

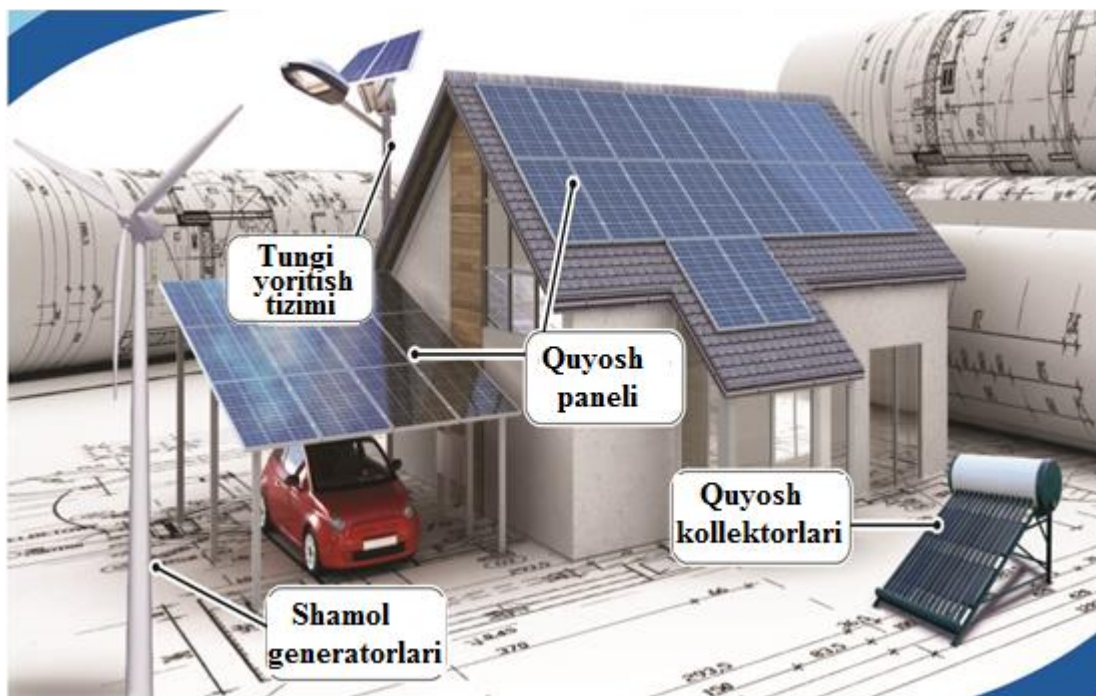
РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ

ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЮЛДОШЕВ И.А, ТУРСУНОВ М.Н, ШОҒУЧҚАРОВ С.Қ,
ЖАМОЛОВ Т.Р

ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИКАСИ

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА



Тошкент-2019

“Қуёш энергетикаси” фанидан ўқув қўлланма. И.А.Юлдошев, М.Н. Турсунов, С.Қ. Шоғучқаров, Т.Р. Жамолов - Тошкент: ТошДТУ.2019. 166 б.

Ўқув қўлланма ўқув режасидаги “Қуёш энергетикаси” фани бўйича ТошДТУ нинг 5312400 ва 5А312401- “Муқобил энергия манбалари” ихтисосликлари бўйича кундузги бўлим бакалаврлари ва магистратура мутахассисликларига маъруза ва амалий машғулотларда фойдаланиш учун мўлжалланган.

Бу ўқув қўлланмада “Қуёш энергетикаси” фани бўйича асосий қонуниятлар, тушунчалар, қуёш нурунинг физик хусусиятлари, космосда ва Ер шароитида горизонтал ва горизонтга қия жойлашган қабул қилгич майдончага тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлиги ва энергиясининг потенциал ресурсларини, шунингдек берилган $S(\text{км}^2)$ ҳудудида, $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуқтада Қуёш энергиясининг ялпи ресурсларини ҳисоблаш усуллари келтирилган ва Қуёш энергетик қурилмаларидан мақсадли фойдаланиш усуллари ва энергетик характеристикалари батафсил ёритилган. Бу ўқув қўлланмадан Энергетика йўналишидаги барча талабалар, ёш мутахассислар, тадқиқотчилар фойдаланиши мумкин.

Тошкент давлат техника университети Илмий услубий кенгашининг қарорига биноан нашр қилинди.

Тақризчилар:

А.Т. Мамадалимов Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети “Яримўтказгичлар ва полимерлар физикаси” кафедраси профессори, физ.-мат.ф.д., академик

Қ.Р. Аллаев Тошкент давлат техника университетининг “Электр станциялари, тармоқлари ва тизимлари” кафедраси профессори, т.ф.д., академик

ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР

Қуёш энергетикаси

$R, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$ – Қуёш нурланиши оқим зичлиги ёки қабул қилгичнинг (ҚҚ) 1 м^2 майдончасига тушаётган қуёш радиацияси (ҚР) қуввати;

$\mathcal{E}, \left(\frac{\text{кВт}\cdot\text{соат}}{\text{м}^2\Delta t}\right)$ - Δt вақт интервалида Қуёш нурланиши ёки Қуёш радиацияси оқими ёки 1 м^2 ҚҚ майдончага тушаётган қуёш нурланиши (ҚР) нинг қуввати;

$R^\Gamma, \mathcal{E}^\Gamma$ – Ер юзасида горизонтал ҚҚМ тушаётган ҚН энергияси ва қуввати;

$R^\beta, \mathcal{E}^\beta$ – горизонтга β бурчак остида қияланган ҚҚМ тушаётган ҚН энергияси ва қуввати;

$R_\Sigma, R_{\text{пр.}}, R_{\text{д.}}, R_{\text{отр.}}$ – йиғинди, тўғри йуналган, диффуз (сочилган) ва Ер юзасидан аксланган ҚН қуввати;

$\mathcal{E}_\Sigma, \mathcal{E}_{\text{пр.}}, \mathcal{E}_{\text{д.}}, \mathcal{E}_{\text{отр.}}$ - йиғинди, тўғри йуналган, диффуз (сочилган) ва Ер юзасидан аксланган ҚН энергияси;

