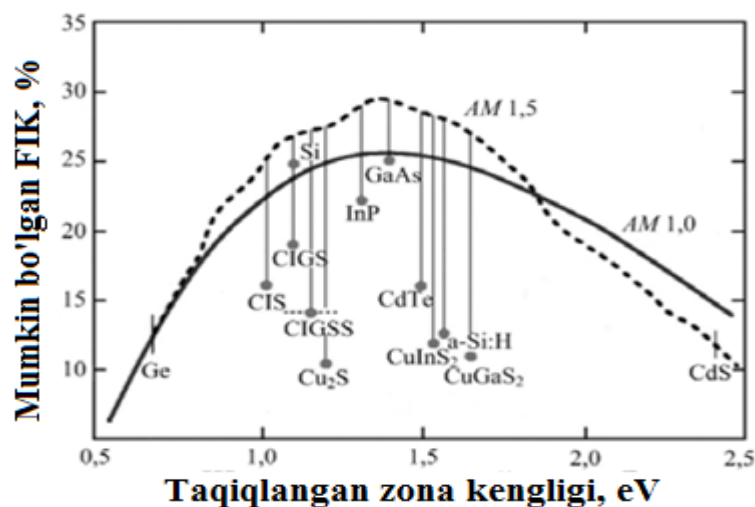
### **III-BOB. YARIMO‘TKAZGICHLI MATYERIALLAR ASOSIDAGI QUYOSH ELEMENTLARI**

#### **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 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  $J_{sc}$  ortishi FIK ortishiga olib kelishi kerak. Boshqa tomondan  $E_g$  ning kamayishi to'g'ridan to'g'ri  $U_{OC}$  va FF kamayishiga olib keladi, bunda  $J_{sc}$  ortishi  $U_{OC}$  va FF kamayishini kompensatsiya qilmaydi, shu sababli FIK kamayadi. Gamogen QE nazariy erishiladigan FIK ning yutuvchi materialning taqiqlangan zona kengligiga bog'liqligi 15-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.



24-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

kristallchalarning 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 panellar diffuz-sochilgan nurlanishda ham ishlay oladi, to'g'ri yunalgan quyosh nurlanishini talab qilmaydi. Ularning yil davomida ishlab chiqargan yig'indi quvvati a'naviy kristall quyosh 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'lmoqda. 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 (300°C) 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 qoʻyidagi xususiyatlarga ega:

- Taqiqlangan zona kengligi 1,43 eV;
- Quyosh nurlanishini yutishning yuqori samaradorligi, hammasi boʻlib 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 (150°C);
- GaAs qotishmalarining alyuminiy, mishyak, fosfor va indiy bilan hosil qilgan xarakteristikalarini GaAs xarakteristikalarini toʻldiradi, 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 yigʻishga va generatsiya jarayonini boshqarishga imkon beradi. Odatda GaAs asosidagi QE oʻziga AlGaAs juda yupqa qatlamni biriktiradi. GaAs asosiy kamchiligi uning tannarxining qimmatli ekanligidir. Ishlab chiqarishni arzonlashtirish uchun uning tagliklarini arzonroq materiallardan yoki koʻp marta foydalanishga moʻljallangan tagliklar ishlatilishi mumkin.

QE tayyorlash uchun istiqbolli materiallardan biri CdTe va CdS hisoblanadi. Baʼzan CdS ning shaffofligini oshirish uchun rux ham qoʻshishadi. CdTe va uning strukturalarini tadqiq etish XX asrning 60-yillaridan boshlangan boʻlib u yuqori optik yutish koeffitsientiga ega. Taqiqlangan zona kengligi 1,5 eV ga teng, QN jadal yutish uchun yupqa plenka koʻrinishida ham foydalanish mumkin. CdTe asosidagi QE har xil turlari oʻrtasida gamogen oʻtishga ega, Shottki toʻsigʻiga ega, shuningdek Cu<sub>2</sub>Te, CdS va ITO (Shaffof oʻtkazuvchi oksid – qalay va indiy oksidlari aralashmasi) birikmasidagi geterooʻtishlar tadqiq qilingan. Kelgusida foydalanish uchun eng yaxshi nuqtaʼi nazardan va takomillashgani n-CdS/p-CdTe QE hisoblanadi.

Quyosh elementlari p-n turli yarimoʻtkazgichli materiallardan tashkil topgan. Quyosh nurlanishi yarimoʻtkazgichli material strukturasi yutilib elektron-kovaklar juftligini hosil qiladi, soʻngra p-n oʻtish orqali ajratilib element old va orqa yuzasidagi metall kontaktlarda yigʻiladi.

Quyosh elementlarini ommaviy ravishda ishlab chiqarish uchun asosiy material sifatida hanuzgacha kristall kremniy hisoblanadi. Hamma quyosh elementlarining 80% dan ortigʻi u asosida tayyorlangan tagliklardan iborat boʻladi. Quyosh nurlanishini yaxshi yutish qobiliyatiga ega boʻlmasda u boshqa yarimoʻtkazgich materiallarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

- 1). Kremniy Yer yuzasida kremniy oksidi shaklida keng tarqalgan.
- 2). Kremniy zararli va faol element boʻlmagani uchun atrof muhitga zarar keltirmaydi.
- 3). Mikroelektronika sanoatida kremniy texnologiyasi yaxshi oʻrganilgan.

Kremniyli quyosh elementlarining amaliyotdagi samaradorligi 10-19% atrofidadir. Uning yupqa plenkali kaskad quyosh elementlarini tayyorlashda ham ishlatiladi. Bu materiallarning kamchiligi vaqt oʻtishi, 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 oʻzgartirib 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 oʻzgartiruvchi bu monokristall kremniy asosidagi quyosh panellari hisoblanadi: ularning FIK amaliyotda 18-19,5% 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...400 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 yunalishi 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 o‘rnatib Quyosh yunalishini avtomatik kuzatish tizimiga ega moslamalar bilan ta‘minlash lozim.

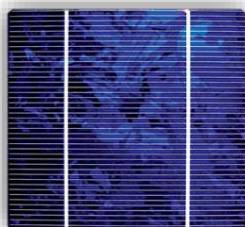
### 3.2.Quyosh elementining xarakteristikalar va parametrlari

Quyosh elementlari (angl. **Solar cell**) - quyosh optik nurlanishini to‘g‘ridan to‘g‘ri to‘rtburchakli shaklda bo‘ladi. Psevdokvadrat quyosh elementining standart o‘lchamlari: 100x100 mm<sup>2</sup>, 125x125mm<sup>2</sup>, 156x156 mm<sup>2</sup>, 210x210mm<sup>2</sup> bo‘ladi.

o  
r  
t  
i  
g  
,  
y  
a



m-Si Cell



p-Si Cell

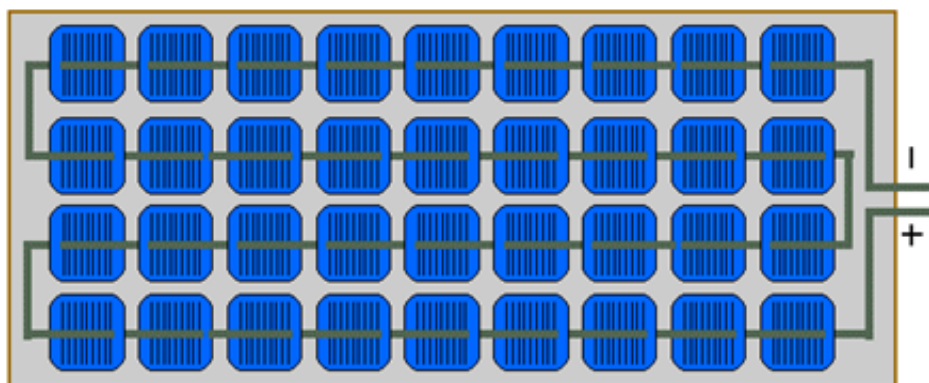


a-Si Cell

25-rasm. Kremniy quyosh elementining turlari

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 (26-rasm).

QE yorug'likni yig'ish intensivligiga, kimyoviy tarkibi, qalinligi, qatlamlarning kristallik strukturasi, bitta taglikda biriktirilgan elementlar miqdoriga ko'ra sinflanadi. Q 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.



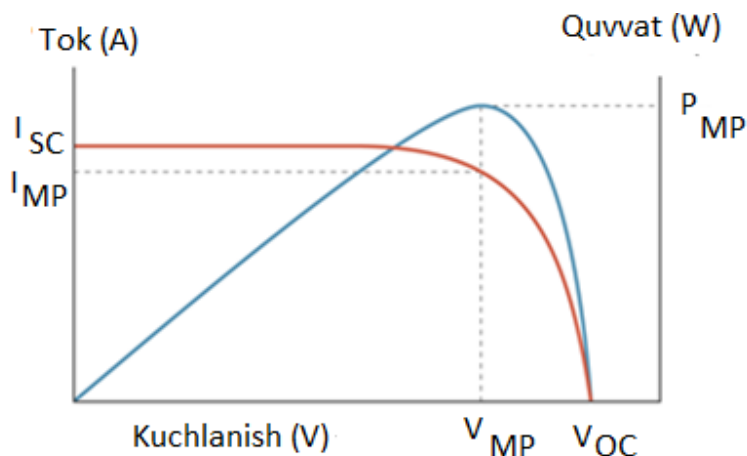
QE yutuvchi material tarkibiga ko'ra kremniyli,  $A^{III}B^V$  asosidagi yarimo'tkazgichlar,  $A^{II}B^{VI}$  asosidagi yarimo'tkazgichlar,  $A^I B^{III}C^{VI}_2$  asosidagi yarimo'tkazgich va aralash turlarga bo'linadi. Qoidaga muvofiq, konstruksiyasining qulayligi va QE FIK oshirish uchun uning qatlamlarining 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 konsentratorli 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. Konsentratorli QE yorug'lik oqim zichligini element yuzasida bir necha marta oshirishga imkon beradigan konsentratsiyalovchi qurilmalar (linzalar yoki ko'zgular) bilan ta'minlanadi. Qoidaga muvofiq, konsentratorli 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 (27-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 ( $U_{oc.}$ ), qisqa tutashuv toki ( $I_{s.c.}$ ), pik (maksimal) quvvati ( $P_{pik}$ ), nominal quvvat ( $P_n$ ), foydali ish koeffitsienti ( $\eta$ ), maksimal quvvatdagi tok ( $I_{pmax.}$ ), maksimal quvvatdagi kuchlanish ( $U_{Pmax.}$ ), volt-amper xarakteristikasini to'ldirish koeffitsienti (FF), qisqa tutashuv toki zichligi ( $J_{s.c.}$ ). 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 (28- rasm).



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

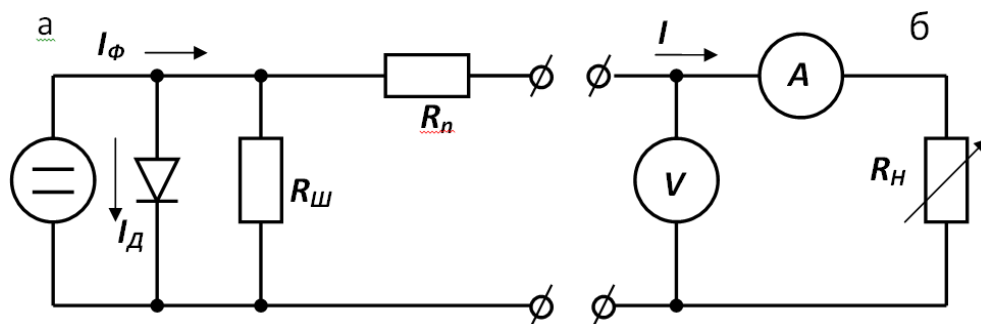
Quyosh elementlarining VAX p-n o‘tishli yarimo‘tkazgichli diodning VAX dan yangi  $I_f$  hadning paydo bo‘lishi bilan farq qiladi.  $I_f$  – optik nurlanish ta’sirida quyosh elementida generatsiya bo‘lgan tokdir. Agar  $I_d$  – diod orqali oqayotgan tok va  $I$  – tashqi yuklanma orqali oqayotgan tok bo‘lsa, u holda,

$$I_f = I_d + I \quad (65)$$

$$I_d = I_0 + \left( \exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right) \quad (66)$$

diodning qorong‘ilikdagi xarakteristikasi,  $I_0$  – p-n o‘tishning teskari yo‘nalishdagi to‘yinish toki,  $q$  – elektron zaryadi,  $T$  – absolyut harorat,  $k$  – Bolsman doimiysi,  $U$  – kuchlanish.





28-rasm. Quyosh elementlarining ekvivalent (a) va o‘lchash (b) sxemalari

Quyosh elementining birlik yuzasidan olinayotgan quvvat  $R$  ni quyidagi tenglamadan baholash mumkin:

$$P = (I_n U_n) = FF I_{kz} U_{xx} \quad (67)$$

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:

$$FF = \frac{I_n U_n}{I_{k.z} U_{x.x}} \quad (68)$$

( $U_{x.x}$ .) salt yurish kuchlanishi – QE QN bilan yoritilganda uning ochiq kontaktlarida yuzaga keladigan maksimal kuchlanish hisoblanadi. Bunda  $I_{k.z}$ . nolga teng bo‘ladi.

( $I_{k.z}$ .) qisqa tutashuv toki – QE kontaktlarining qisqa tutashuvida yuzaga keladigan maksimal tok hisoblanadi. Bunda  $U_{x.x}$ . 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'lov 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.

$$\eta_{faol} = \frac{P_n}{E \cdot S_{faol}} \quad (69)$$

$$\eta_{um.} = \frac{P_n}{E \cdot S_{um.}} \quad (70)$$

QE qisqa tutashuv toki zichligi  $J_{s.c}$  uning qisqa tutashuv toki qiymatining yuza maydoniga nisbati bilan aniqlanadi:

$$J_{s.c} = \frac{I_{s.c}}{S} \quad (71)$$

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

Quyosh elementi va fotoelektrik batareyaning foydali ish koeffitsientini (F.I.K.) aniqlash uchun tushayotgan optik nurlanish energiyasining miqdorini va element yoki batareya ishlab chiqarayotgan 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 elektrik 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.

### **3.3. Quyosh elementining foydali ish koeffitsientiga 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'liqlik sohada fotojavob spektrining kengayishi hisobiga fototokning bir oz ortishiga olib keladi. Ammo, harorat ko'tarilganda fototokning ortishi salt yurish kuchlanishi va VAX to'ldirish koeffitsientining 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:

$$E_g^{Si}(T) = E_g - \frac{4.73 \cdot 10^{-4} T^2}{T+636} \text{ eV} \quad (72)$$

$$E_g^{GaAr}(T) = E_g - \frac{5.405 \cdot 10^{-4} T^2}{T+204} \text{ eV} \quad (73)$$

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:

$$U_{xx} = \frac{1}{2} \left( \frac{E_g}{q_e} - \frac{3}{2} \frac{kT}{q_e} \right) \approx 0.53 V \quad (74)$$

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'zgarganda qo'yidagi ifodadan topiladi:

$$U_{xx}(T) = U_{x.x.0} + \beta(T_0 - T) \quad (75)$$

bu yerda,  $U_{x.x.0}$  – standart haroratda salt yurish kuchlanishi;  $\beta$  – kuchlanish bo'yicha harorat koeffitsienti mV/ $^{\circ}$ C;  $T_0 = +25^{\circ}$ C.

Ba'zi ilmiy adabiyotlarda kuchlanish bo'yicha harorat koeffitsienti QE harorati  $25^{\circ}$ C dan har bir gradusga ko'tarilganda chiziqli ravishda  $-2,3 \text{ mV}^{\circ}\text{C}^{-1}$  ga kamayishi yozilgan.

$$\frac{\partial U_{xx}}{\partial T} \approx -2.3 \text{ mV}^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (76)$$

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

$$I_{o.n} = I_{k.z} \left( \frac{E_{FEB}}{E_0} \right) - \alpha \left( \frac{E_{FEB}}{E_0} \right) (T_0 - T) \quad (77)$$

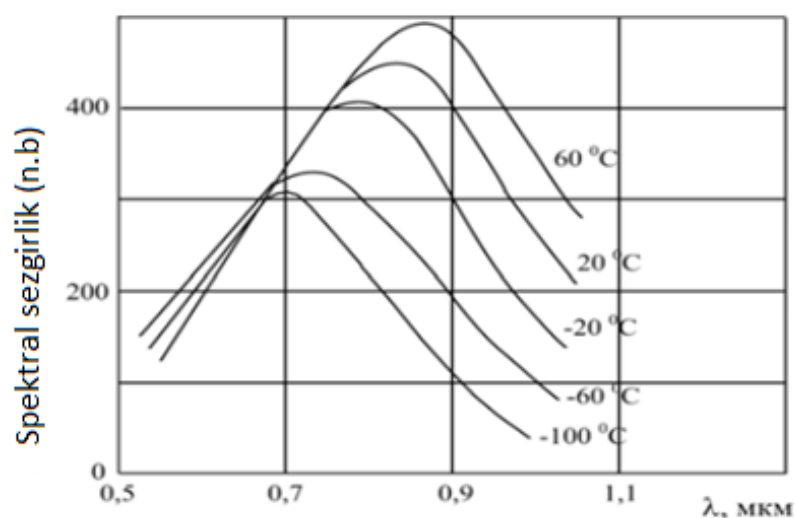
bu yerda  $I_{o.n}$  - har xil haroratlarda optimal nuqtada tokning qiymati, A;  $I_{k.z} \left( \frac{E_{FEB}}{E_0} \right)$  – yoritilganlikka bog'liq holda qisqa tutashuv tokining o'zgarishi;  $E_0$  – standart sharoitda yoritilganlik qiymati  $E_0 = 100 \frac{\text{Vt}}{\text{m}^2}$ ;  $E_{FEB}$  – FEB yuzasiga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligining kunduz vaqtidagi o'rtacha oylik qiymati kVt/m $^2$ ;  $\alpha$  – tok bo'yicha harorat koeffitsienti mkA/ $^{\circ}$ C.