ρ , н.б.; $0 \leq \rho \leq 1$ – Юза альбедоси ёки юзанинг акслантириш қобилияти;

$T_{\text{сс.}} (\Delta t)$ – берилган Δt вақт ичида Ерда Қуёш порлашининг давомийлиги (соат ёки Δt вақт интервалида Қуёш порлашининг йиғинди вақти; сутка давомида Қуёш чиқишидан ботишигача бўлган вақт)

$R_0, \mathcal{E}_0$ – Ер атмосферасидан ташқи чегарасида космосда ҚН энергияси ва қуввати;

AM_m – оптик атмосфера массаси – m (н.б.);

$T_{\text{сс}}^0, T_{\text{сс}}^{\text{факт}}$ – Ер юзасида берилган нуқтада Қуёш порлашининг назарий ва ҳақиқий давомийлиги;

φ_A^0, ψ_A^0 – Ер юзасида берилган А нуқтанинг кенглиги ва узунлиги;

$R_m, \mathcal{E}_m$ – m оптик атмосфера массасида Қуёш нурланишига перпендикуляр бўлган тўғри оқим энергияси ва қуввати;

δ^0 , (град.) – Қуёшнинг оғиш бурчаги;

ω^0 , (град.) – Қуёшнинг соат бурчаги;

θ^0 , (град.) – Қуёш ёки ҚН тушиш бурчаги;

θ_z^0 , (град.) – Қуёш ёки ҚН зенит бурчаги;

α^0 , (град.) – горизонтга нисбатан баландлик бурчаги;

a^0 , (град.) – Қуёшнинг азимути;

γ^0 , (град.) – ҚҚМ нинг азимути;

k_0 , (н. б) – атмосферанинг шаффофлик коэффиценти;

ҚЭ – Қуёш элементи;

ҚМ – Қуёш модули;

ҚБ – Қуёш батареяси;

ҚЭҚ – Қуёш энергетик қурилмаси;

ФЭҚ, ФЭС – Фотоэлектрик қурилма ёки фотоэлектрик станцияси;

ҚҚМ – Қабул қилгич майдонча;

ҚН – Қуёш нурланиши;

КИРИШ

“Мен ўз пулларимни қуёш энергиясидан фойдаланиш учун инвестиция тарзида киритган бўлардим. Бу улкан энергия манбаи. Ўйлайманки, нефть, газ, кўмир захиралари тугашини англаб етгунга қадар кутиб туриш шарт эмас”

Томас Эдисоннинг Генри Форд билан 1931 йилдаги суҳбати вақтида

Айтиш жоизки, чўғланма лампаларнинг ихтирочиси, физик олим Томас Эдисон албатта ҳақдир. Ҳозирги вақтда дунёда ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг 75% дан ортиғи минерал ва органик ёқилғиларни ёқиш ҳисобига амалга оширилмоқда. Аммо, ҳозирги вақт жаҳон энергетикаси қазиб олинadиган энергетика ресурсларининг чекланганлиги сабаб аънавий хом-ашё базасининг тугаши билан боғлиқ муаммолар билан тўқнаш келмоқда. Энергетика ривожининг юқори темпларини фақат аънавий қазиб олинadиган манбалар ҳисобига қоплаш қийинлашиб бормоқда.

Қазиб олинadиган энергия манбаларини қайта ишлаш, ёқиш ҳисобига атроф муҳитни ифлослаш (яъни кўмир ва ядро ёқилғиси ҳисобига) Ерда экологик ҳолатни издан чиқишига сабаб бўлмоқда.

Шунга ўхшаш ҳолатлар сабаб бутун дунёда қайта тикланувчи энергия манбаларига катта қизиқиш уйғонмоқда. Шу энергия турларидан бири, яъни соф экологик тозалиги ва қулайлиги билан маълум бу қуёш энергиясидир.

Сўнгги йилларда республикамизнинг иқтисодиёт тармоқларида ва ижтимоий соҳасида энергия самарадорлигини ошириш ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш бўйича кенг кўламли ишлар амалга оширилди. Жумладан, Ўзбекистон Республикаси биринчи Президентининг «Муқобил энергия манбаларини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги 2013 йил 1 мартдаги Фармони ва «2015 — 2019 йилларда иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия сарфи ҳажмини қисқартириш, энергияни тежайдиган технологияларни жорий этиш чора-тадбирлари Дастури тўғрисида»ги 2015 йил 5

майдаги қарори ижросини таъминлаш юзасидан кенг қўлланма ишлар олиб борилмоқда.

Наманган вилоятининг Поп туманида Корея Республикасининг Савдо, саноат ва энергетика вазирлиги кўмагида 2014 йилнинг декабрь ойида қуввати 130 кВт бўлган қуёш фотоэлектрик станцияси қурилди ва ишга туширилди, ушбу станция ягона электр энергетикаси тармоғига уланган ва йилига 234,3 минг кВт.соат электр энергияси ишлаб чиқариш қувватига эга.

Сурхондарё, Наманган ва Навоий вилоятларида йирик қуёш фотоэлектрик станцияларини қуриш бўйича лойиҳалар тайёрланмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М. Мирзиёевнинг 2017 йил 26 майда қабул қилинган №3012 сонли “2017 — 2021 йилларда иқтисодиёт тармоқларида ва ижтимоий соҳада қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш ва энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари” тўғрисидаги Қарорлари ижросида гидроэнергетиканинг қувватини 601,9 МВт, Қуёш энергетикаси қувватини 300 МВт, шамол энергетикасининг қувватини 102,0 МВт, умумий ҳолатда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш қувватини 1003,9 МВт га ошириш кўзда тутилган.

Ҳамма қайта тикланувчи энергия турларининг ичида қуёш энергиясидан фойдаланиш Ўзбекистон минтақасида жуда қулай бўлиб унинг ялпи салоҳияти 98,6% ни ташкил этади. Бу энергиядан унумли фойдаланиш азалдан аجدодларимиздан бизгача етиб келиб қон-қонимизга сингиб кетган, чунки узоқ туманларимизда ҳанузгача қуёш энергиясидан мева-сабзавотларни қуриштида, қишга чорва моллари учун ем-хашакларни қуриштида, сувни офтобда қизитиш ва бошқа мақсадларда фойдаланиб келинади.

Олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра Ўзбекистон Республикасида қайта тикланувчи энергия манбаларининг техник потенциали 180 миллион тонна нефт эквивалентини ташкил этиб йиллик энергия ресурсларига бўлган талабдан уч марта ортиб кетади.

Мамлакат иқтисодиёти соҳасида қуёш энергиясидан кенг ва самарали қулай бўлган фойдаланиш соҳаси бу яримўтказгичли ўзгартиргичлар орқали қуёш нурланишини электр энергиясига ўзгартириш ва аҳоли коммунал-турмуш объектларидаги иссиқ сув таъминоти тизимларида қуёш коллекторлари ёрдамида паст

потенциалли иссиқликдан сув қизитиш мақсадларида фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Таъкидлаб ўтиш керакки, умумий аҳоли яшайдиган уйларга нисбатан кўп қаватли бўлмаган аҳоли уйлари 76 % ни ташкил этиб уларга умумий табиий газ чиқими (15100 миллион м³) дан фақатгина иссиқ сув таъминоти учун 3000 миллион м³ табиий газ сарф этилади.

Дунё тажрибасини умумлаштириб, Ўзбекистон минтақасида қайта тикланувчи энергия ресурсларини таҳлил этиб айтиш мумкинки, электр ва иссиқ сув таъминотида қуёш энергиясидан фойдаланиш Ўзбекистон шароитида иқтисодий жиҳатдан тўлиқ ўзини оқлайди.

Европа фотоэлектрик саноати ассоциацияси маълумотида қараганда, бутун дунёда қайта тикланувчи энергиядан фойдаланиш суръати муттасил ўсиб бормоқда. Айтайлик, 2012 йилда жаҳон бўйича умумий қуввати 100 ГВтга тенг бўлган фотоэлектрик панеллар ўрнатилган бўлса, жорий йилнинг ўтган ўн ойи ичида 30 ГВт ли шундай қурилмалардан ҳам фойдаланиш йўлга қўйилди. Пировардида биргина Германияда фотоэлектрик станциядан олинган электр энергиясининг нархини 0,07 АҚШ долларигача камайтиришга эришилди.

Ушбу ўқув қўлланмада Қуёш электр станциялари ва Қуёш энергетик қурилмалари режимлари ва қуёш энергетикаси курсидаги асосий тушунчалардан бошлаб аниқ ҳисоблар параметрларигача бўлган маълумотлар, Ерда қуёш нурланишидан фойдаланиш бўйича аниқ кўрсатмалар берилган.

Қуёш энергетикаси курси – электр, иссиқлик ва энергиянинг бошқа турларини олиш учун космосда ва Ерда қуёш нурланиши энергиясини фойдаланиш техник воситаларини, методларини ва илмий асосларини ишлаб чиқувчи илм-фан ва техниканинг бир соҳаси ҳисобланади ва мамлакат иқтисодиётида қуёш энергиясидан самарали фойдаланиш масштаблари ва соҳасини аниқлаб беради.

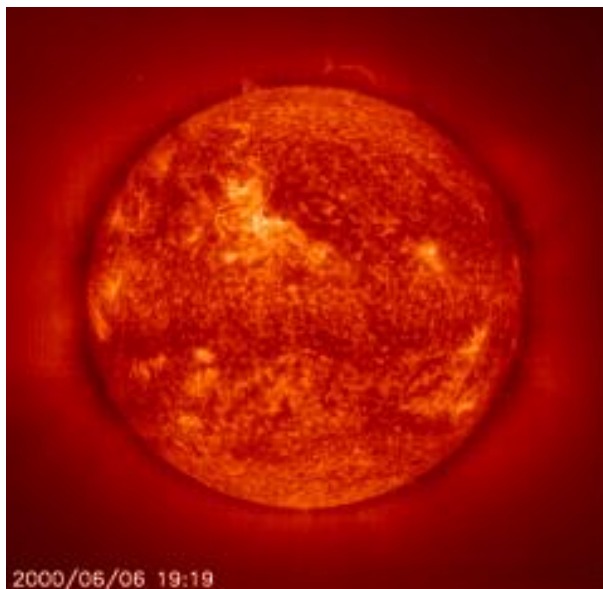
Ўқув қўлланмада тақдим этилган материаллар ТошДТУ нинг ва турдош ОТМ нинг 5312400-“Муқобил энергия манбалари” ихтисосликлари бўйича бакалавр таълим йўналиши, 5А312401 - “Муқобил энергия манбалари” магистратура мутахассислари учун мўлжалланган.

Шунингдек ушбу ўқув қўлланмаси Энергетика соҳасидаги кўпгина йўналишларда таҳсил оловчи талабалар учун фойдали қўлланма бўлиб хизмат қилади.

I БОБ. ЕР ВА КОСМОСДА ҚУЁШ НУРЛАНИШИ

1.1§ Қуёшнинг электромагнит табиати. Қуёш нурунинг физик хусусиятлари.

Қуёш нурланишининг манбаси – Қуёш ҳисобланиб (1-расм) массаси $2 \cdot 10^{30}$ кг атрофида, радиуси 695300 км Қуёшнинг фотосферасида ҳарорат 6000°C атрофида, ядросида эса $40 \text{ млн}^{\circ}\text{C}$ ташкил этади. Бир йил давомида Қуёш космик фазога $1,3 \cdot 10^{24}$ калория энергияни нурлантиради. Ер Қуёш атрофида эллиптик орбита бўйлаб ҳаракатланади. Бунда унинг айланиш текислигига $66^{\circ}33'$ ёки $66^{\circ}55'$ қия ҳолатда жойлашади. Ердан Қуёшгача бўлган масофа 147 дан 152 млн.км (ўртача – 149,6 млн.км) гача ўзгаради. Бу масофа бир астрономик бирлик ($1 \text{ а.б.} = 1,496 \cdot 10^8 \text{ м}$, тақрибан 150 млн.км) ҳам деб номланади. Бунда қачон эллипс соҳасида қуёшга нисбатан яқин жойлашган бўлса, унда у жуда тез ($30,3 \text{ км/с}$ атрофида), қарама-қарши ҳолатда секинроқ ($29,3 \text{ км/с}$ атрофида) тезлик билан ҳаракатланади. Шу туфайли ҳақиқий қуёшли суткаларнинг давомийлиги Ерда доимо ўзгариб туради. Энг узоқ кун – 23 декабрь, қачонки 16 сентябрга қараганда 51 секундга ортиқ, Қуёшнинг массаси Ер массасидан 333000 марта ортиқ, ҳажми эса $1,3 \cdot 10^6$ марта катта.