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

$$I_0 = I_{o.n} \exp \left( - \frac{q U_{xx} t}{A_k k (t + 273)} \right) \quad (78)$$

bu yerda  $A_k$  - diod koeffitsienti.

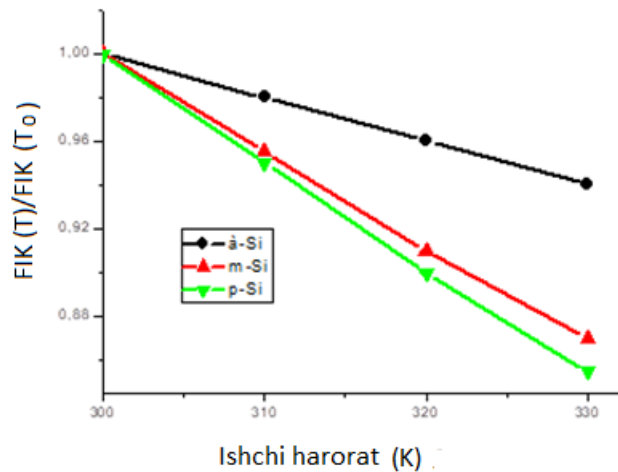
FIK haroratga bogʻliq holda, ayniqsa ishchi haroratning keng interval oraliqlarida QE kosmosda va issiq iqlim sharoitida Yerdagi ekspluatatsiya vaqtida salbiy oʻzgarishi katta ahamiyat kasb etadi. Masalan, kremniyli QE uzun toʻlqinli spektr sohasida spektral sezgirlikning keskin kamayishi, (qisqa toʻlqinli qismida bir qancha oʻsishiga) ular haroratining kamayishi kuzatiladi.



29-rasm. Kremniyli QE spektral sezgirlikning haroratga bogʻliqligi

QE har xil turlarining haroratga bogʻliqlik xarakteristikalarini har xil bogʻliqlikga ega. Amorf kremniyli QE parametrlari kristall kremniyli QE ga nisbatan harorat taʼsirida kamroq degradatsiyalanadi (30-rasm). Masalan, kosmos uchun moʻljallangan arsenid-galliy QE yuqori haroratlarda ( $\sim 150^{\circ}\text{C}$ ) ham oʻzining samaradorligini saqlab qoladi, shuningdek u radiatsion barqaror element hisoblanadi.

Yupqa qatlamli kadmiy-sulfid QE  $100^{\circ}\text{C}$  gacha oʻzining yuqori samaradorligini saqlab qoladi.



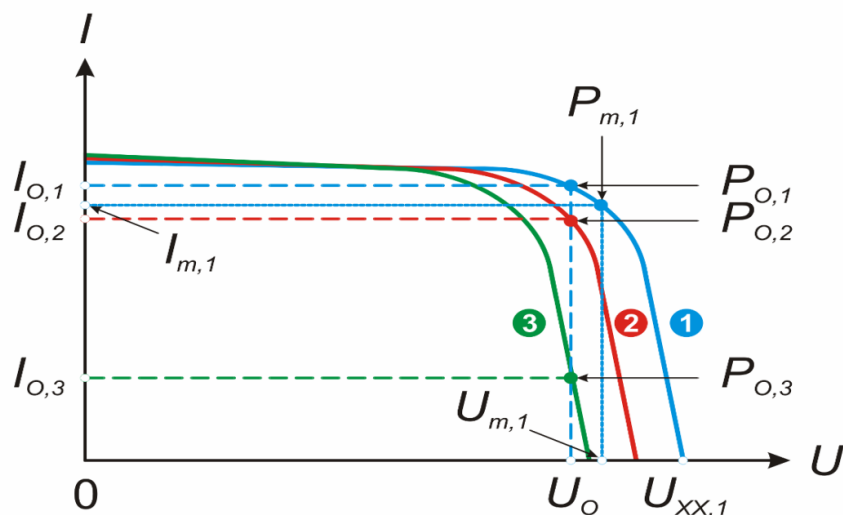
30-rasm. Har xil turdagi QE elektrik samaradorligining ishchi haroratga bog‘liqligi

*Belgilanishi:*  $\eta(T)/\eta(T_0)$  - Ma’lum haroratdagi FEB elektrik samaradorligining standart sharoitda FEB samaradorligiga nisbati;  $\beta_0$  –QE tayyorlangan materialning harorat koeffitsienti; m-Si, p-Si, a-Si – mos ravishda monokristall, polikristall, amorf kremniy QE belgilanishi. (odatda  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ ,  $\eta_0 \approx 0,12$ ,  $\beta_0 \approx 0,0045^\circ\text{C}^{-1}$ ,  $G = 1000 \text{ Vt/m}^2$ )

Markaziy Osiyo keskin kontinental iqlim sharoiti, xususan O‘zbekistonda yilning issiq mavsumlarida (may-sentyabr) atrof muhit haroratining yuqori ko‘rsatkichlari  $45\text{--}50^\circ\text{C}$  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” – ctandart test sinovi (STC) sharoitlarida FEB pasport ma’lumotlaridagi texnik ko‘rsatkichlarning mos emasligi. 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  $+10 \div +80^\circ\text{C}$  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.



31-rasm. Har xil haroratlarda kremniyli QE asosidagi FEB ning yuklanmadagi volt-  
amper xarakteristikasi

1 - atrof muhit harorati  $15^{\circ}\text{C}$  da (elementning orqa tomonidagi harorat  $37^{\circ}\text{C}$ ); 2-  
 $30^{\circ}\text{C}$  ( $54^{\circ}\text{C}$ ); 3- $45^{\circ}\text{C}$  ( $71^{\circ}\text{C}$ )).

Har xil atrof muhit haroratlarida FEB joylashgan QE haroratlarini o'lchash ishlari bo'yicha tadqiqotlar olib borilgan. Masalan, Toshkent shahrida iyul-avgust oylarida (soyadagi atrof muhit harorati  $45\text{-}48^{\circ}\text{C}$ ) bo'lganda, shamol tezligi  $1\text{-}3\text{ m/s}$  da FEB harorati  $72^{\circ}\text{C}$  dan oshgan. Bu esa real sharoitda FEB salt yurish kuchlanishining  $21,5\text{ V}$  (pasport ko'rsatkichi) dan  $16,4\text{-}16,5\text{ V}$  ga kamayganligi aniqlangan (31-rasm).

Bu tadqiqotlar asosida FEB ning yangi kontruksiyasi 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:

$$\left. \begin{aligned} U_{xx}(t) &= U_{xx}(25^{\circ}C) \left[ 1 - a(t - 25^{\circ}C) \right] \\ I_{\hat{e},\zeta}(t) &= I_{\hat{e},\zeta}(25^{\circ}C) \left[ 1 + b(t - 25^{\circ}C) \right] \\ P_{\max}(t) &= P_{\max}(25^{\circ}C) \left[ 1 - c(t - 25^{\circ}C) \right] \end{aligned} \right\} \quad (79)$$

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

SPP1.1 turli FEB (Germaniya) ishchi energetik xarakteristikalariga harorat ta'sirini baholash bo'yicha tadqiqot natijalari 10-jadvalda keltirilgan.

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:

$$\eta = \eta_0 + \alpha_T (t - t_0); \quad (80)$$

10-jadval

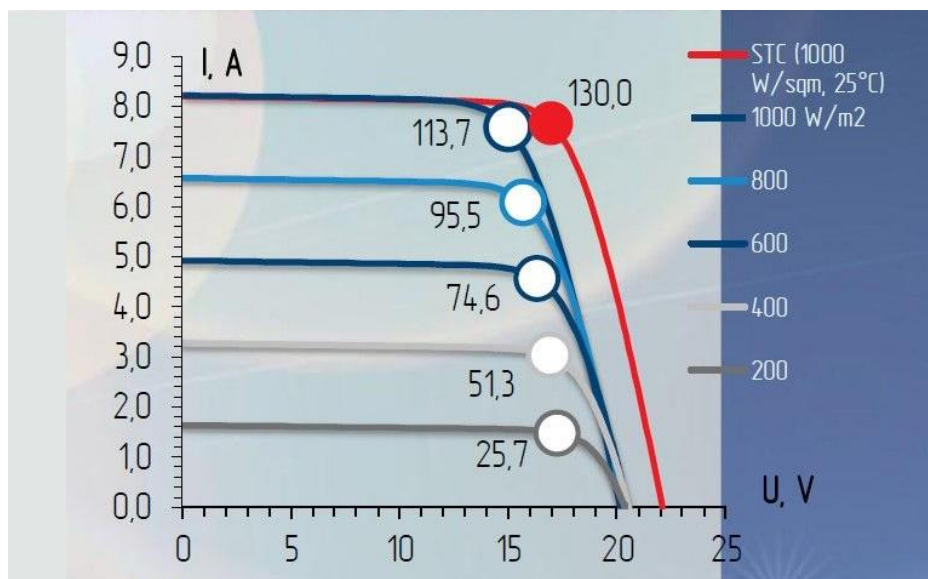
Energetik parametr	Harorat, t <sup>0</sup> C		
	0	+25	+60
Salt yurish kuchlanishi U <sub>s,yu.</sub> V	22,4	20,5	17,8
Qisqa tutashuv toki I <sub>q.t.</sub> , A	2,93	2,98	3,05
FEB maksimal quvvat nuqtasidagi tok, A	2,71	2,76	2,83
FEB maksimal quvvati, Vt	50,8	45	37,8

bu yerda,  $t$  – QE ekspluatatsiya vaqtidagi harorati,  $^{\circ}C$ ;  $\alpha_T$  - QE konstruksiyasi, turiga bog'liq holda FIK harorat koeffitsienti,  $(^{\circ}C)^{-1}$ ;  $\eta_0$  – 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.

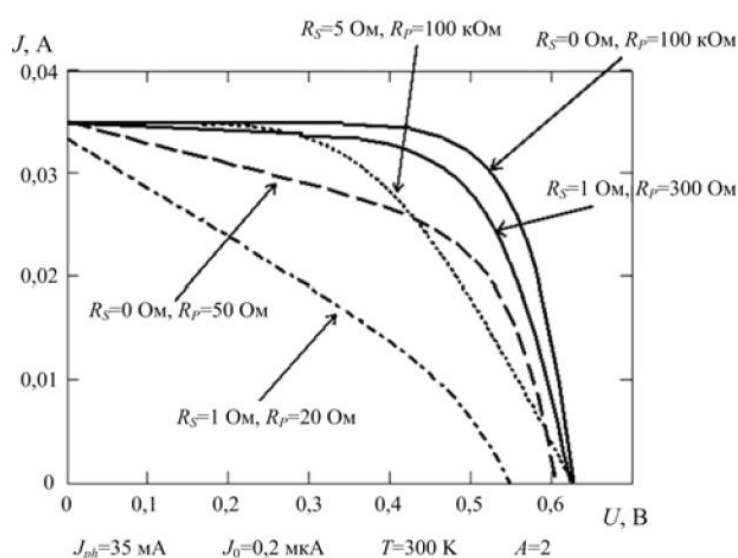




32-rasm. Quvvati 130 Vt monokristall turdagi fotoelektrik modulning yoritilganlikka bog'liqlik VAX.

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  $150 - 200 \text{ Vt/m}^2$  ni, amorf kremniyli modullar uchun  $100 \text{ Vt/m}^2$  atrofida bo'ladi (32-rasm).

Shuningdek FIK ga ketma-ketlik  $R_s$  va parallellik qarshiliklarining  $R_p$  ham ta'siri mavjud. 33-rasmda  $R_s$  va  $R_p$  ning har xil qiymatlari orqali hosil qilingan bir qancha VAX keltirilgan.



33-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.

### **3.4. 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 p-n 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.

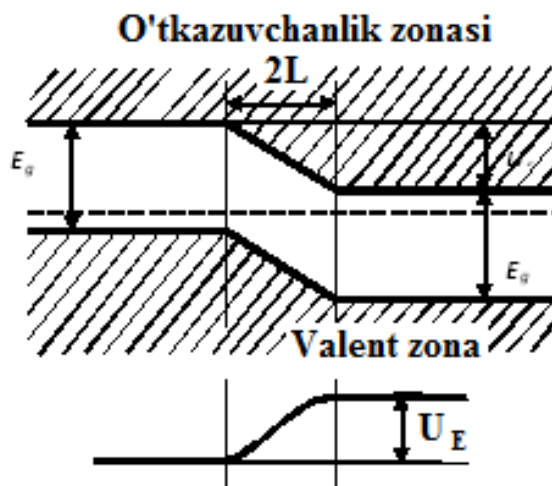
### **Quyosh elementlari konstruksiyalari**

Keng tarkalgan 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 sirtidan 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 p-n 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 n-qismiga o'tadi. Tashqi p- va n -sohalarni birlashtiruvchi elektrodlarda (kontaktlarda) potenciallar 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 p-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 potenciallar 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



34-rasm. Yoritilmagan p-n 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 xol uchun elektrostatik potensial,  $E_g$  – man qilingan soha kengligi, shtrixlangan chiziq – muvozanat holi uchun Fermi sathi.

p-n o'tishga qo'yilgan elektr kuchlanishi ta'siri natijasida to'g'ri yo'nalishdagi tok bilan deyarli teng bo'ladi. 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 (34-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 statsionar muvozanat hosil bo'ladi. Odatda bu hol yoritilish jarayonining mingdan bir soniyasi davomida ro'y beradi.

QE qisqa tutashuv toki  $I_{kz}$  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:

$$I_{kzyu}(\lambda) = I_{kzt}(\lambda)/[1-r(\lambda)] \quad (81)$$

bu yerda  $I_{kzt}(\lambda)$  va  $I_{kzyu}(\lambda)$  – QE qisqa tutashuv tokining qiymati, berilgan intensivlikdagi tushayotgan va yutilgan nurlanish uchun,  $r(\lambda)$  - birlamchi qaytish koefitsienti. Keltirilgan uchala kattaliklar xam bir xil to‘lqin 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  $N_o$  –  $Y\alpha O'$  material sirtining birlik yuzasiga tushayotgan kvantlar soni bo‘lsa, u holda

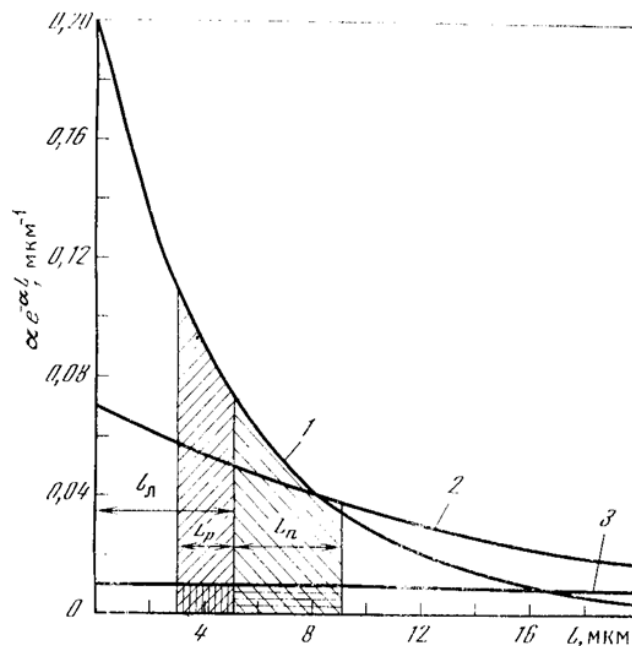
$$Q_{eff} = I_{kz} / N_o \quad (82)$$

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

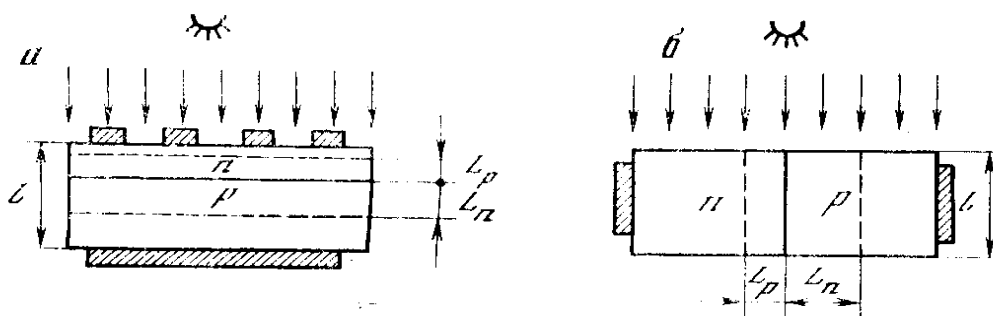
$$Q_{eff} = \beta \gamma \quad (83)$$

$\beta$ -ichki fotoeffektning kvant chiqishidir. Bu kattalik har bir yutilgan kvant uchun fotoionizatsiya jarayonida  $Y\alpha O'$  ichida hosil bo‘ladigan elektron-teshik juftliklarni ko‘rsatadi.  $\gamma$  – p-n o‘tish potensial to‘siqining tok tashuvchilarni yig‘ish (jamlash) koefitsientidir, yoki boshqachasiga aytganda tok tashuvchilarning ajratish koefitsienti ham deyiladi.