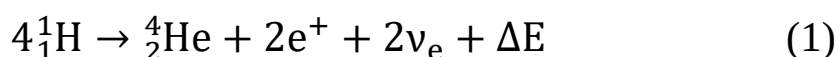
1-расм. Қуёшнинг умумий кўриниши

Қуёшда энг кўп тарқалган элементлар водород ва гелий ҳисобланади. Водород ва гелийнинг улушлари мос равишда тахминан 92,1% ва 7,8% ни ташкил этади. шунингдек Қуёш

таркибида 0,1% атрофида бошқа элементларнинг микроскопик концентрацияси мавжуд бўлиб улар темир, никель, кислород, азот, кремний, олтингугурт, магний, углерод, неон, кальций ва хромдан иборат.

Ўртача қуёш нурланиши $200-250 \text{ Вт/м}^2$ ёки $1752-2190 \frac{\text{кВт}\cdot\text{соат}}{\text{м}^2\cdot\text{йил}}$ тушганда Ер сатҳининг бутун юзасига тахминан $(0,85-1,2) \cdot 10^{14} \text{ кВт}$ ёки $(7,5-10) \cdot 10^{17} \text{ кВт}\cdot\text{соат/йил}$ тўғри келади.

Қуёшни улкан термоядро реакторига ўхшатиш мумкин. Унинг ички қисмида ҳар доим ядро синтези реакцияси содир бўлиб туради. Ядродан чиқаётган нурланишнинг спектрал зичлиги бир текис эмасдир. Қуёшда ҳар секундда ўртача $4 \cdot 10^9$ кг материя ажралиб чиқиб тасаввур қилиб бўлмас энергияга айланади ва у электромагнит тўлқинлар кўринишида космосда нурланади. Бу термоядро реакциясида протон-протон (кичик ҳароратларда) ва углерод-азот (анча юқори ҳароратларда) цикллари содир бўлиб тўртта протондан гелий ядроси ҳосил бўлади.



бу ерда e^+ —позитрон, ν_e —электрон-нейтронлар оқими. Ҳар секундда $6 \cdot 10^{11}$ кг (${}^1\text{H}$) водород (${}^4\text{He}$) гелийга айланади. Масса дефекти $4 \cdot 1,008 \text{ г } {}^1_1\text{H} = 4,003 \text{ г } {}^4_2\text{He} + 0,029 \text{ г}$ бўлиб у материя массасини $4 \cdot 10^9$ кг ни ташкил этади ва Эйнштейн муносабатига кўра $\sim 3,8 \cdot 10^{26}$ Ж энергия ажралиб чиқишини таъминлайди.

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

бу ерда c —ёруғлик тезлиги.

Шундай қилиб Ерда Қуёш нурланишининг физик моҳиятини қуйидагича изоҳлаш мумкин, яъни шаффоф муҳитда электромагнит тўлқин тарзида энергиянинг кўчиш жараёни деб аталади. Квант назариясига кўра электромагнит тўлқинлар — бу фотонлар оқими ёки вакуумда ёруғлик тезлиги билан тарқалувчи тинч ноль массага эга элементар зарралардир.

Космосда 1 м^2 юзадан 1 с давомида $4 \cdot 10^4$ та фотон ўтади, унинг энергияси қуйидагича ифодалаш мумкин:

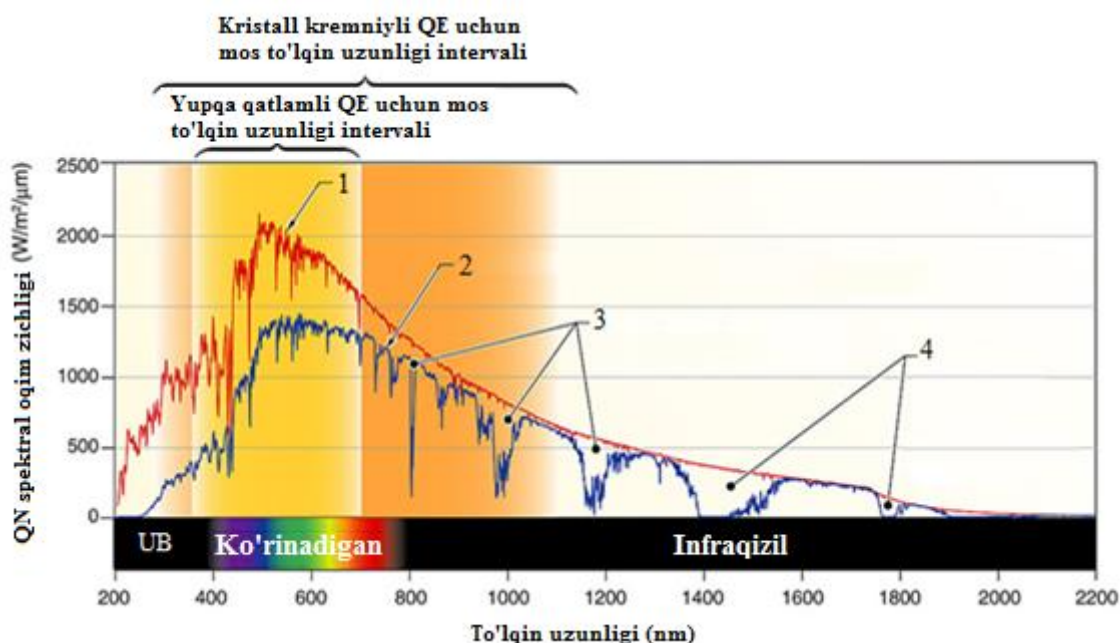
$$E_\phi = h \cdot \nu \quad (3)$$

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

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

бу ерда $h = 6,626176 \cdot 10^{-34}$ Ж·с, ν – электромагнит тўлқинлар частотаси, λ – тўлқин узунлиги.

Қуёш нурланиш энергиясининг 99% қисми $0,1 \div 3$ мкм оралиғидаги тўлқин узунлигига тўғри келади. Қуёш спектри учта соҳадан ташкил топиб улар ультрабинафша ($\lambda < 0,38$ мкм), спектрнинг кўринадиган қисми ($0,38 \text{ мкм} < \lambda < 0,78$ мкм), инфрақизил нурланиш ($0,78 \text{ мкм} < \lambda < 3$ мкм) ҳисобланади.



1- АМ 0 шароитида; 2 - АМ 1,5 шароитида; 3- Бу энергия оралиғи атмосфера таркибидаги сув буғлари томонидан ютилади; 4- Бу энергия оралиғи атмосфера таркибидаги сув буғлари ва CO₂ гази томонидан ютилади.

2-расм. Космосда ва Ер атмосферасида қуёш нурланиши спектрининг тақсимланиши

1-жадвалда бу учта спектрнинг тўлқин узунликлари соҳаси, энергияси қийматлари ва улушлари фоизларда кўрсатилган.

1-расмда Қуёш нурланишига перпендикуляр бўлган 1 м² қабул қилгич майдончага тўғри келган Ер атмосферасидан ташқарида (космосда) ва Ер шароитида Қуёш нурланиши спектрининг тақсимоти келтирилган.

Ер юзасида Қуёш нурланиши спектри космосдагидан сезиларли равишда фарқланади ва таъсир кўрсатувчи кўп сонли омилларга боғлиқ бўлади.

1-жадвал

Қуёш нурланиши энергияси	Ультрабинафша	Кўринадиган	Инфрақизил
Тўлқин узунликлар соҳаси	(0,2 – 0,38 мкм)	(0,38 – 0,78 мкм)	(0,78 – 3,0 мкм)
Энергияси (Вт/м ²)	88	656	623
Фоизларда	6	48	46

Қуёш нурланишининг умумий қуввати Q тўлқин узунликларининг ҳамма диапозонида юқори кўрсатилганидек $\sim 3,8 \cdot 10^{26}$ ни ташкил этади. Қуёш энергиясининг нурланиши атроф фазога сочилиб объектгача бўлган масофанинг квадратиغا тескари пропорционал бўлади:

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

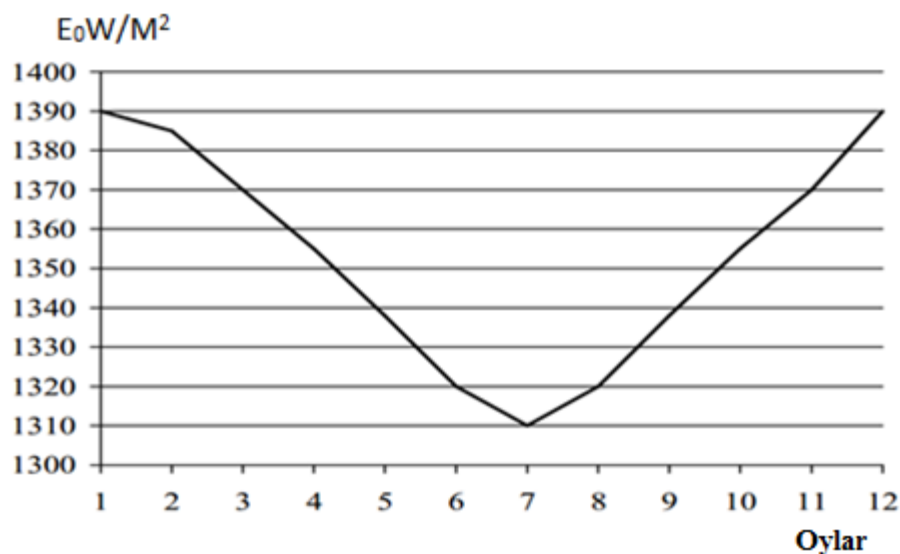
бу ерда L – Қуёшдан Ергача бўлган масофа.

1.2§ Қуёш доимийси. Атмосфера массаси. Ер сирти альбедоси. Вақт тенгламаси графиги.

Қуёш марказидан бир астрономик бирлик масофада (Ер атмосферасидан ташқарида) нурланиш оқимиға перпендикуляр жойлашган 1 м² майдон орқали ўтаётган қуёш нурланиши оқимиға Қуёш доимийси ($E_0 \sim 1367$ Вт/м²) дейилади.

Аммо бу қиймат доимий катталиқ эмас, ҳақиқатдан ҳам у йил давомида ўзгариб туради: $\pm 1,5\%$ га вақт бўйича Қуёш нурланиши оқимининг ўзгариши ҳисобига; $\pm 4\%$ га йил давомида Ер ва Қуёш ўртасидаги масофанинг ўзгариши ҳисобига амалга ошади. Қуёш

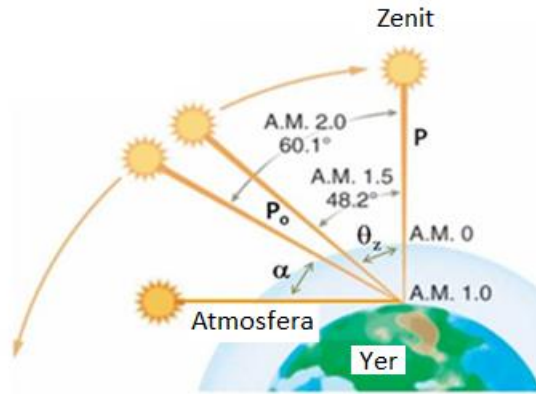
доимийсининг йил давомидаги ўзгаришининг ориентацияланган графиги 3-расмда келтирилган.