35-rasm. Har xil to‘lqin uzunlikka ega bo‘lgan nurlanishning kremniy asosidagi r-p o‘tishga perpendikulyar tushgan hol uchun hosil bo‘lgan elektron-teshik juftliklarining taqsimlanishi. 1-  $\lambda = 0,619$  mkm,  $\alpha = 2000 \text{ sm}^{-1}$ ; 2-  $\lambda = 0,81$  mkm,  $\alpha = 700 \text{ sm}^{-1}$ ; 3-  $\lambda = 0,92$  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‘lqin 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 (35-rasmga 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 o‘tish chuqurligi ( $\ell$ ) o‘ynaydi, chunki hosil bo‘layotgan va ajratilishi kerak bo‘lgan juftliklar ularga bog‘liqdir.



36-rasm. Yarim o'tkazgichli kristallda r-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;  $\ell$  - yarim o'tkazgichda nurlanishning kirish chegarasi; shtrixlangan sohalarda – 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 36- rasmda keltirilgan holi uchun ko'rib o'tamiz.

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

2-hol. Optik nurlanish yo'nalishiga r-n o'tish parallel joylashgan 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.

$$\gamma = (L_n + L_r) / \ell \quad \text{va} \quad \gamma = (L_n + L_r) / d \quad (84)$$

bu yerda,  $L_r$  – 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 r-n o'tishga nisbatan ularning taqsimlanishi muhimdir. YaO' ichida juftliklarning material chuqurligiga nisbatan bir tekis hosil bo'lishi ularning r-n o'tish

tomon diffuziya hodisasi orqali ajratilish jarayoni uchun o'ta muhimdir. Shuning uchun, ko'p p-n 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'liqlik qismida, bu konstruktsiya 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 p-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'liqlik 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 konstruktsiya elementiga qaytish maqsadga muvofiqdir.

Parallel joylashgan p-n o'tishli QE larida hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklar konsentratsiyasi ( $M$ ) matyerial yuzasidan ichkarisiga qarab o'zgaradi. Perpendikulyar joylashgan p-n o'tishli QE konstruktsiyasi uchun esa p-tipdagi material uchun ham n-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:

$$M = N_0 \alpha \exp(-\alpha \ell) \quad (85)$$

bu yerda,  $N_0$ -bir birlik yuzaga tushayotgan kvantlar soni. Juftliklar soni, ichkariga qarab kamayib boradi. Ularning sonini  $Y_{AO}$  materialda yutilishi mumkin bo'lgan sohada  $\alpha(E)$  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  $Y_{AO}$  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.  $\gamma$  ni va  $I_{kz}$  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 sirtida 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.

### 3.5. 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 stabilligi, yoritilganlikning bir tekisliligi, 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 (KB) 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 guruhleri parametrlarini o'lchash uchun QNI lar impulsli ksenon lampalar asosida tayyorlanadi. Bu qurilmalar optik qismlarsiz ishlaydi. Bir tekis yoritilganlikka erishish uchun lampalar QB laridan keraklicha uzokda 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.

### **3.6. Etalon quyosh elementlari va ularni graduировkalash**

Quyosh nurlanishi imitatorlarining nurlanish energiyasining spektral taqsimlanishi standart quyosh nurlanishidan albatta farq qiladi. QE sezgirliги selektiv (tanlovchi) bo'lgani uchun QNI intensivligini noselektiv 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 noselektiv 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  $I_{kz}$ , atmosfera holati har xil bo'lsa, o'lchangan tok farqi 15 % gacha bo'lishi mumkin.

Etalon QE larining qisqa tutashuv tokini aniqlab graduировka 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  $I_{kz}$  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, r-p o'tish chuqurligi 0,5 mkm li QE ning qisqa tutashuv toki  $I_{kz}$  koinot sharoitida, energetik yoritilganligi suvli filtrdan (  $d=40$  mm li) keyin 780 Vt/m<sup>2</sup> ga teng bo'lgan va filtrsiz esa 960 Vt/ m<sup>2</sup> ga teng bo'lgan element tokiga teng bo'ladi. Bundan farqli, ikkala hol uchun ham etalon QE shunday lampa yorug'ligida 1360 Vt/m<sup>2</sup> 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 xarakteristikalarini 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, garduirovka 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  $I_{kz}$  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.

Graduirovka qilishning ikki prinsipial farq qiluvchi turi mavjud:

bevosita quyosh nurlanishidan foydalanish usuli;

laboratoriya sharoitida o'lchov vositalarini va oldindan o'lchangan davlat etalonini qo'llash usuli.

Yer sharoitida bevosita quyosh nurlanishidan foydalanish usuli odatda ko'proq 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  $\ln I_{kz}$  ni nul atmosfera massasiga chiziqli ekstropolyasiya qilish bilan topiladi. O'lchash jarayonini kunning birinchi yarmida olib borish ma'qoqlroqdir.

## **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. Payvandlashda QE kontakt qismidagi kanallarga flyus qo'yilib ustidan mis shina payanik yordamida qizdirilib payvandlanadi. Tayyor bo'lgan QE maxsus qutilarga joylanadi.



37-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'lmashligi kerak.

## **2. Bosqich.Ultratovush yordamida distillangan suvda QE tozalash.**

So'ngra 60 gradus haroratli distillangan suvda ultra tovush yordamida QE tozalash amalga oshiriladi. 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.



38-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. 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.



39- 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.





40-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 koeffitsientiga 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.

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.



41-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 138-150°C harorat saqlanadi. Vakuum pechidan olingandan so'ng modulning hamma komponentlari bilan mahkam yagona bo'lib qoladi (41- rasm).



42-rasm. Fotoelektrik modul laminatsiya pechidan so'ng

Laminatsiyadan so'ng fotoelektrik modul maxsus simulyatorga joylashtiriladi va elektrofizik parametrlari, xarakteristikalarini olinadi. Quyosh fotoelektrik panellarining parametrlari butun dunyoda ishlab chiqaruvchilar tomonidan standart test sharoiti (STC) da olib boriladi. Bunda quyidagilar hisoga olinadi: ( $E=1000 \text{ Vt/m}^2$ , fotoelektrik modul harorati - 25°C, atmosfera massasi AM1,5).

Olingan natijalar etiketkada (43-rasm) aks ettirilgan holda fotoelektrik modulning orqa tomoniga yopishtiriladi.

 <b>KYOCERA</b> PHOTOVOLTAIC MODULE			
MODEL KD220GX-LFBS			
IRRADIANCE AND CELL TEMPERATURE	1000Wm <sup>-2</sup> AM 1.5 25° C	800Wm <sup>-2</sup> AM 1.5 47.9° C	MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE  600V
Pmax	220W	156W	
Vpmax	26.6V	23.6V	
Ipmax	8.28A	6.62A	
Voc	33.2V	-	MASS 18.6Kg
Isc	8.98A	-	
SERIAL NO. 11YPSY0545			Q

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

Fotoelektrik moduli etiketkasida quyidagi parametrlar ( $U_{s,yu}$ ,  $I_{q,t}$ , MQN,  $V_n$ ,  $I_n$ , pik quvvati, 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 (44-rasm).



A

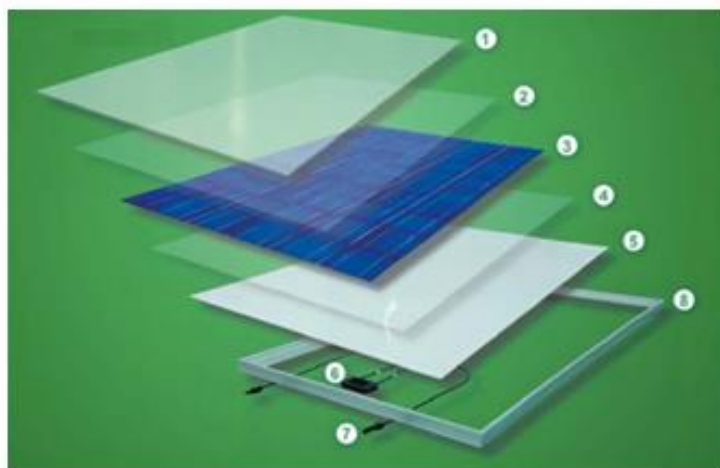


B

44-rasm. A-alyuminiy karkasni montaj qilish; B-klemmalı 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 (45-rasm) quyidagi qismlardan tashkil topgan:



45-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.

11-jadval

<b>QE silikon smola asosida laminatsiyalash</b>			<b>QE EVA plenksi yordamida maxsus qurilmada laminatsiyalash</b>		
$I_{k.z.}$ A	$U_{xx.}$ V	Pik quvvat $V_t$	$I_{k.z.}$ A	$U_{xx.}$ V	Pik quvvat $V_t$
8,3	23,1	150	9,2	24,1	165,1
Smena davomidagi unumdorlik			Smena davomidagi unumdorlik		
300 $V_t$			1650 $V_t$		
Laminatsiyalash jarayonida elektr energiya harajatlari, kVt soat/kun			Laminatsiyalash jarayonida elektr energiya harajatlari, kVt soat/kun		
0			Bolee 150		

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 jinsli emasligi sabab FEB tok ko'rsatkichi bo'yicha parametrlarining tushuvi ruy beradi.

Afzalligi, elektr energiyasi uzulish holatlarida ham laboratoriya sharoitida tayyorlash mumkin. Quyidagi 1-jadvalda o'lchamlari 156x156 mm<sup>2</sup> bo'lgan QE laminatsiyalashning 2 usulda tayyorlashdagi FEB parametrlari keltirilgan.

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, 2-holatda tayyorlangan tekstura yuzaga ega 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) kadmium-tellur asosida (CdTe);
- 3) diselenid galliy-mis-indiy(CIS ili CIGS);
- 4) organik qo'shimchali sintetik materiallar asosida (dye-sensitized solar cell);

Yupqa qatlamli QE o'ziga quyida olti qatlamni biriktiradi. Shaffof qoplamadan iborat antiaksilanuvchi 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 arzonroq, 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. 12-jadvalda bu ikki texnologiyaning qisqacha taqqoslash holati keltirilgan.

12 - 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). Kadmium tellur (CdTe). Diselenid galliy-mis-indiy(CIS yoki CIGS). Organik elementlar (OPV/ DSC/ DYSC).

Maksimal quvvat nuqtasidagi kuchlanishning salt yurish kuchlanishiga nisbati $U_r / U_{xx}$	80%–85%	72%–78%
Harorat ko'effitsientlari (yuqori atrof muhit haroratlarida harorat ko'effitsientining kichik Qiymati yaxshi ko'rsatkich)	(–0,4%/gradus, –0,5%/gradus) dan yuqori	(–0,1%/gradus, (–0,2%/gradus) dan kam
Volt-amper xarakteristikasining to'ldirish ko'effitsienti	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 uylar, savdo ob'ektlari, tarmoqqa generatsiyalash	Aholi yashaydigan uylar, savdo ob'ektlari, tarmoqqa generatsiyalash
Talab qilinayotgan maydon	150 Vt/m <sup>2</sup> 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. 13-jadvalda mono va polikristall quyosh fotoelektrik modullarini ba'zi qiyoslash natijalari keltirilgan.



<b>Parametr</b>	<b>Monokristall kremniyli modul</b>	<b>Polikristall kremniyli modul</b>
QE kristall strukturasi	Hamma kristallar bitta yo'nalishda orientatsiyalangan, kristall donalari parallel	Hamma kristallar har xil yo'nalishda orientatsiyalangan, kristall donalari parallel emas
QE ishlab chiqarish texnologiyasi	Monokristall kremniy silindrlari plastinalarga kesiladi, so'ngra kvadrat shaklda yana kesiladi	To'g'ri to'rtburchak shakldagi polikristall ishlanmalar plastinalarga kesiladi
QE tayrlash harorati	1400 °C	800–1000 °C
QE shakli	kvazikvadrat, kvazi to'g'ri to'rtburchak	To'g'ri to'rtburchak, 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 ko'pgina qurilmalarda dala sharoitlarida uzoq yillar sinovdan o'tkazildi. Amaliyot shuni ko'rsatdiki, 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 – etilenvinilatsetatning ultrabinafsha va harorat degradatsiyaga uchrashidir. Modullar tayyorlashda foydalaniladigan laminatsiya texnologiyasi vakuum pechida 150 °S gacha qizitish va 1 MVt quvvatda quyosh modullarini tayyorlash uchun 80 000 kVtsoat elektr energiyasi harajatlarini talab qiladi. RF Qishloq xo'jaligini



elektrlashtirish umummilliy tadqiqot instituti olimlari tomonidan taklif qilingan yangi texnologiyada etilenvinilatsetat 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 kVtsoat/MVt ga kamayadi. Bundan tashqari yaroqlilik muddatining 2 marta ortishi 1 MVt pik quvvatli FES uchun elektr energiya ishlab chiqarishni 20 mln. kVtsoatga 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'rtli 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'rtburchakning 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 konsentratorlari, 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 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  $\text{g/sm}^2$ ) 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:

$$\gamma = \left| 1 - \frac{\eta_1}{\eta_0} \right| \quad (86)$$

$\eta_1$  - (changlangan oynada ) FEBning ekspluatatsiya vaqtining, qandaydir vaqtidagi FIK;  $\eta_0$ - (toza oynada) ekpluatatsiya boshlanishidan oldingi FEB ning FIK. Agar QE FIK formulasidan foydalansak ifoda:

$$\eta = ff \frac{j_{sc} U_{oc}}{ws} \quad (87)$$

unda (81) quyidagicha yozish mumkin:

$$\gamma = \left| 1 - \frac{j_{sc,1}}{j_{sc,0}} \right| \quad (88)$$

bu yerda  $j_{sc,1}$  – qisqa tutashuv toki zichligi,  $j_{sc,0}$  – salt yurish kuchlanishi,  $ff$  - volt-amper 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:

$$j_{sc} = \frac{q}{hc} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda \cdot T(\lambda) \cdot E(\lambda) \cdot Q(\lambda) \cdot (1 - R(\lambda)) d\lambda \quad (89)$$

q - elektron zaryadi, h - Plank doimiysi, c - yorug'lik tezligi,  $\lambda$  - QN to'lqin uzunligi,  $E(\lambda)$  - QN energiyasi oqim zichligining spektral taqsimoti,  $T(\lambda)$  - shishaning o'tkazish ko'effitsienti,  $Q(\lambda)$  - yig'ish ko'effitsienti,  $R(\lambda)$  - Shisha - antiakslantiruvchi tizimning akslantirish ko'effitsienti,  $\lambda_1 \lambda_2$  - QE spektral sezuvchanlik sohasining chegaralari. Shunday qilib spektrning quyoshli sohasida

(0,4-2,55mkm) shishaning sindirish ko'rsatkichi dispersiyasi sezilarsiz bo'lgani uchun (89) dagi o'tkazish ko'effitsientini o'rtacha qiymat bilan almashtirib, integraldan chiqarsak, unda (88) quyidagicha yoziladi:

$$\gamma = \left| 1 - \frac{T_1}{T_0} \right| \quad (90)$$

bu yerda  $T_0$ ,  $T_1$  - toza va ifloslangan shishalarning o'tkazish ko'effitsientining o'rtacha qiymatlari.

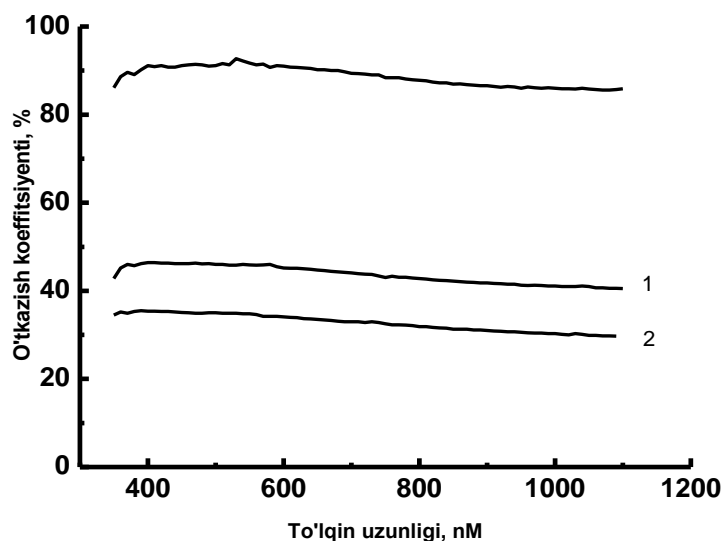
O'zR FA "Fizika-Quyosh" IICHB Fizika texnika institutida tadqiqot olib borilib 4.06.2014 dan 24.09.2014 yil vaqt oralig'ida Toshkent shahri markazidagi ko'chalarga o'tkazish ko'effitsienti 88,6% bo'lgan uchta shisha joylashtirildi.

Bu uchta shishaning fotoplastinkaning yorug'lik o'tkazish ko'effitsienti Lambda EZ-150 spektrofotometrda o'lchandi. O'lchash natijalari 46- rasmda keltirilgan. (90) bo'yicha hisoblash natijalari 14 jadvalda keltirilgan. Toza plastinkaning o'tkazish ko'effitsientining o'rtacha qiymati 88,6%.

14 - jadval

Spektr raqami	T,%	$\gamma$ , %
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.