3-расм. E_0 нинг йил давомида ўзгариши

Қуёш нурланиши (ҚН) Ер атмосфераси орқали ўтганда кучсизланади, яъни ультрабинафша нурланиш озон қатлами томонидан, кўринадиган қисми эса атмосфера таркибидаги аэрозоль ва чанг зарралари томонидан, инфрақизил нурланиш эса сув буғлари томонидан ютилади. Бундан ташқари ҚН Ер атмосферасидан ўтганда учта жараён руй беради. ҚН аксланиб қайта космосга йуналиши (34% атрофида), ҚН тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмаган ҳолда амалга ошади. ҚН катта қисми Ер атмосфераси ва булутлар томонидан аксланади. Атмосфера томонидан ҚН ютилиши эса ~19% атрофида бўлиб (инфрақизил нурланиш) иссиқликга айланиб космосга қайта нурланади. ҚН Ер сиртига ўтиши ~47% атрофида бўлиб 20% Ер сиртидан инфрақизил нурланиши кўринишида бўлиб космосга қайтарилади. Фақатгина ҚН нинг 27% энергияси космосдан Ер атмосферасида энергияга айланиб сув иситиш ва буғлантириш, атмосферанинг қизиши, шамол, тўлқин, оқимларнинг ҳосил бўлиши ва бошқаларга сабабчи бўлади.

Ер юзасигача етиб келган Қуёш нурланиши интенсивлигига атмосфера кўрсаткичларининг таъсири атмосфера массаси (АМ) билан аниқланади.



4-расм. Горизонтга нисбатан ҳар хил баландликларда Қуёш нурланишининг атмосферадан ўтиш масофаси

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

бу ерда p -атмосфера босими, p_0 - нормал атмосфера босими (101,3кПа), α – горизонтга нисбатан Қуёшнинг баландлик бурчаги (4-расм).

Ер юзасида Қуёш нурланиши оқим зичлиги E қуйидаги формула орқали аниқланади:

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

бу ерда τ_λ –тўлқин узунлигига боғлиқ ҳолда атмосферада ютилиш коэффиценти, m –атмосферада ҚН ўтиш масофаси, h - атмосферанинг баланлиги, $P = E_{h\lambda}/E_{0\lambda} = e^{-\tau_\lambda h}$ - атмосфера ютилишини тафсифловчи шаффофлик коэффиценти.

Қуёш нурланишининг оқим зичлиги ва спектрал таркиби моҳиятан атмосферада ҚН ўтиш масофасига, атмосферанинг таркиби ва зичлигига боғлиқ бўлади.

Қуёш элементларининг (ҚЭ) ва фотоэлектрик батареяларнинг (ФЭБ) параметрларини ўлчаш учун ягона стандарт сифатида БМТ таркибидаги Халқаро электротехника комиссияси ва Европа ҳамжамияти комиссияси тавсияси билан АМ 1,5 атмосфера массаси α -41,81° (нормал атмосфера босими) катталикларига эга шарт қабул қилинган. У учун ҚН оқим зичлиги 835 Вт/м² га тенг деб олиниб Ер

шароитидаги ҚН интенсивлиги ўртача қиймати билан мос тушади. Шунинг таъсирида ҚЭ ва ФЭБ параметрларини ўлчаш учун қўшимча ечимлар қабул қилинди, унга кўра АМ 1,5 ва ҚН интеграл зичлиги 1000 Вт/м^2 деб олинди. АМ 0 спектри космосга тегишли бўлиб сунъий йулдошларда, космик кема бортларида ҚЭ ва ФЭБ тестдан ўтказиш мумкин. АМ 1 спектри Қуёш зенитда турган ҳолатдаги Ер сиртидаги ҚН интенсивлигини кўрсатади. Бунда ҚН интеграл зичлиги $\sim 925 \text{ Вт/м}^2$ бўлиб $\alpha \sim 90^\circ$ ни ташкил этади. Ер атмосфера массаси 1 га тенг деб олинса, қайтган нурнинг спектри Ер сиртидаги қуёш нурланиши спектрига айнан ўхшаш деб ҳисобланади.

Ер атмосфераси ўзининг оптик хусусиятларига асосан селектив ёруғлик фильтри бўлиб, коинотдан келатган қуёш нурланишини ўзгартиради. Агар нурланиш оқими атмосферадан ўтиб Ер сиртига тик тушса, у ҳолда нурланиш босиб ўтган оптик масофа бир атмосфера массасига тенг деб ҳисобланади ва АМ 1 билан белгиланади. Қия тушаётган нурларнинг оптик масофаси узунлигини уларнинг АМ 1 оптик масофа катталигига қиёслаб аниқлаш мумкин. Агар нурланиш оқими атмосфера таъсирида ўзгармаса, унинг оптик атмосфера массаси нольга тенг бўлиб, у АМ 0 деб белгиланади.

Тўғридан тўғри тушаётган қуёш нурланиши оқимининг Денгиз сатҳида қоқ туш пайтида очик ҳавода Ер сиртидаги энергетик ёритилганлиги $\approx 100 \text{ мВт/см}^2$ тенг деб ҳисобланади.

АМ 2 спектр $\alpha \sim 30^\circ$ горизонтга нисбатан баландлик бурчагида амалга оширилиб $E \sim 691 \text{ Вт/м}^2$ га тенг бўлади.

Қиёслаш учун қуйидаги жадвалда қуёш тизимидаги сайёралар орбиталарида қуёш нурланиши оқимининг зичлиги (Қуёш доимийси) 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

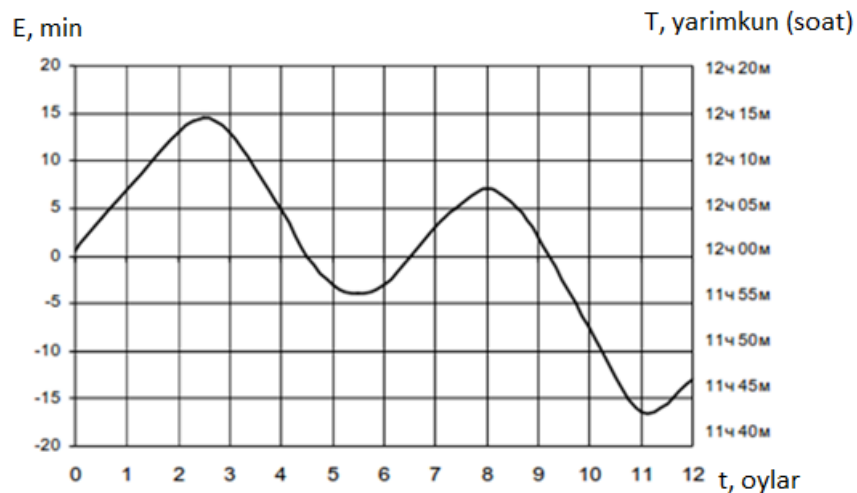
Сайёралар	Сайёра–Ер орасидаги ўртача масофа	Ер суткаларида йил давомийлиги	Қуёш нурланиши оқимининг зичлиги Қ.д. мВт/см ²
Меркурий	$57,91 \cdot 10^6 \text{ км}$	88	6,67 903
Венера	$108,21 \cdot 10^6 \text{ км}$	225	1,91 258,6

Ер	149,6 км	10^6	365	1,00	135,3
Марс	227,94 км	10^6	687	0,4367	58,28
Юпитер	778,3 км	10^6	4333	0,037	5,0
Сатурн	1427 км	10^6	10760	0,011	1,49

Ер сирти альбедоси деб, унинг сиртидан ўраб турувчи атроф муҳитга қайтган нурланиш оқимининг, унга тушаётган оқимга нисбатига айтилади. Сиртдан диффуз қайтиш учун ҳисобланган Ер альбедосининг ўртача қиймати 0,34 га тенг.

Инсоляция деб, маълум географик ҳудудда Ер сиртига тушаётган қуёш нурланишининг миқдори айтилади. Инсоляция, Ер-Қуёш тизимида масофанинг мавсумий тебранишларига, географик кенгликка, ҳудуднинг муҳитига ва атмосфера массасига боғлиқдир. Инсоляцияни одатда қуёш нурланишининг кунлик, ойлик, йиллик ўртача миқдори билан кўрсатилади.

Ҳозирда Ерда ўртача Қуёш суткаси деб номланадиган тушунча бўлиб унинг давомийлиги ҳар доим бир хил ва 24 соатга тенг. Ўртача Қуёш деб номланган ўлчов вақти ўртача Қуёш вақти, ҳақиқий Қуёш бўйича – ҳақиқий Қуёш вақти деб аталади. Улар ўртасидаги фарқ вақт тенгламаси дейилади. Охиригисининг қиймати ҳар куни астрономик календарларда берилади. Вақт тенгламасининг ўзгариш графиги 5-расмда келтирилган. Унда келтирилган эгри чизик ҳақиқий ярим кунликда ўртача вақтни кўрсатади (Горизонтга нисбатан Қуёш марказининг баландлик максимуми).



5-расм. Вақт тенгламаси графиги. Эгри чизик ҳақиқий ярим кунликда ўртача вақтни кўрсатади.

Ўртача ва ҳақиқий вақт ҳар йили бир бири билан 15.04, 14.06, 1.06, 24.12 ларда тенг бўлади. Вақт тенгламасининг максимуми 11.02 (+14^I 22^{II}) да, минимуми эса 2.11 (-16^I24^{II}) содир бўлади. Қуёшга нисбатан Ернинг бурчакли ўлчами – 32^I.

1.3§ Космосда ва Ерда (ϕ^0, ψ^0) нуқтада ихтиёрий ориентацияланган қабул қилгич майдончага тушаётган ҚН асосий ва қўшимча омиллари ва унинг таъсири

Космосда қуёш энергияси тўғри йўналган қуёш нурланиши оқими деб аталган тўғри чизик кўринишидаги ёруғлик дастасидан иборат.

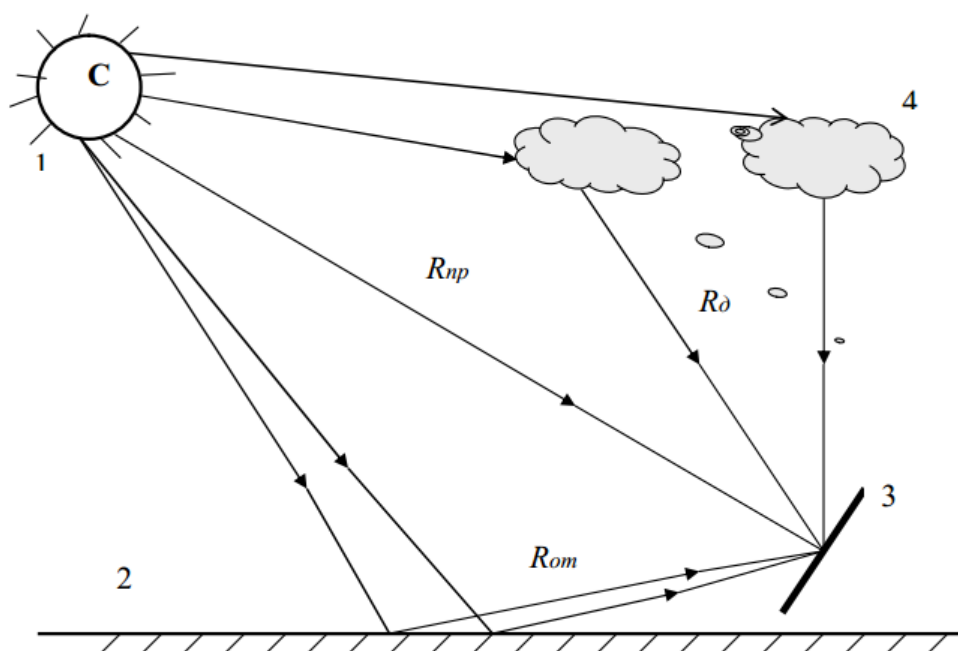
Ер юзасида ихтиёрий ориентациялашган қабул қилгич майдонга ҚН уч хил қуёш энергияси оқимидан иборат кўринишда тушади. Ер юзасида вақтининг (t) ҳар momentiда қабул қилгич майдонгача ҚН йиғинди оқими $R_{\Sigma}(t)$ қуйидагича

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

бу ерда, тўғри йўналган қуёш энергияси оқими – $R_{np}(t)$; атмосфера таркибидаги булут, аэрозоль, чанг зарралари томонидан диффуз ёки сочилган – $R_g(t)$; Ер сиртидан ҚН бир қисмининг аксланган ҳолатда қайтиши – $R_{ot}(t)$.