46-rasm. Toza fotoplastinkaning (raqamsiz) va ko‘chada 80 kun (1), 110 kun (2) davomida ekspozitsiyadan keyin fotoplastinkalarning o‘lchangan 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 FEB ning 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.

$$Q_s = Q_r + Q_c \quad (91)$$

$$Q_r = \sigma(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(T^4 - T_0^4) \quad (92)$$

$$Q_c = 2\alpha(T - T_0) \quad (93)$$

$$Q_s = (1 - \eta) \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (1 - R(\lambda)) \cdot E(\lambda) d\lambda \quad (94)$$

bu yerda  $T_0$  – atrof–muhit (havoning ) harorati;  $\varepsilon_1$  - shishaning nurlanish qobiliyati;  $\varepsilon_2$  - EVA ning nurlanish qobiliyati;  $\sigma$  - Stefan-Bolsman doimiysi;  $\alpha$  - issiqlik berish koefitsienti;  $\lambda$  - QN to‘lqin uzunligi;  $R(\lambda)$ -yuzaning akslanish spektr koefitsienti;  $E(\lambda)$  - QN oqim zichligi.

Issiqlik uzatish koefitsienti uchun ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \gamma}{l} \quad (95)$$

$$Nu = 0,032 \left( v \frac{1}{\nu} \right)^{0,8} \quad (96)$$

bu yerda  $Nu$  - Nusselt kriteriyasi (soni)  $l$  - xarakterli uzunlik,  $\gamma$  va  $\nu$  - issiqlik o‘tkazuvchanlik koefitsienti va havoning kinematik yopishqoqligi;  $\nu$  - havoning harakat tezligi.

Quyosh nuri spektr diapazonida shisha yorug‘lik nuri yutilmasligi sababli, n-shishaning sindirish ko‘rsatkichi kattaligini, u holda (94) quyidagicha yozish mumkin.

$$Q_s = (1 - \eta) \cdot \tau \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) d\lambda \quad (97)$$

Shishada ko‘p karrali akslanishlarni hisobga olganda o‘tkazish koefitsienti  $\tau$ -ifodasi quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$\tau = \frac{2n}{n^2 + 1} \quad (98)$$

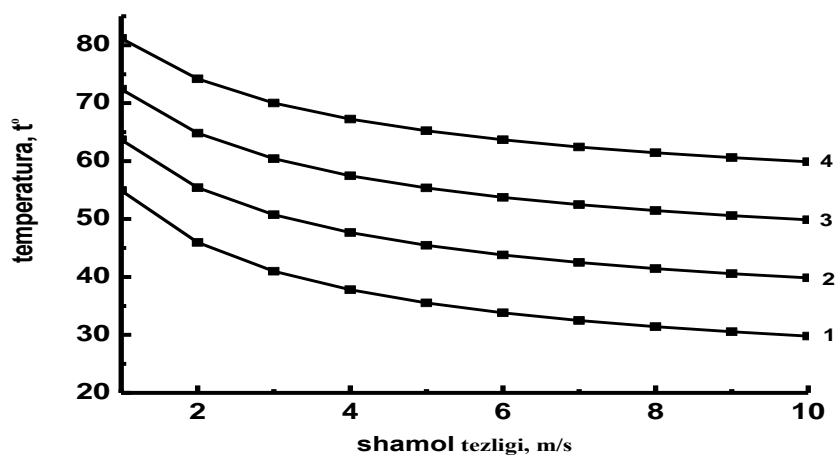
Sindirish ko‘rsatkichi 1,48-1,53 bo‘lgan shishalar uchun o‘tkazish koefitsientining o‘rtacha qiymati  $\tau=0.92$  ga teng. AM1,5D modeli uchun  $\lambda_1=0,4$  mkm dan  $\lambda_2=2,55$ mkm gacha oraliqda integral kattaligi 961,0 Vt/m<sup>2</sup> ga teng. Agar

$x=T/T_0$  o'lchamsiz o'zgaruvchi kiritilsa, unda (91) ni (92) -(98) gacha bo'lgan ifodalarni hisobga olib quyidagi tenglama ko'rinishida yozish mumkin:

$$x^4 + \frac{2\alpha}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\sigma T_0^3} x - \left(1 + \frac{Q_s + 2\alpha T_0}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\sigma T_0^4}\right) = 0 \quad (99)$$

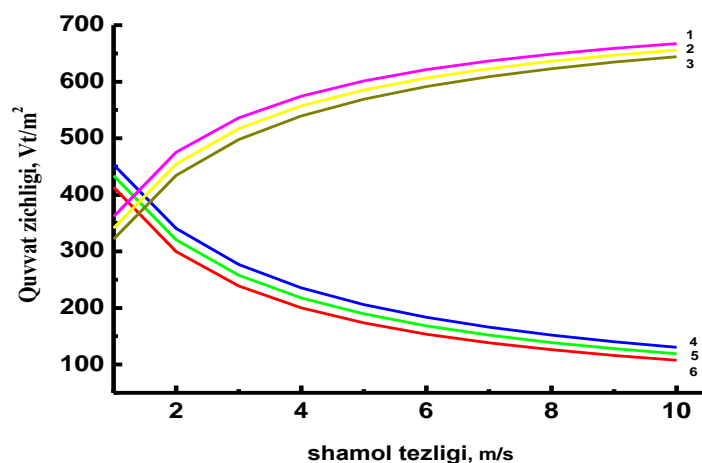
Boshlang'ich ma'lumotlar: shishaning nurlanish qobiliyati  $\varepsilon_1=0,937$ , kremniyda EVA plenkasining nurlanish qobiliyati  $\varepsilon_2=0,72$  termoradiometr (TPM) yordamida o'lchangan,  $\gamma, \nu$  qiymatlari ilmiy ma'lumotnomalardan olindi.

Atrof-muhitning xar xil harorati uchun  $\eta=16\%$  FEB hisobga olib (99) tenglamaning uchun echimi 47-rasmda keltirilgan.



1-20°C; 2-30°C; 3-40°C; 4-50°C;

47-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.

48-rasm. Xususiy konvektiv issiqlik almashinuvi oʻzgarishi (1, 2, 3) va issiqlik nurlanishi (4,5,6) ning shamol tezligi va atrof –muhit haroratiga bogʻliqligi.

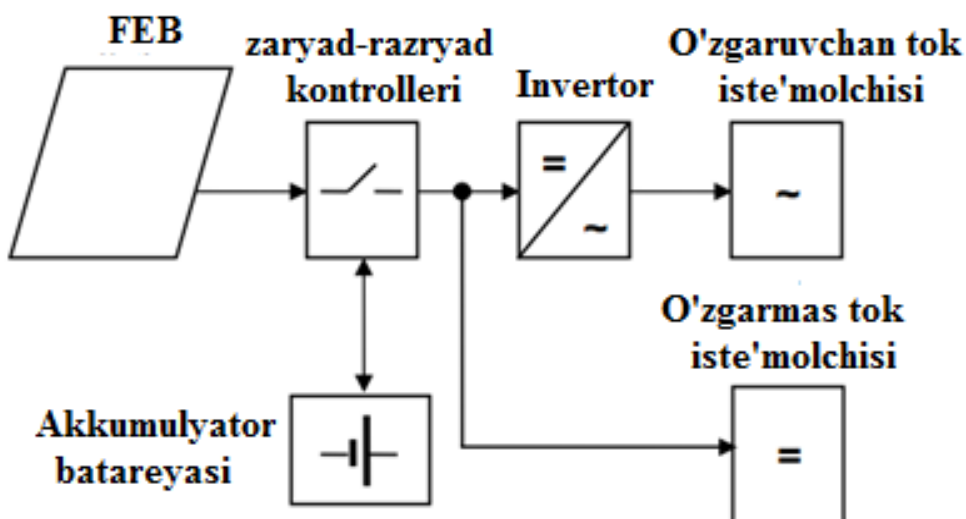
Agar atrof-muhit harorati 30°C dan kichik boʻlsa, FEBning harorati shamol tezligiga qattiq bogʻliq boʻladi. Shamol tezligi 10 m/s ga etganda harorat – 40% ga kamayadi. Bunday hollarda Fotoelektrik issiqlik qurilmasidan foydalanish yaxshi samara bermaydi. Agar atrof-muhit harorati 30°C dan yuqori boʻlsa, shamol tezligi ortishi bilan FEB ning harorat oʻzgarishi sezilarsiz (~20%) boʻlib FEBning samarali ishlashi uchun uni sovutish kerak boʻladi.

48-rasmda xususiy issiqlik nurlanishi oqimi  $Q_r$  va konvektiv issiqlik almashinuvi  $Q_c$  ning shamol tezligi va atrof-muhit xaroratiga bogʻliqligi hisobi natijalari keltirilgan. Shamol tezligi 2 m/s dan kam boʻlganda FEB ham konvektiv, ham radiatsion issiqlik almashinuvi hisobiga sovutiladi. Shamolning 2 m/s dan yuqori tezligida konvektiv issiqlik almashinuvi radiatsion issiqlik almashinuvidan ustun boʻladi. Kombinatsiyalashgan geliotexnik qurilmalarni loyihalashda uning konvektiv issiqlik almashinuvi haroratiga u foydalaniladigan hududning iqlimiy sharoitlarini hisobga olgan maʼqul.



#### 4.6. Avtonom fotoelektrik stansiyalar

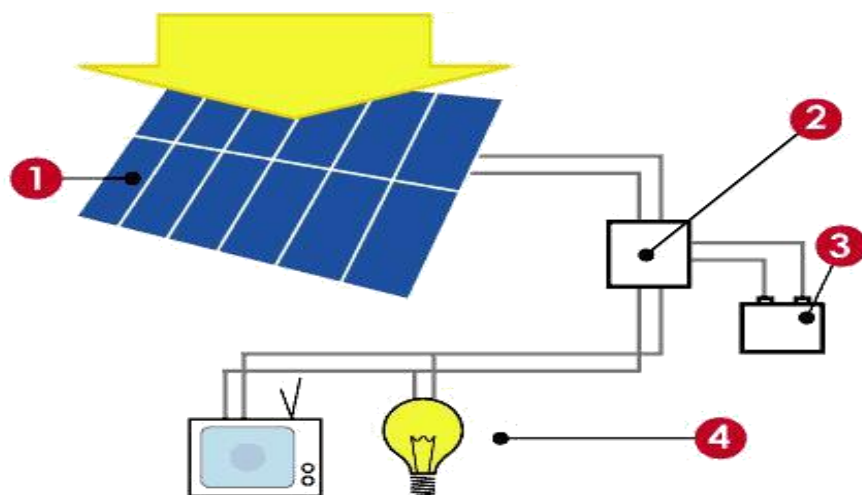
Elektr uzatish liniyalaridan uzoqda joylashgan elektr ta'minoti uchun mo'ljallangan quvvati 0,01...100 kVt bo'lgan sodda AFES larning strukturaviy sxemasi 49-rasmda keltirilgan.



49-rasm.AFES ning soddalashgan 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 (50-rasm).

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.



50-rasm. Avtonom fotoelektrik tizim:

1 – quyosh paneli; 2 – kontroller; 3 – AB; 4 – yuklama

Tayanch konstruksiya

Yirik fotoelektrik tizimlar uchun kichik nusxadan sanoat darajadagi nusxasigacha tayyorlanadigan konstruksiyalarning turli xillari mavjud. Bunday konstruksiya metallardan yoki sintetik materiallardan tayyorlanadi. Fotoelektrik tizimlarni oʻrnatish vaqtidagi holatga qarab tayanch konstruksiyalarning turli xil turlari mavjud. Tarmoq bilan bogʻlangan tizimlar uchun tayanch konstruksiyalarning yassi yoki tomda kichik burchak ostida, shuningdek uy fasadlari uchun turlari mavjud. Tarmoq bilan bogʻlangan tizimlar bino konstruksiyasining elementi ham boʻlishi mumkin (integratsiyalashgan quyosh tizimlari)

### **Zaryad-razryad kontrollerlari**

Avtonom fotoelektrik tizimlarda zaryad-razryad kontrollerlari ortiqcha energiya sarfi boʻlganda akkumulyator batareyasini (AB) chuqur razryaddan himoya qilish va AB toʻliq zaryad holatida quyosh paneli elektr energiya generatsiya vaqtida AB ni qaytadan zaryadlanish holatidan asraydi. (51-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.



51-rasm. Zaryad-razryad kontrollerlari

### **Keng –impulsli modulyasiyalı 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.

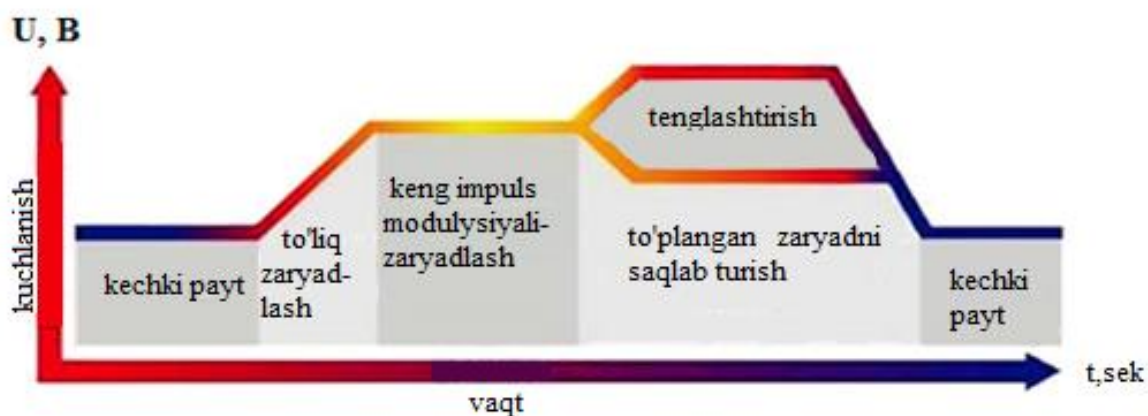
Zamonaviy kontrollerlar zaryadning tugash bosqichida keng impuls modulyasiyalı zaryad toki (KIMZT) deb nomlanadigan jarayondan foydalaniladi. Bunda AB zaryadi 100% gacha zaryadlanadi. 52- rasmda quyosh paneli yordamida AB zaryadlashning 4 ta bosqichi ko'rsatilgan:

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.



52-rasm. Quyosh panelidan AB zaryadlashda bosqichlar

### **Maksimal quvvat nuqtasini kuzatishga mo'ljallangan kontrollerlar**

Quyosh batareyalari ishlab chiqarayotgan energiya miqdorini oshirish kerak bo'lsa, qo'shimcha quyosh panellari qo'shmasdan ham oddiy kontrollerlarni 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 energiyani 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.

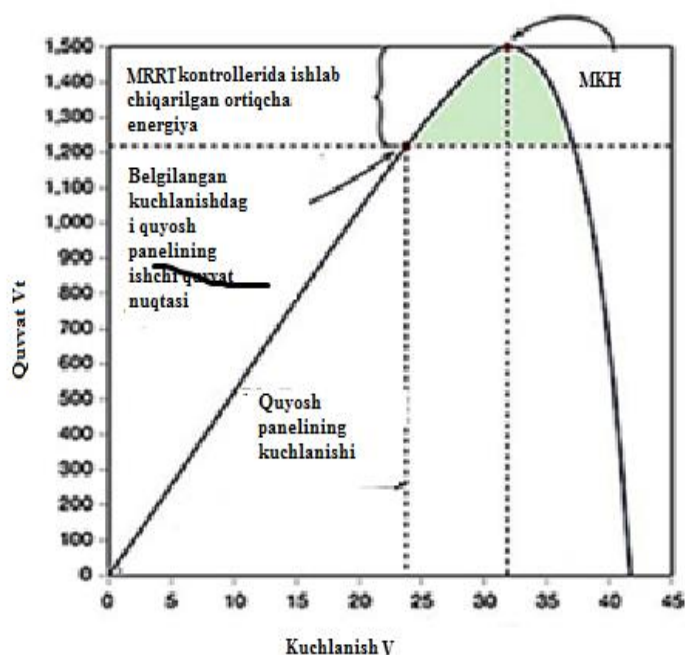
3. Uchinchi usul – «Percentage of open circuit voltage». Salt yurish kuchlanishi va ( $U_{xx} \cdot k$ ) darajasidagi ishchi nuqta o'lchanadi. Bu yerda  $k=0$  dan 1 gacha bo'lishi mumkin ( $k=0.8$ ). Nuqta navbatdagi skanerlash jarayonigacha ushlab turiladi. Bunday usul panellarda soya tushishi va bulut 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 MRRT-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.

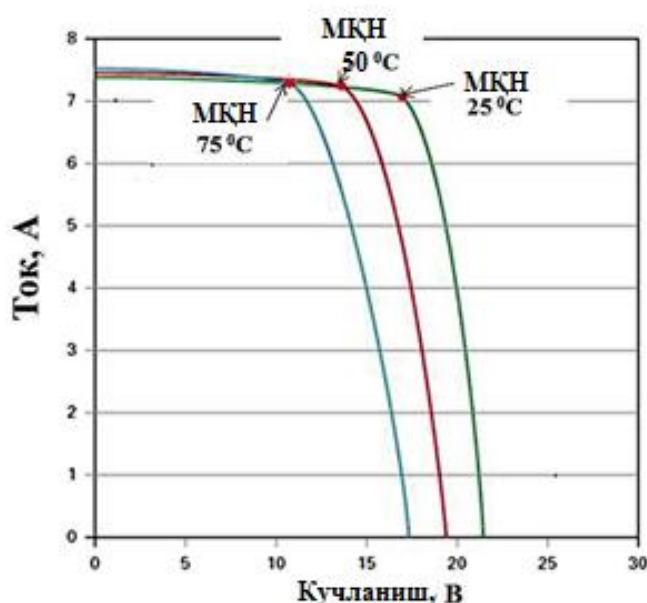
Ishlab chiqarish jarayoniga eng ko‘p hissa asosan, panellarning past haroratlarda va razryadlangan AB sodir bo‘ladi.



53-rasm. MRRT – kontrollerdan foydalanganda qo‘shimcha ravishda olingan energiya miqdori

Maksimal quvvat nuqtasida quyosh panelining kuchlanishi panelning har xil harorat kattaliklarida o‘zgaradi (54- rasm). Quyosh paneli qanchalik qizisa,

kuchlanishi kamayib quyosh batareyasining ishlab chiqarish samaradordligi ham kam bo‘ladi. Qandaydir vaqtlarda TMM 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. MRRT-kontrollerlarning joriy narxi ularni 200 Vt quvvatdan boshlab quyosh panellarida yoki nostandart kuchlanishlanishga ega panellarda qo‘llash imkonini beradi.



54-rasm. Panel haroratiga bog‘liq ravishda maksimal quvvat nuqtasida quyosh paneli kuchlanishi

### Фотоelektrik tizimlar uchun invertorlar

Invertorlar 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 invertorlar (tarmoq invertorlari) 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 panellar deb nomlanadi (55- rasm).



55- 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 220V 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 220V yoki 380V o‘zgaruvchan tok kuchlanishini talab qiladi. Inverter domiy tokdagi kichik kuchlanishlar 12, 24, 32, 36,



48, 96, 120V ni yuqori kuchlanish 220V ga o'zgartirib beradi. O'zgartirish vaqtida energiya bir qismi yo'qoladi, ya'ni 5% dan – 20 % gacha, bu esa uning ish rejimi vaqtida sifatining darajasiga bog'liq bo'ladi.

Invertorlar har xil quvvatda bo'lib ularning turi qo'llash holatiga qarab tanlanadi. Kichik avtonom tizimlarda kamquvvatli invertorlar (100-1000Vt) televizor, radio, lampochkalar va boshqa jihozlarni ta'minlash uchun foydalaniladi. Bu invertorlarda kirish kuchlanishi 12V yoki 24V chiqish kuchlanishi esa 220V bo'ladi. Katta quvvatli invertorlarda kirish kuchlanishi 24V, 48V yoki 96V yoki yuqori bo'lishi mumkin. Arzon invertorlar 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 invertorlar tarmoqdagi kabi sifatli tok kabi istalgan yuklamani muammosiz ta'minlay oladi.

### **Zamonaviy invertorlar 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 invertorlar tarmoqdan AB aniq vaqtda zaryadlay olish mumkin, generatorni qo'shish kunduzi bajarilishi maqsadga muvofiq (shovqin tufayli).
- Tarmoq bilan parallel ishlay olishi. Tarmoq invertorlari 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 invertorlar generatordan yoki tarmoqdan foydalanib AB ni zaryadlashi mumkin. Bir vaqda ular energiyani bevosita iste'molchilarga ham uzatishi mumkin.

- Parallel ulash. Ba'zi invertorlar 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 energiyaning ballast qarshiliklarida havo yoki suvni qizdirish uchun foydalanish mumkin, bu esa generatsiya qilingan energiyadan maqsadli foydalanishni bildiradi, ammo muammo hanuzgacha echilmayapti.

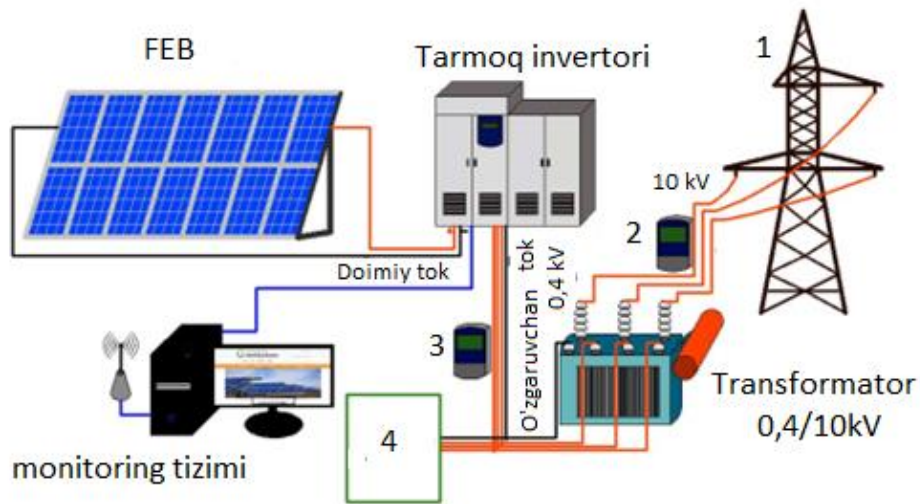
Avtonom FES ning jiddiy kamchiligi siklik rejimda ishlaydigan AB foydalanish zaruriyati hisoblanadi. Eng ko'p tarqalgan qo'rg'oshin-kislotali AB ishchi sikli (1500-2000) dan ko'p emas, shuning uchun ularni tezda almashtirish lozim bo'ladi. Katta yaroqlilik muddatiga ega sanoat akkumulyatorlaridan foydalanish (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.

#### **4.7. 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 energiyaning qabul qiluvchi katta akkumulyator hisoblanadi.

“Tarmoq” FES ning strukturaviy sxemasi 56-rasmda keltirilgan.



56-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 invertorlari, 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).

57-rasmda “Tarmoq” FES ning umumiy ko‘rinishi keltirilgan.



57-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 invertorlar ishlatilib ular tarmoq bilan integrallashadi va tarmoqni tayanch kuchlanishni shakllantirish, ishga tushirish va sinxronizatsiyalashda foydalanadi.



58-rasm. b – Alohida ko‘rinishdagi holatlari

Bunday tizimlarning kamchiligi shundaki, markaziy elektr tarmog‘ida uzilishlar bo‘lganda iste’molchilarning energiya iste’moli to‘xtab qolishi hisoblanadi. Shunday qilib tarmoq invertorlar 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 invertorlarining generatsiyasi to‘xtatilishi tarmoqda ta’mirlash ishlarini olib borish bilan bog‘liq xavfsizlikni ta’minlash bilan bog‘liq.



59-rasm. 20 kVt quvvatli quyosh fotoelektrik stansiyasining umumiy ko‘rinishi

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 kVt bo'lgan quyosh FES o'rnatilgan edi (59-rasm).

FES 60 ta ketma-ket va parallel ulangan fotoelektrik panellar (FEP), quvvati 22 kVt bo'lgan uch fazali tarmoq invertori (SMA, Sunny Tripower 22000TL), umumiy quvvati 9.9 kVt bo'lgan 3 dona akkumulyator kuchlanish invertori (SMA, Sunny Island invertors), eruvchan saqlagich (Batfuse-B.03), sig'imi 660 A·soat va yig'indi kuchlanishi 48V bo'lgan 24 ta ketma-ket ulangan elektr energiyasini akkumulyasiya qilish tizimi, elektr hisoblagichi, SMA Energy meter va distansion boshqarish uskunasiidan tashkil topgan. Shuningdek uning tarkibiga yana Wi-Fi-Router, quyoshli uy regulyatori (Sunny Home Manager) va ma'lumotlarni taqdim etish uchun monitor kiradi.



60-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 quvatdagi FEP xarakteristikalarini va parametrlari to'g'risidagi ma'lumotlar uning pasportida aks etgan:

Standart test sharoitida (STC) uning elektrik xarakteristikalarini quyidagicha olingan (Quyosh nurlanishi oqim zichligi  $1000\text{W/m}^2$ , FEPning harorati  $T=25^{\circ}\text{C}$  va



atmosfera massasi AM 1,5 ga teng). Mos keluvchi ma'lumotlar 15- jadvalda keltirilgan.

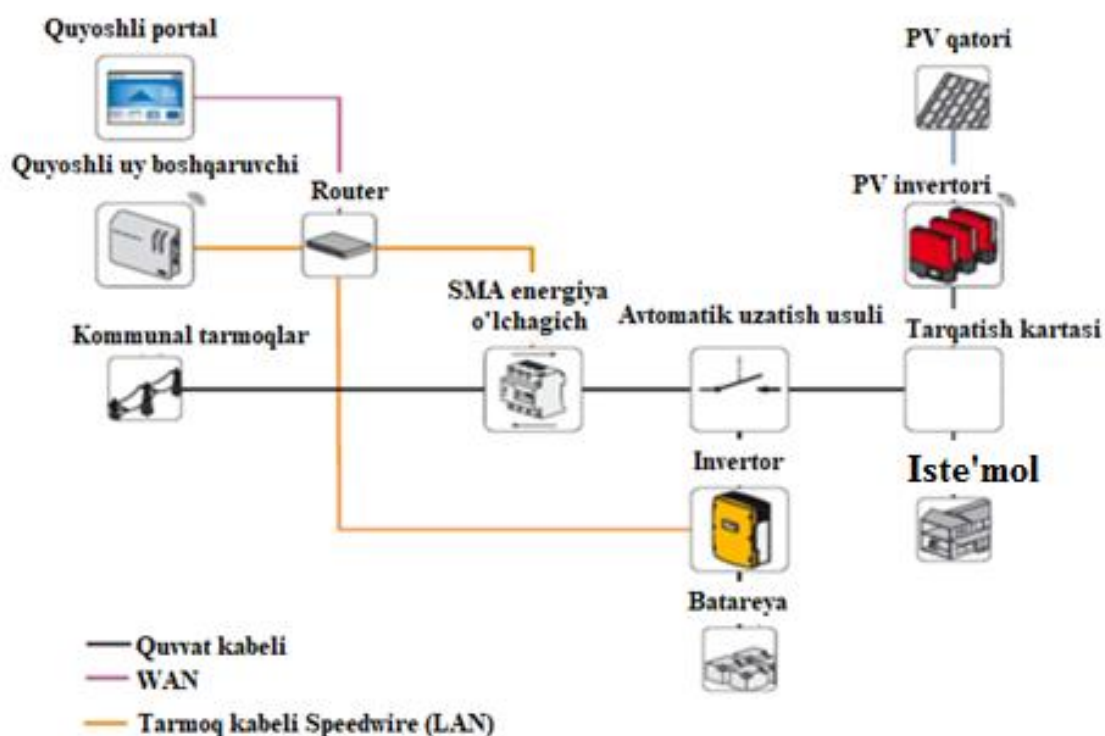
15-jadval

<b>Qisqa tutashuv toki</b> <b><math>I_{k.z.}</math></b>	<b>Salt yurish kuchlanishi</b> <b><math>U_{x.x.}</math></b>	<b>Nominal quvvatdagi tok</b> <b><math>I_{n.m}</math></b>	<b>Nominal quvvatdagi kuchlanish</b> <b><math>U_{n.m.}</math></b>	<b>Tokning maksimal qiymati</b> <b><math>I_{max}</math></b>
9,6 A	39,8 V	9,1 A	32,2 V	18 A

Hamma FEP havo oqimi sirkulyasiyasi hisobiga ularning sovutilishi 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 -  $20^0$  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. –  $41,26405^0$ ) o'rnatilganda amalga oshirish mumkin.

61-rasmda tasvirlangan 20 kW quvvatga ega FES ikkita turdagi invertorlar bazasida qurilgan bo'lib yuqori ishonchlilik va samaradorlikni ta'minlaydi. Sunny Island markasidagi akkumulyator invertori akkumulyator batareyalarini zaryadlashda ishonchli hisoblanadi. Sunny Tripower tarmoq invertori 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 invertor faqat sifatli fotoelektrik batareyalar, ya'ni qo'llanilish sinfi A, IEC 61730 standartidagi va himoya sinfi II bo'lganda foydalanish mumkin.



61-rasm. Rezerv iste'mol funksiyasiga ega fotoelektrik elektrik ta'minot tizimining strukturaviy sxemasi

Sutkaning kunduz vaqtida elektr tarmog'ida kuchlanish mavjudligida FES tarmoq invertor orqali iste'molchilarni (Controllable 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 invertorlari elektr energiya uzatishni akkumulyasiya tizimidan ola boshlaydi, bunda tarmoq invertori uchun tayanch kuchlanishni shakllantirib beradi. FES dan olinadigan energiyaning ortiqcha qismi akkumulyator zaryadlangan holatida akkumulyator invertori akkumulyatordagi kuchlanish ma'lum chegaraga tushmaguncha tarmoq invertorini o'chirib quyadi.



Ushbu strukturadan avtonom energetik tizimlarini loyihalashda ham foydalanish mumkin, lekin bu holatda akkumulyator invertorining 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 invertorlarining 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 xarakteristikallari haqida kompaniya saytida tanishish mumkin (SMA Solar Technology AG – URL: [www.SMA.de](http://www.SMA.de)).

Bunday FES lar energetikaning global muammolari va lokal energetik vazifalarni echish uchun foydalanish mumkin. 20 kVt quvvatli FES Energetika fakultetining lokal elektr tarmog‘iga parallel ulangan bo‘lib ishlab chiqarilgan energiya fakultet elektr tarmog‘iga uzatilmoqda.

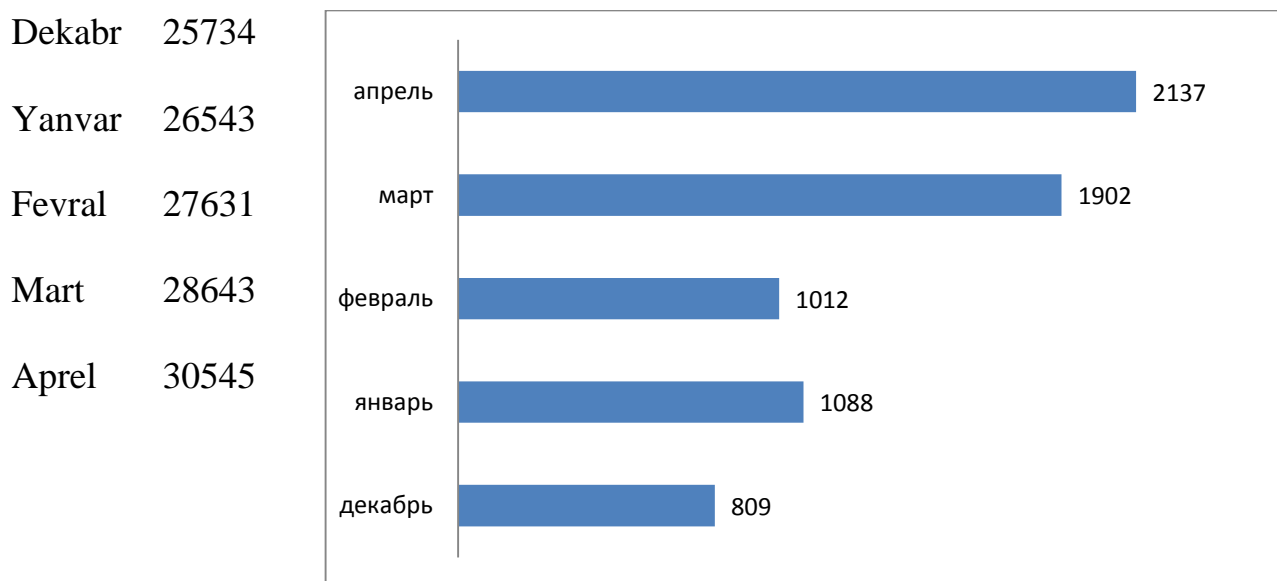
FES ishlab chiqargan elektr energiyasi, akkumulyasiyalangan energiya, iste‘mol qilingan elektr energiya elektr hisoblagichida qayd etilib so‘ngra “Elektronika va avtomatika” fakulteti binosi kirish qismidagi monitorga uzatiladi.



62-rasm. FES sutkalik va oylik parametrlarini tasvirlash uchun monitor

Maxsus dastur yordamida ekvivalent holda a'naviy yoqilg'i resurslarini tejashni hisoblab beradi. Masalan, (o'tin, ko'mir va mazut), shuningdek zaharli gaz SO<sub>2</sub> chiqindilarini oldini olishni aniqlab beradi.

Elektron hisoblagich yordamida FES texnik ko'rsatkichlarini davriy ravishda yozib olinganda quyidagi natijalar olindi. Monitoring natijalari (63-rasm) 2017 yil dekabrdan 2018 yil maygacha amalga oshirildi.



63-rasm. FESning elektr energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlari (oyiga kW\*soat).

63-rasmdan va FES ish monitoring tahlillaridan ko'rinib turibdiki, FEB yuzasiga tushayotgan quyosh radiatsiyasining ortishi bilan elektr energiyasi ishlab chiqarish ortmoqda. Bir vaqtda FES elektr energiya ishlab chiqarishi ko'rsatkichining kichikligi Toshkent shahri hududida atmosfera tarkibidagi changlanganlik konsentratsiyasining yuqoriligi, Quyoshni kuzatish tizimlarining yuqligi (trekerlar), yoz oylarida atrof muhit haroratining yuqori ko'rsatkichining ta'siri hisoblanadi.

Ta'kidlab o'tish kerakki, stansiyaning ish rejimi haqida batafsil ma'lumot olish uchun kamida bir yil davomida monitoring kuzatish ishlarini olib borish kerak.

Ushbu FES stansiyaning ish holatini baholash, optimallashtirish va ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish uchun eksperimental tajribaviy va namoyish majmuasi, shuningdek kelgusida lokal tarmog'i bilan integrallashgan FES larni loyihalash jarayonlari va qurish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

#### **4.8. 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.

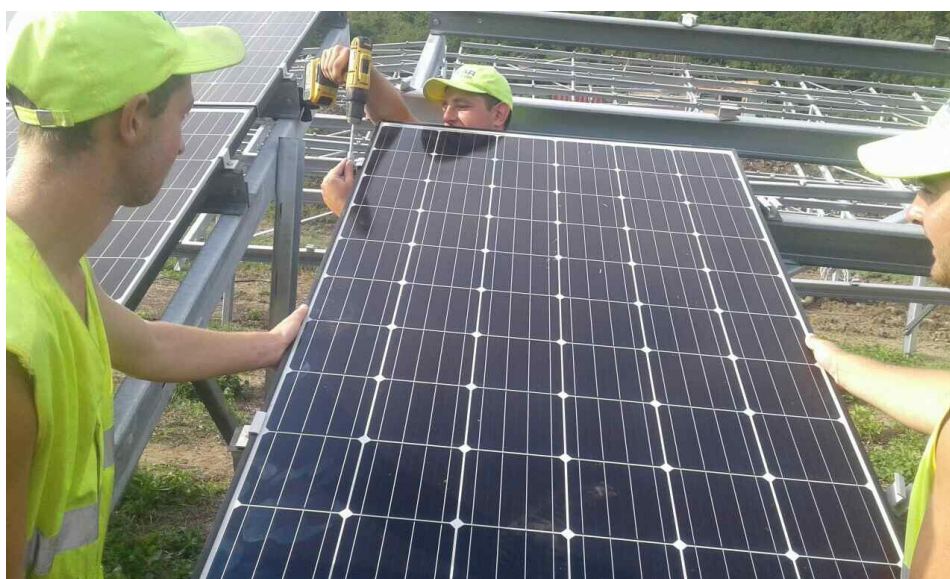
**Quyosh fotoelektrik stansiyalarini qurish va montaj qilish:** Yirik fotoelektrik tizimlar uchun kichik nusxadan sanoat darajadagi nusxasigacha tayyorlanadigan konstruksiyalarning turli xillari mavjud. Bunday konstruksiya metall dan yoki sintetik materialdan tayyorlanadi. Fotoelektrik tizimlarni o'rnatish vaqtidagi holatga qarab tayanch konstruksiyalarning turli xil turlari mavjud. Tarmoq bilan bog'langan tizimlar uchun tayanch konstruksiyalarning yassi yoki tom da 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 Yer 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.



64-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasining karkas qismini oʻrnatish



65-rasm. Quyosh fotoelektrik stansiyasida quyosh panellarini muxandislar tomonidan oʻrnatish

Yuqoridagi 64-65 rasmlarda Namanganning Pop tumanida qurilgan quvvati 130 kW boʻlgan quyosh fotoelektrik stansiyasining qurilishidan lavxalar keltirilgan. Mazkur stansiya Oʻzbekiston Respublikasining iqtisodiyot Vazirligi hamda Koreya Respublikasining savdo, sanoat va energetika Vazirligi oʻrtasida oʻzaro hamkorlik toʻgʻrisidagi Memorandumini ijrosini amalga oshirish doirasida qurilgan.

“Oʻzbekenergo” DAK Koreya Fotoelektrik Sanoati Assotsiatsiyasi bilan birgalikda Namangan viloyati Pop tumanida 130 kW quvvatga ega boʻlgan 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.





66-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 Yer 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*.



67-rasm. Ikki o'qli trekerga ega quyosh fotoelektrik stansiyasi

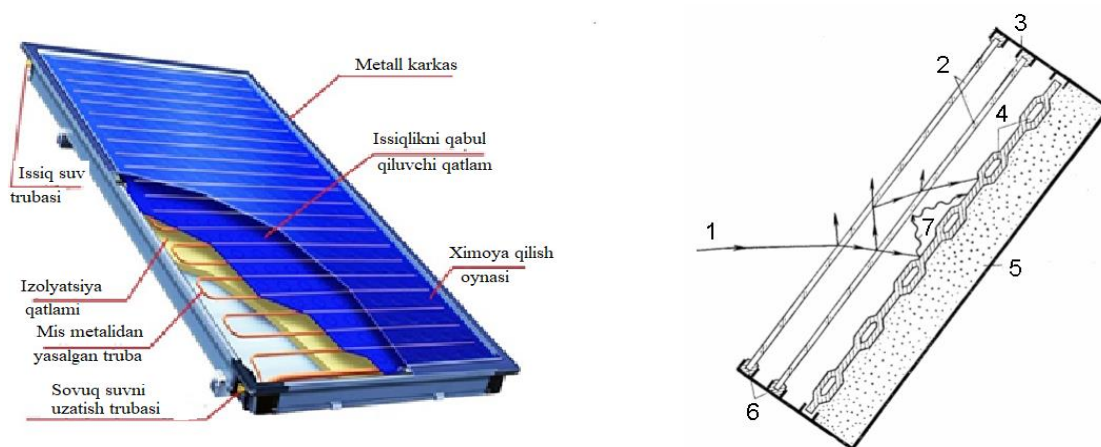
Bir o'qli treker o'z xolatini faqat bir o'qqa nisbatan o'zgartiradi. Odatda bunday treker tashqi ko'rinishidan statik konstruksiyaga o'hshab ketadi va e'tibor berib qaralganda bu konstruksiya aktuator bilan ta'minlangan bo'lib, qurilma qiyalik burchagini o'zgartirib turadi. Aktuator o'z navbatida, motor – 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  $180^0$  burchakda stolni aylantiradi. Shuningdek u gorizontol 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.

# V.BOB. YER SHAROITIDA QUYOSH ENERGETIK QURILMALARIDAN FOYDALANISH USULLARI VA ULARNING ENERGETIK XARAKTERISTIKALARI

## 5.1. Yassi quyosh kollektorlari

Keng tarqalgan suyuqlikli yassi quyosh kollektori (56-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 hamma qismi korpusga biriktirilib pastki va yon tomondan issiqlik izolyasion material bilan ta'minlanadi.



68-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.

Bunday quyosh kollektorining ish jarayoni selektiv shisha qoplamasining xossalriga bog‘liq bo‘lib qisqa to‘lqinli quyosh nurlarini o‘tqazish va qizigan yuzadan (absorber) nurlanayotgan uzunto‘lqinli radiatsiyani ushlab qolishga asoslangan bo‘lib sodir bo‘layotgan hodisa “parnik effekti” deb nomlanadi. Bunday quyosh nurlanishini selektiv o‘tqazish natijasida absorber qizib uzun to‘lqinli nurlanishni chiqara boshlaydi. Shisha qoplamasining uzun to‘lqinli nurlanishni ushlab turish hisobiga shisha-absorber o‘rtasidagi fazoda haroratning sezilarli ko‘tarilishi ruy



beradi. Shishaning nur o'tqazish xossasining yaxshilanishiga shisha yuzasini teksturalash, tarkibida temir materialini kamaytirish yordam beradi, uzun to'liqlik nurlanishni ushlab turishga esa qo'shimcha ravishda shishaga qilingan selektiv qoplamalar ko'mak beradi.



69-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  $T_{in}$  va atrof muhit harorati  $T_a$ .

Vaqt bo'yicha kollektorning yuza birligidan olinadigan foydali energiya quyidagi ifodadan topiladi ( $Q_u$ ):

$$Q_u = F_R A [I_T (\tau \alpha) - U_L (T_{in} - T_a)] \quad (95)$$

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)  $W/m^2$ ,  $\tau$ -quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning o'tkazish

koeffitsienti,  $\alpha$ - quyosh nurlanishiga nisbatan shaffof qoplamaning yutish koeffitsienti,  $U_L$ - kollektorda to'liq issiqlik yuqotilishi koeffitsienti, bu koeffitsient shamol tezligiga, shaffof qoplamalar soniga va izolyasion materiallarning xossasiga bog'liq.

Soddalashtirilgan varianti:

$$Q_u = AGC_p(T_{out} - T_{in}) \quad (96)$$

bu yerda,  $G$ - issiqlik tashuvchining solishtirma massa sarfi ( $\frac{kg}{m^2s}$ ),  $C_p$ - issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi ( $\frac{Dj}{kgK}$ ). Mos ravishda geliokollektorning FIK quyidagi formuladan aniqlanadi:

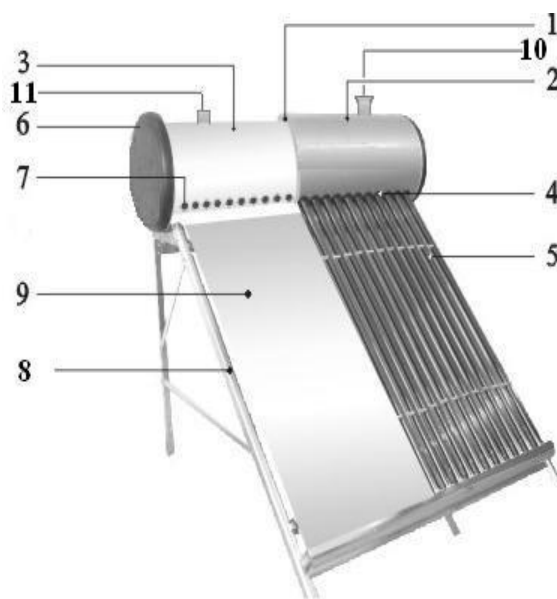
$$\eta = \frac{Q_u}{AI_T} \quad (97)$$

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

$$Q_p = GC_p(T_{out} - T_{in}) \quad (98)$$

## 5.2. Vakuum trubkali kollektorlar

Quyosh suv isitish (kollektori) qurilmalari 2 ta turdan: butun va alohda turdagi konstruksiyalarga bo'linadi.

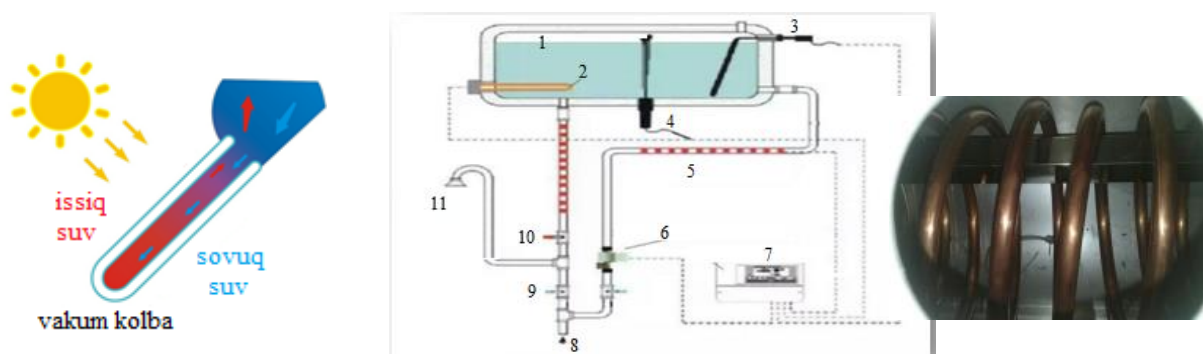


70-rasm. Butun turdagi vakuum trubkali kollektor

1 – Suv uchun bak; 2 – bakning tashqi qatlami; 3 – bakning 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 kollektoring 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.



71-rasm. Vakuum trubkali kollektorning muhim komponentlari

1-Suv uchun bak, 2-Elektr isitgich, 3-Yuqori sath datchigi, 4-Quyi sath datchigi, 5-Qizdiruvchi kabel, 6-elektromagnit klapan, 7-Aqlli kontroller, 8- Sovuq suvning kirish qismi, 9- sovuq suv krani, 10-Issiq suv krani, 11-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'rta 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  $0^{\circ}\text{C}$  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  $5^{\circ}\text{C}$ 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 kVt quvvatdagi ten qo'shish va ajratish) boshqaradi. Bu kollektordan foydalanib 9 oy davomida suvni qizdirishga bo'lgan 100% energiyani tejash mumkin.



Smart kontroller



Elektromagnit klapan



Elektr ten

## 150 l suv sig‘imiga ega quyosh vakuum trubkali kollektorning texnik xarakteristikalari.

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.

16-jadval

<b>Tarkibi</b>	<b>Konsentrik to‘liq shishali quyosh kolbalar</b>
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°S±1,5 °S)
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°S
Kichik haroratlarda ish jarayoni	0°S - 10°S
Yaroqlilik muddati	~15 yil

### **Alohida turdagi quyosh vakuum trubkali kollektor**

Alohida turdagi geliotizimda quyosh kollektori binoning tomiga o‘rnatilib, akkumulyasiya balki 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 gibril tizim sifatda qo‘llanilishi mumkin, bunda quyosh kollektorlari gaz yoki elektrik qozonlar bilan mujassamlashgan holatda bo‘ladi .



72-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:

$$\eta_{v.t.k} = \frac{Q_k}{I_T F_k} \quad (99)$$

quyosh kollektoridan olingan foydali energiyani issiqlik yuqotishlari va optik FIK ta'sirini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_k = I_T \cdot (\tau\alpha)F_k - U_k F_k (T_k - T_a) \quad (100)$$

(1)va (2) bog'liqlikdan kelib chiqib quyosh kollektorining FIK hisoblash uchun ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\eta_{v.t.k} = (\tau\alpha) - \frac{U_k(T_k - T_a)}{I_T} = G \cdot c_p \cdot (T_k - T_{ch}) \quad (101)$$

bu yerda  $I_T$  - kollektor absorberi  $m^2$  maydoniga tushayotgan quyosh nurlanishi oqim zichligi;  $(\tau\alpha)$  – kollektorning samarali optik FIK, ya'ni  $\tau$  –vakuum kolbaning nur o'tkazish koeffitsienti;  $\alpha$  – 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  $U_k \approx 21 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , shishali yassi quyosh kollektorlari uchun  $U_k \approx 4 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , vakuum turdagi quyosh kollektorlari uchun  $U_k \approx 1,5 \text{ Vt/(m}^2 \cdot \text{K)}$  ni tashkil etadi deyilgan.

### 5.3. Havo kollektorlari

Havo 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 quyosh kollektori Evropada Oshats shahrida Leypsiga yaqinida joylashgan bo'lib maydoni  $1175 \text{ m}^2$  ni tashkil etadi.

U tayyor mahsulotlar va qurilish materiallari omborini isitish uchun mo'ljallangan.

Havo kollektorlarini issiq havo olish uchun (issiq suv emas) foydalanish maqsadga muvofiqdir. Havo kollektorlarini foydalanish uchun namunalar:

- Havo bilan isitish tizimiga ega binolar, masalan, sport zallari, omborlar, sexlar, tashqi havoni yuqori darajada iste'mol qiluvchi binolar va aholi yashash uylari. Qisman, g'arbiy 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 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 quyosh kollektorining quritish potentsiali taxminan 1 m<sup>2</sup> kollektor yuzasi uchun soatiga 0,2 dan 0,7 kg suv bug'lanishini tashkil etadi.

- Quyosh sovitish tizimlarida.

Aytish joizki, havo kollektorlari suyuqlik bilan ishlaydigan kollektorlarga nisbatan kam tarqalgan, lekin ularning suyuqlik issiqlik tashuvchi kollektorlarga nisbatan muhim afzalliklari bor:

- Havo kollektorlari qish oyida muzlamaydi;
- Yoz oyida o'ta qizishda issiqlik tashuvchilar sizib chiqish xavfi bo'lmaydi;
- Karroziya bilan bog'liq muammolar juda kam;
- Havo kollektorlari materiallarga nisbatan kamroq talabchan, ancha arzon;
- Kollektorlarda 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 kollektorlarining ish jarayonida havoni haydash uchun katta elektrik quvvati sarflanadi;

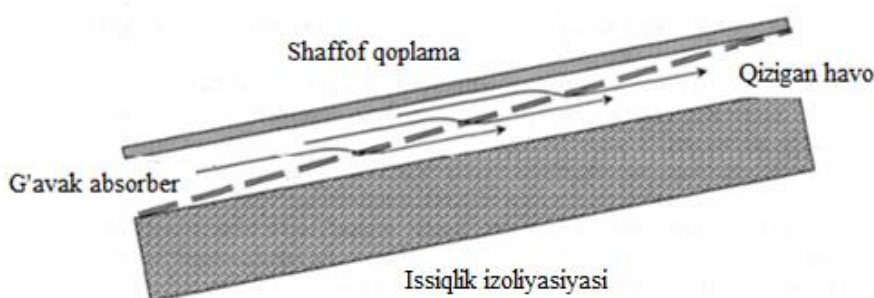
— Havo kollektorining foydali ish koeffitsienti suyuqlik kollektoriga nisbatan qaraganda foydali ish koeffitsienti kichik, bu havoning fizik xossalariga bog‘liq holda aniqlanadi.

### **Havo kollektorlarining ikki xil konstruksiyasi**

Havo 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 kollektorlarining absorber konstruksiyasiga qarab 2 ta sinfga bo‘linadi:

- havo o‘tkazuvchi matrichnyy absorber ko‘rinishida (73- rasm);
- havo o‘tkazmaydigan yassi absorber ko‘rinishida (orqa tomondan) (74- rasm).



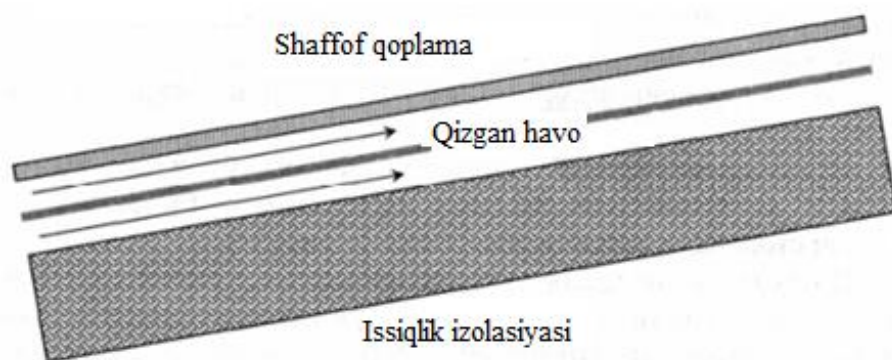
73-rasm. Matritsali absorberli quyosh havo kollektori

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 oʻziga oladi.

74-rasmda koʻrsatilganidek havo absorberga parallel holda, yoki absorber ikki yuzasi boʻylab yoki uning orqa tomoni boʻylab harakatlanadi. Issiqlik havoga absorber devori boʻylab konveksiya yoki issiqlik oʻtkazuvchanlik usuli yordamida beriladi. Tashqi havoni isitish uchun kollektor foydalanilganda odatda havo oʻtkazuvchi matritsali absorberli kollektor samaraliroqdir. Gap shundaki, tashqi havo past haroratda boʻlganida yuqori shaffof qoplama sovuq boʻladi, ikki absorber yuza boʻylab havo harakatlanuvchi, havo oʻtkazmaydigan absorberli konstruksiyadan foydalanilganda shaffof qoplama orqali issiqlik yuqotishlar yuqori boʻladi. Bu holatda, odatiy sharoitda havoni yuqori haroratgacha qizdirish talab qilinsa, eng avvalo havo oʻtkazmaydigan absorberli konstruksiyaning orqa tomonidan havo harakati mavjud konstruksiya afzal hisoblanadi.

Qizigan havo sovuq haroratdagi shaffof yuqori qoplama bilan kontaktda boʻlmaydi, issiqlik uzatish koeffitsienti kichik boʻladi.



74-rasm. Havo oʻtkazmaydigan absorberli quyosh havo kollektori

Absorberdan issiqlik tashuvchiga issiqlikni yaxshi uzatilishini koʻrib chiqish kerak va suyuqlikli kollektorlarga nisbatan havo kollektorlarini loyihalashda absorberning etarli darajada yuqori samaradorlik koeffitsientini koʻrib chiqish kerak. Havoning issiqlik oʻtkazuvchanlik suvnikidan 24 marta kichikdir. Shuning uchun issiqlik almashinishi uchun katta yuzani hosil qilish va tor koʻndalang kesimdagi havo oqimini yaratish kerak. Shu bilan birgalikda, issiqlik tashuvchini harakatini

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 kollektorlarining kombinatsiyasi asosida havo fotoissiqlik qurilmasi (PV-T kollektor) konstruksiyasi ham yaratilgan. Odatda bino fasadlarida va tomlarida o'rnatilgan fotoelektrik modullarni orqa tomonida sovutish uchun tabiiy konveksiya yoki majburiy havo sirkulyasiyasini hosil qilib quyosh elementlari sovutilmoqda (75-rasm.)

SolarVenti kompaniyasi 2001 yilda jahon bozoriga xuddi shunday konstruksiyani (76-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.



75,76-rasm. SolarWall kompaniyasi tomonidan yaratilgan havo fotoissiqlik qurilmalari

#### 5.4. 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 (17- jadval).

#### Dunyoda XX asr oxirida qurilgan Mt QES

17-jadval.

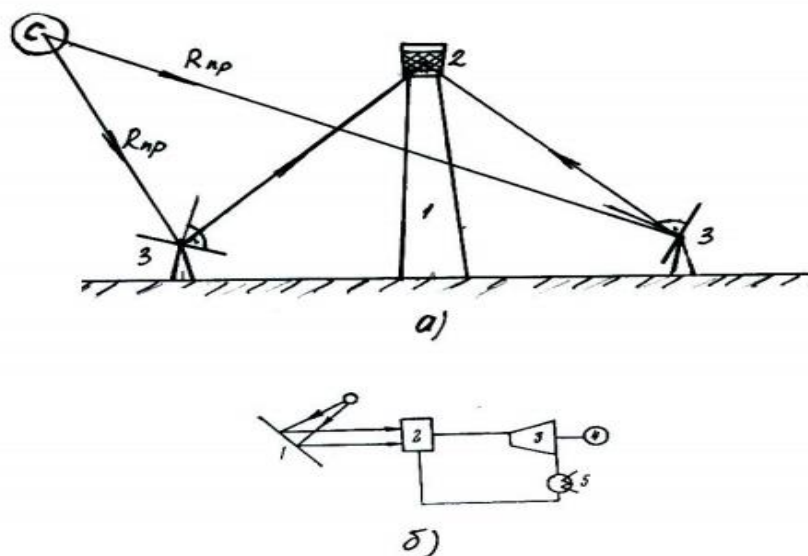
MtQES	Joylashish hududi	Davlat	Ishga tushirilgan yili	N (MVt) Elektrik	Issiqlik tashuvchi
SSPS	Alkeriya	Ispaniya	1981 yil	0,5	Suyuq natriy
EURELIOS	Sisiliya	Italya	1981 yil	1,0	Suv bug'i
SUNSHINE	Nio Town	Yaponiya	1981 yil	1,0	-
CESA-1	Alkeriya	Ispaniya	1983 yil	1,0	-
THEMIS	Targassonne	Fransiya	1982 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

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 (77- rasm. a va b).

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 rotori joylashib u ma'lum chastota va kuchlanishdagi elektr energiyasini ishlab chiqaradi.



77-rasm. a) MtQES ning asosiy inshootlari:

1 – minora, 2 – quyosh nurlanishini issiqlik qabul qilgich-qozon; 3 – geliostatlar;

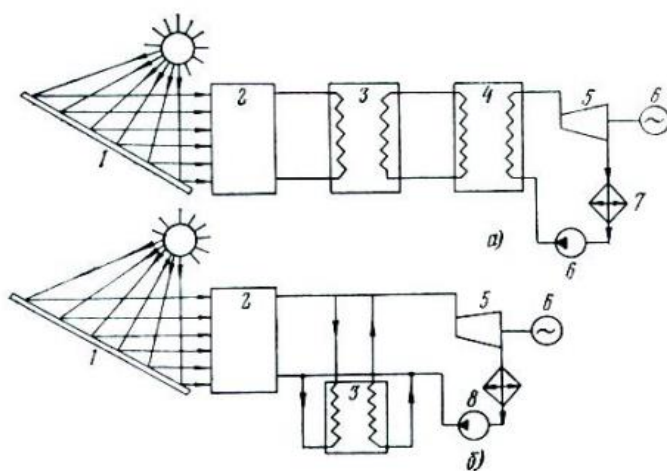
b) quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishning prinsipial sxemasi:

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 MVt bo'lgan MtQES da minoraning balandligi 200÷300m, foydalaniladigan geliostatlarning maydoni 2÷3 km<sup>2</sup> (15÷25 mingta) bo'lishi zarur. 150÷200 MVt quvvatdagi MtQES uchun 350÷400m balandlikdagi minora kerak bo'ladi, lekin amaliyotda bunday stansiyalarni qurish juda qiyin hisoblanadi. Shunga asoslanib aytish mumkinki, qurilgan MtQES quvvati 5,0÷10,0 MVt 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 MVt, minorasining balandligi 50 m bo'lgan BSES EURELIOS minorali quyosh elektr stansiyasi ishlay boshlagan. Uning issiqlik qabul qilgichida harorati  $600^{\circ}\text{C}$  bo'lgan suv bug'i hosil qilinib, to'g'ri a'naviy bo'g' turbinasida foydalaniladi. Shuningdek Ispaniyaning janubi Alkeriyada 1981 yildan quvvati 0,5 MVt QES ishlab keladi, unda dastlabki issiqlik tashuvchi sifatida suyuq natriy bo'lib u issiqlik almashingich orqali o'z issiqligini suv bo'g'iga beradi. Natriyli issiqlik tashuvchi bir vaqtning o'zida vaqt bo'yicha issiqlik akkumulyatori hisoblanadi. Shunga o'xshash QES da quyosh nurlanishining tasodifiy va sikl xarakterini hisobga olib energotizimda qo'shimcha quvvat manbai bo'lib, defitsit 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. Yuqoridagilarni 66-rasm ifodalaydi, a va b holatlarda ikkita eng ko'p ishlab chiqilgan issiqlik akkumulyatoriga ega MtQES tasvirlangan. 78-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.



78-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

Minora tipidagi QES foydali issiqlik quvvati  $N_{QES}$  quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g r_g \sin \theta K_{zat.} K_{bl.} K_{TP} K_{zap} r_k \quad (102)$$

bu yerda  $N_{QES}(t)$ , kVt;  $R_{\Sigma}(t)$ -1 m<sup>2</sup> yuzaga ega to‘g‘ri kelgan quyosh radiatsiyasi (kVt/m<sup>2</sup> da);  $F_g$ -geliostatlarning maydoni (m<sup>2</sup>);  $r_g$ -geliostatlarning akslantirish qobiliyati (0,75);  $\sin \theta$ -0,75-0,8-geliostatlarga quyosh nurlanishining real tushish burchagi;  $K_{zat.}$ -geliostatlarda soya hosil bo‘lish koeffitsienti;  $K_{bl.}$ -gelistatlarni blokirovkalash koeffitsienti (odatda  $K_{zat.} K_{bl.} -1$ );  $K_{TP}$ -issiqlik yuqotish koeffitsienti 0.85;  $K_{zap}$ -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:

$$N_{QES}(t) = R_{\Sigma}(t)F_g \eta_{QES}^{term.} \quad (103)$$

bu yerda,  $\eta_{QES}^{term.}$  - Minora tipidagi QES umumiy FIK.

1985 yilda sobiq SSSR ning Qrim oblasti Shelkino poselkasi Kerchenskiy yarimorolida birinchi tajribaviy elektrik quvvati 5 MVt bo‘lgan MtQES “SES-5” ishga tushirildi. Bug‘ generatori sifatida xizmat qiluvchi 89m balandlikdagi ochiq silindr ko‘rinishidagi minoraga quyosh energiyasi konsentratsiyalanadi. Qozonnning qizdirish yuzasi 154 m<sup>2</sup> bo‘lib u soatiga 28 t to‘yingan bo‘g‘ni 4 MPa bosim va 250°C haroratda ishlab chiqaradi. Quyosh nurlanishining issiqlik oqim zichligi 130 kVt/m<sup>2</sup> bo‘lib 1600 ta yassi shisha kvadrat ko‘rinishidagi maydoni 25,5 m<sup>2</sup>, 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. SES-5 da 500 m<sup>3</sup> sig‘imga ega suv –bug‘ issiqlik akkumulyatorini o‘rnatish loyihalandi.



## 5.5. Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari

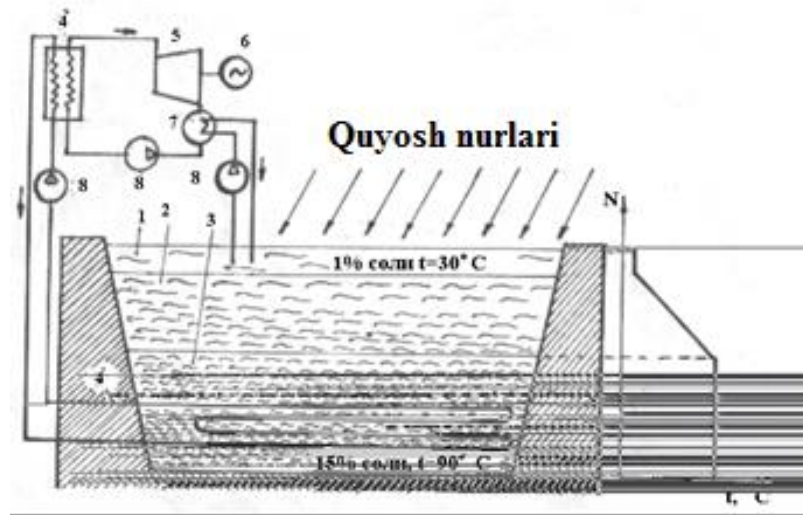
Ichimlik suvi odatdagi suv omborlarida yutilayotgan quyosh energiyasi asosan yuqori qatlamni ilitadi va bu ichimlik ayniqsa tungi soatlarda, havo buzilganda, suvning bug‘lanishi oqibatida, atrof havo haroratini o‘zgarishida tez yo‘qoladi. Tuz eritmali NaCl osh tuzi yoki magniy xlor  $MgCl_2$  tarkibli 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  $MgCl_2$  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 bemaol – 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  $70^{\circ}C$  gacha ko‘tariladi. Bu tuz tarkibining yuqori darajadaliigidan darak beradi.

Quyosh energiyasi butun suv orqali o‘tgan va qora bo‘yoqli tubga yutilgan hollarda esa suvni tubga yaqin joylari  $90-100^{\circ}C$  gacha isiydi, bu vaqtda qatlam yuza harorati  $20^{\circ}C$  da qolaveradi.

Quyosh sun‘iy ko‘li (suv ombori) kesimi energiyadan foydalanish ta’minoti va suyuqlikning ko‘l balandligi bo‘yicha harorati o‘zgarishi 78-rasmda ko‘rsatilgan.



78-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 qatlami; 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 almashuvxonasiga nasosda va past haroratda qaynaydigan freon, ammiak kabi suyuqliklarni bug'lantirishda foydalaniladi.

Bu suyuqlik bug'lari bilanodatdagi bug' turbinlash kesim bo'yicha turbogenerator harakatga keltiradi. Suyuqlikning ishlatilish bug'lari suvning ancha sovuq yuzasi bilan sovutiladi, kondensatsiya qilinadi va yana oldingidan foydalaniladi.

Katta miqdorda ishlatilgan suvli quyosh sun'iy ko'llari yaxshiligicha issiqlik manbai hisoblanadi, bu issiqlik to'plash moslamasini nisbatan oson hal qilishga imkon beradi. Masalan, 2 m chuqurlikka ega ko'l izolyasiya to'xtab qolganda elektr generatorning bir haftagacha uzluksiz ishlashini ta'minlaydi. Tegishli chuqurlikdagi ko'llar yasalayotganda hatto issiqlik to'plamlarini mavsumiy qilinishi ta'minlasi bo'ladi. Quyosh ko'llari asosida olinadigan elektr energiyasi nisbatan arzon va 1 kVt.s uchun 0,1 dollarni tashkil etadi. Quyosh ko'llari bo'lgan QTEM samaradorligi

bir necha foizdan iborat. Ko‘l maydonining bir gektaridan 200-300 kVt gacha elektr energiyasi olish mumkin.

Quyosh ko‘llari bo‘lgan QTEM qator mamlakatlarda bor: Isroilda 300 kVt va 5 MVt quvvatlisi, AQSHda 5 MVt quvvatlisi. Avstraliya, Hindiston, Italiya, Yaponiya, Misrda ularni barpo etish va foydalanish bo‘yicha samarali izlanishlar olib borilmoqda. O‘zbekistonda ham bu borada yaxshi ishlar qilinmoqda, bu yerda Qoraqalpog‘istonning Orolbo‘yi zonasida katta miqdorda yuzaga kelgan tabiiy tuzli ko‘llardan foydalanilmoqda.

## 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 izolyasiyasi.

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‘ladi. 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‘ladi. Har xil issiqlikni akkumulyasiya qiluvchi materiallarning qiyosiy jadvali keltirib o‘tilgan.

### Ba’zi issiqlik akkumulyasiyalovchi materialarni taqqoslash

18-jadval

IAM xarakteristikalar	Granit, galka	Suv	Glauber tuzi		Parafin
Zichligi sig‘imi	1600	1000	1460 <sup>j</sup>	1330 <sup>j</sup>	786 <sup>t</sup>
Issiqlik	0,84	4,2	1,92 <sup>t</sup>	3,26 <sup>j</sup>	2,89 <sup>t</sup>
Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsient	0,45	0,6	1,85 <sup>t</sup>	1,714 <sup>j</sup>	0,498 <sup>t</sup>
$\Delta T=20K$ , da 1 TJ 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 1 TJ issiqlikni akkumulyasiyalash uchun IAM hajmi, m <sup>3</sup>	49,6 <sup>j</sup>	11,9	2,26		4,77
Suv massasiga nisbatan IAM nisbiy hajmi m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		1	0,19		0,4

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:

$$Q = m \cdot C_r(T_2 - T_1) \quad (104)$$

bu yerda,  $m$  — issiqlikni akkumulyasiyalovchi moddaning massasi, kg;  $S_r$  — moddaning solishtirma izobar issiqlik sig‘imi, kJ/(kg•K);  $T_2$  va  $T_1$  — issiqlik akkumulyasiya qiluvchi moddaning boshlang‘ich va oxirgi haroratlari o‘rtacha qiymati, °S.

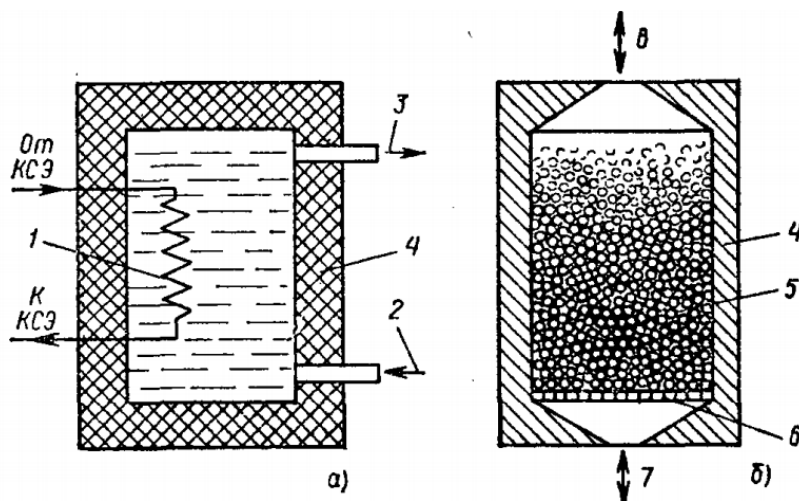
Suyuq quyoshli tizimlarning issiqlik ta‘minotida eng samarali issiqlik akkumulyasiyalovchi material bo‘lib suv xizmat qiladi. Mavsumiy vaqtlar uchun issiqlikni akkumulyasiya qilish, asosan Yer osti hovuzlaridan, gruntlardan, tog‘ jinslaridan va boshqa tabiiy hosil bo‘lgan jinslardan foydalanish istiqbolli sanaladi. Yirik masshtabli tizimlarda 100000 m<sup>3</sup> 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 Shvetsiyada<sup>1</sup> to‘plangan bo‘lib, u Yerdagi butun poselkalarni issiqlik ta‘minotida yirik gelioissiqliknasosli tizimlardan foydalaniladi. Ammo, individual foydalanish uchun o‘ta qiziqish isitish va issiq suv ta‘minotida katta bo‘lmagan quyosh qurilmalari uchun issiqlik akkumulyatorlari hisoblanadi.

---

<sup>1</sup> Күёш энергетикасига нисбатан жиддий муносабатга мисол сифатида Швециянинг қонуний нормаларини мисол келтириш мумкин.

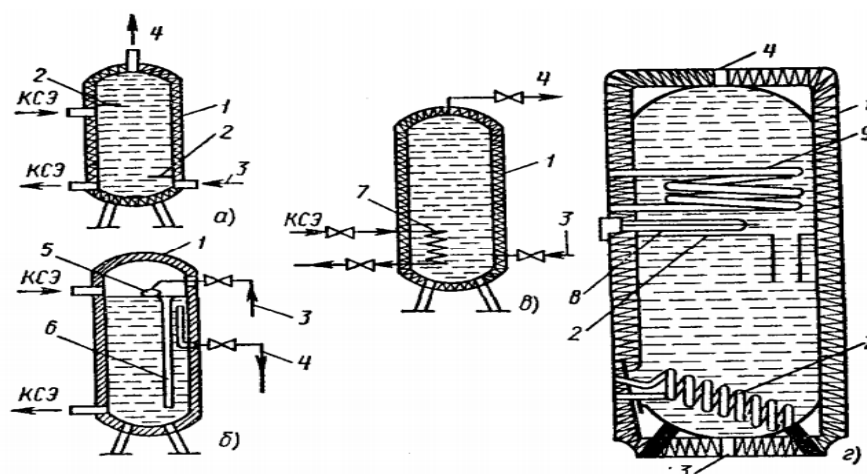


79-rasm. Sig‘im turidagi issiqlik akkumulyatorlari— suvli (a) va mayda granit toshli (b):

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.

79-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 bo‘lishi zarur. Buning uchun bak zanglamaydigan po‘latdan tayyorlanishi, emal qoplamaga ega bo‘lishi yoki magniydan anod, yoki tashqi elektr manбайдan himoyalaniş maqsadida anod himoyaga ega bo‘lishi zarur. Bakda isitish tizimiga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingich (80 rasm, g), elektr isitgichdan issiqlik haydash uchun ikki konturli tizimda issiqlik almashingich (80-rasm, v,g), bak quyi qismi uchun quvur, sovuq suvni haydash uchun suzgich klapan (80- rasm, b), gorizonta to‘rparda (80-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. KSE da 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.



80-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 KSE dan issiqlikni haydovchi bak; g— elektr isitgichli seksiyalarga bo‘lingan bak;

1 — issiqlik izolyasiyali 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 gorizontal joylashishi mumkin. Kunduz kuni quyosh kollektoridan chiqayotgan issiq havo akkumulyatorda 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  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  geksohidrat xlorli kalsiy yoki 29 va 32°C da alangalanuvchi 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  $[0,15 \text{ Wt/(m}\cdot^\circ\text{C)}]$  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.

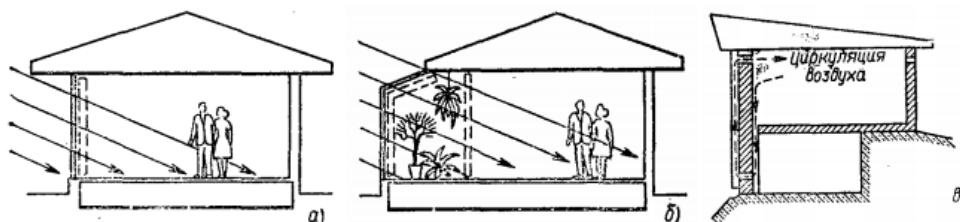
Aktiv tizimlarning xarakterli farqli jihatlari shundaki, ularda quyosh energiyasi kollektori, issiqlik akkumulyatorlari, qo'shimcha energiya manbalari, quvur o'tkazgichlar, issiqlik almashingichlar, nasoslar yoki ventilyatorlar va avtomatik boshqarish va nazorat qurilmalaridan iborat bo'ladi. Passiv 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  $0,15 \text{ Vt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  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 oralig'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 (81-rasm, a) yoki quyosh issiqxonasi binosining janubiy devoriga singib kirish(qishgi bog', oranjeriya) orqali (81- rasm, b);
- Janubiy fasad shisha qatlami oralig'ida issiqlik akkumulyasiya devoridan iborat, ya'ni quyosh nurlanishini har xil tutish orqali( 81- rasm, v)
- Galkali issiqlik akkumulyatori va konvektiv havo sirkulyasiyalik kontur bilan;



81-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 82-rasm, a ko'rsatilgan. Bundan tashqari passiv va aktiv geliotizimlar elementlarini biriktiruvchi gibridd 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 joyini 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 minumum 2 qatlamli shishadan, shimoliy oynalar esa kamida 3 qatlamli bo‘lishi zarur;

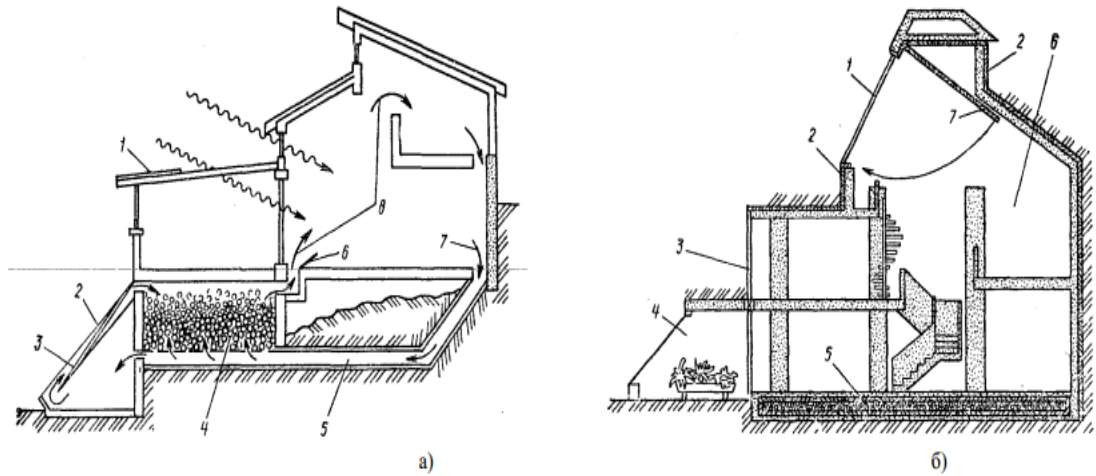
3. Bino yaxshi issiqlik izolyasiyasiga va tashqi havoning filtratsiyasi natijasida kam issiqlik yuqotilishiga ega bo‘lishi zarur;

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, tayanchlar 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 shitlar, stavni, zich shtorlar va boshqalar bo'lishi mumkin. 82 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.



82-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

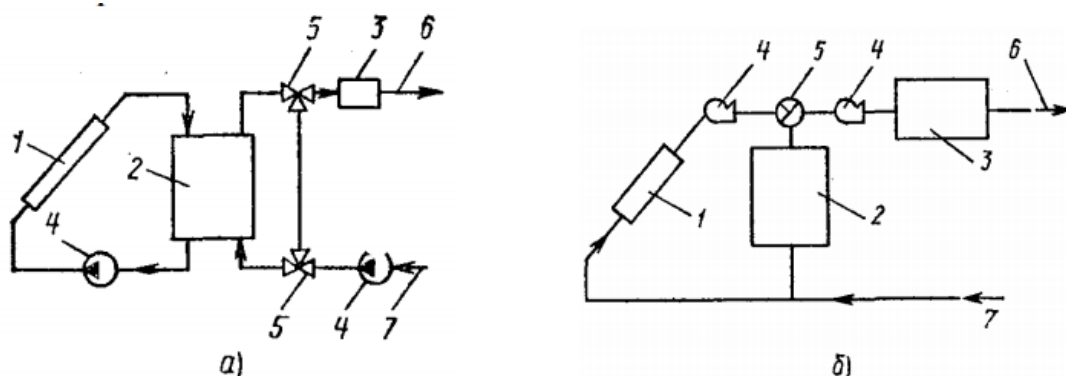
Qora yoki boshqa to‘q rangga bo‘yalgan janubiy devordagi shisha qoplamasiga ega issiqlik akkumulyasiyalovchi passiv geliotizimlar yuqori samaradorligiga egaligi bilan farq qiladi va bir qancha konstruktiv vazifalarni bajarishi mumkin.

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, KSE dan akkumulyatorga issiqlik uzatish uchun issiqlik almashingich, nasoslar, ventilyatorlar, armaturali quvuro'tkazgichlar va tizimning ishini boshqarish uchun kompleks qurilmalar kiradi.



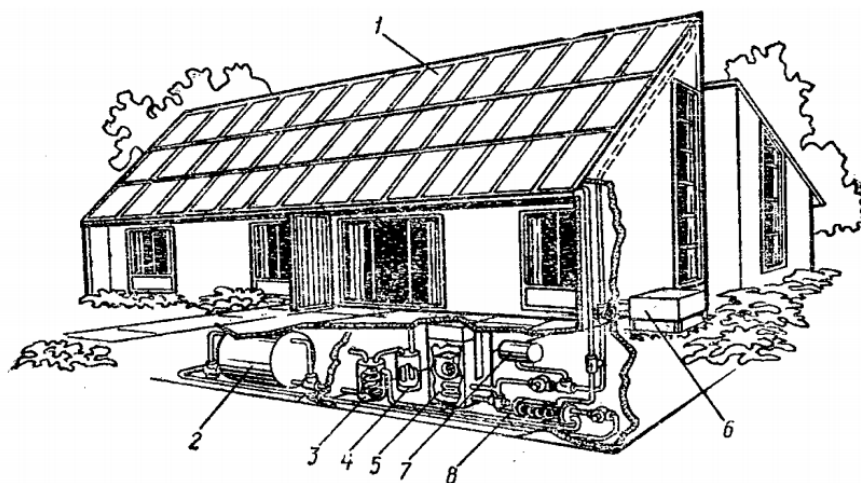
83-rasm. Quyoshiy isitishning suvli (a) va havo asosidagi (b) aktiv tizimlari

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  $18^{\circ}\text{C}$  bo'lishi uchun pol yuzasidagi harorat  $22-24^{\circ}\text{C}$ , suvning harorati esa  $30^{\circ}\text{C}$  bo'lishi kerak. Pol odatda betondan tayyorlanib uning ichida issiqlik

tashuvchi uchun Ø20 mm bo'lgan polietilen quvurlar yig'iladi, uning tag qismidan sochma toshlar qoplamasidan gidroizolyasiya qiladigan issiqlik izolyasiya qatlami joylashadi. Boshqa variantida qattiq penopoliuretan qatlami ustida joylashgan 0,5 mm alyuminiy listga biriktirilgan mis quvurlardan foydalaniladi.

84-rasmda aholi yashaydigan uyning tomiga o'rnatilgan suyuqlik quyosh kollektori tasvirlangan. Isitish va issiq suv ta'minotida geliotizimning qolgan jihozlari uyning podvalida joylashgan. U yerda 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.



84-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



## **Foydalanilgan adabiyotlar**

«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.

2. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика// Учебное пособие для Вузов. Москва. Идательский дом МЭИ. 2008.

3. Попель О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире//Учебное пособие. Москва. Идательский дом МЭИ.2015

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. Турсунов М.Н., Мамадалимов А.Т. Яримўтказгичли куёш элементлари физикаси ва технологияси// Ўқув қўлланма.Ташкент. ЎЗМУ, 2002.-96 б.

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. Патент на промышленный образец № SAP 01413 от 22.04.2015. Фотоэлектрическая установка с принудительным охлаждением. Турсунов М.Н, Собиров Х, Юлдошев И.А, Комолов И.М. Расмий ахборотнома.29.02.2016. № 2.

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. A//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. <http://alternativenergy.ru>

24. <http://www.energy-bio.ru>

25. [www.viecosolar.com](http://www.viecosolar.com)
26. [www.unisolar.com.ua](http://www.unisolar.com.ua)
27. [www.solarvalley.org](http://www.solarvalley.org)
28. [www.polpred.com](http://www.polpred.com)
29. [www.solar.newtel.ru](http://www.solar.newtel.ru)

## MUNDARIJA

	Kirish.....	6
1-BOB	<b>Yer va kosmosda Quyosh nurlanishi .....</b>	10
1.1	Quyosh nurlanishining elektromagnit tabiati. Quyosh nurining fizik xususiyatlari.....	10
1.2	Quyosh doimiysi, atmosfera massasi, Yer sirti albedosi, vaqt tenglamasi.....	14
1.3	Kosmosda va Yerdan $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga tushayotgan QN ga ta'sir etuvchi asosiy va qo'shimcha omillar.....	18
1.4	Quyosh nurlanishi oqim zichligi va ularni o'lchash uslublari.....	25
1.5	Quyosh energiyasining kadastri va uning o'ziga xos xususiyatlari.....	33
2 BOB	<b>Quyosh energetikasi resurslarini hisoblash usullari.....</b>	41
2.1	To'liq informatsiya mavjudligida gorizont qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S$ ( $\text{km}^2$ ) hududda $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada yalpi resurslarni hisoblash usullari.....	41
2.2	O'rtacha sutkalik yoki o'rtacha oylik hisob intervallari uchun boshlang'ich ma'lumotlarning cheklangan tarkibida gorizont qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S$ ( $\text{km}^2$ ) hududda, $A(\varphi^0, \psi^0)$ nuqtada yalpi resurslarni hisoblash usullari.....	44
2.3	O'rtacha sutka yoki o'rtacha oylik hisob intervalli uchun janubga qiyalangan qabul qilgich maydoncha uchun berilgan $S$ ( $\text{km}^2$ ) hududida, $A(\varphi^0, \psi^0)$ yalpi resurslarni hisoblash usullari.....	49
2.4	Ixtiyoriy orientatsiyalangan qabul qilgich maydonchaga quyosh nurlanishining o'rtacha soatlik tushuvini hisoblash metodikasi.....	54
3 BOB	<b>Yarimo'tkazgichli materiallar asosidagi quyosh elementlari.....</b>	57
3.1	Quyosh elementi tayyorlanadigan materiallar.....	57
3.2	Quyosh elementining xarakteristikalar va parametrlari.....	61
3.3	Quyosh elementining foydali ish koeffitsientiga harorat, yoritilganlik darajasi, ketma-ketlik va parallellik qarshiliklarining ta'siri.....	67

3.4	Yarimo‘tkazgichli quyosh elementlari yordamida quyosh optik nurlanishini elektr energiyasiga o‘zgartirish.....	74
3.5	Quyosh nurlanishi immitatorlari.....	81
3.6	Etalon quyosh elementlari va ularni graduировkalash.....	82
4 BOB	<b>Quyosh fotoelektrik tizimlari.....</b>	86
4.1	Fotoelektrik batareyalarni tayyorlash texnologiyasi.....	86
4.2	Amorf va kristall quyosh fotoelektrik panellarni taqqoslash.....	94
4.3	Quyosh fotoelektrik panellari yaroqlilik muddati.....	96
4.4	Quyosh fotoelektrik batareyalari samaradorligiga atmosfera tarkibidagi changlanganlik konsentratsiyasining ta’siri.....	98
4.5	Quyosh fotoelektrik moduli haroratiga konvektiv issiqlik almashinuvinig ta’siri.....	101
4.6	Avtonom fotoelektrik stansiyalar.....	105
4.7	Lokal elektr tarmog‘i bilan integrallashgan fotoelektrik stansiyalar.....	114
4.8	Quyosh fotoelektrik stansiyalari uchun tayanch konstruksiyalarni tayyorlash.....	123
5 BOB	<b>Yer sharoitida Quyosh energetik qurilmalaridan foydalanish usullari va ularning energetik xarakteristikalarini .....</b>	128
5.1	Yassi quyosh kollektorlari.....	128
5.2	Vakuum trubkali kollektorlar.....	130
5.3	Havo kollektorlari.....	136
5.4	Minora turidagi Quyosh elektr stansiyalari va ularning energetik xususiyatlari.....	141
5.5	Quyosh hovuzlari va ularning energetik xususiyatlari.....	145
6 BOB	<b>Issiqlik akkumulyatorlari.....</b>	148
6.1	Sig‘im turdagi akkumulyatorlar.....	150
6.2	Fazoviy o‘tish holatiga ega bo‘lgan moddalardan iborat akkumulyatorlar.....	153
6.3	Binolarni isitish uchun quyoshiy issiqlik ta’minot tizimlari.....	153
	Foydalanilgan adabiyotlar ruyxati.....	161
	Mundarija.....	164