Агар қабул қилгич майдонга космосда жойлашган бўлса, $R_{\Sigma}(t)$ фақат $R_{np}(t)$ дан ташкил топган оқим ҳисобига амалга ошади, Ер

шароитида эса кўпгина омилларга боғлиқ бўлади. Бу биринча навбатда қабул қилгич майдоннинг Қуёшга нисбатан геометрик жойлашувига боғлиқ бўлади.



6-расм. Ер юзасида ҚН асосий ташкил этувчилари

1-Қуёш, 2-Ер юзаси, 3- Қабул қилгич майдон, 4- булут, аэрозоль, чанг.

Бу фикрларни исботини 7-расмда келтирилган чизма, яъни Ерда А (координаталари φ_A^0 – шимолий кенглик, град., ψ_A^0 – шарқий узунлик, град.) нуқтада жанубга нисбатан қияланган ихтиёрий ориентацияланган ясси қабул қилгич майдончада кўриш мумкин.

7-расмнинг шартли белгиланишлари: $S - \beta^0$ бурчак остида жанубга қияланган ихтиёрий ориентацияланган F ясси қабул қилгич майдонча жойлашган. Ердаги А (φ^0, ψ^0) нуқтадаги горизонтал майдонча, $OO - F$ ва S текисликларнинг кесишиш чизиғи, $AD \in S$ ва $AD \perp OO$; $AC \in F$ ва $AC \perp OO$; $AE \perp F$; $AB \in S$; G -Қуёш; $AN \in S$ ва AN чизиқ AG нинг S даги проекцияси бўлади.

8-расмда шундай шарт қабул қилинганки, Қуёшнинг баландлиги иккала а ва б ҳолатлар учун бир хил, яъни $\alpha_1^0 = \alpha_2^0$. Аммо қабул қилгич майдончага тушаётган қуёш энергиясининг миқдори $R(t)$ (9-формула) ҳар хилдир.

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

Аниқки, бу ҳолат учун $R(t)$ нинг қиймати а ҳолатга нисбатан каттадир. Умуман олганда, кўпгина ҳолларда қабул қилгич майдончага тушаётган тўғри йуналган ҚН тушуви $\Theta^0(t)$ қиймати билан аниқланади.

Ҳисоб даври $T = t_k - t_0$ (яъни $(\beta^0(t) = \beta^0, \gamma^0(t) \neq \gamma^0)$ ҳисобига ва $\beta^0 \neq 0, \gamma^0 \neq 0$ эга бўлган доимий вақт давомида $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуқтада қабул қилгич майдончанинг Ер ўқи атрофида ва Қуёш атрофида орбита бўйлаб Ернинг текис ҳаракатланиш шароити учун исталган вақт моментида t назарий ҳисоблаб топиш мумкин.

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

(10) тенгламани бир қанча тригонометрик ўзгартиришлардан сўнг қўйидагича тасвирлаш мумкин:

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

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

Қуёшга нисбатан қабул қилгич майдончанинг жойлашишининг баъзи характерли ҳолатлари учун (10), (11) формулаларни содда кўринишга келтириш мумкин:

Қабул қилгич майдончанинг горизонтал ҳолатда жойлашиши, яъни $\beta^0 = 0$:

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

Қабул қилгич майдонча Ер юзасига перпендикуляр жойлашган бўлса, яъни $\beta^0 = 90^0$:

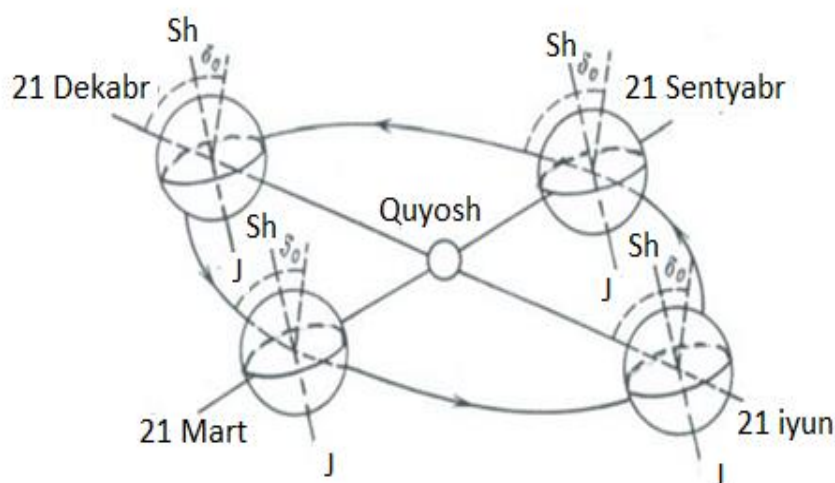
$$\cos\theta^0(t) = \cos\delta^0(t) \cdot \{\sin\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \cdot \cos\omega^0(t) + \sin\gamma^0 \cdot \sin\omega^0(t)\} - \sin\delta^0(t) \cdot \cos\varphi_A^0 \cdot \cos\gamma^0 \quad (13)$$

Қабул қилгич майдонча Ер юзасида жанубга қатъий қияланган бўлса, яъни $\beta^0 > 0$ ва $\gamma^0 = 0$:

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

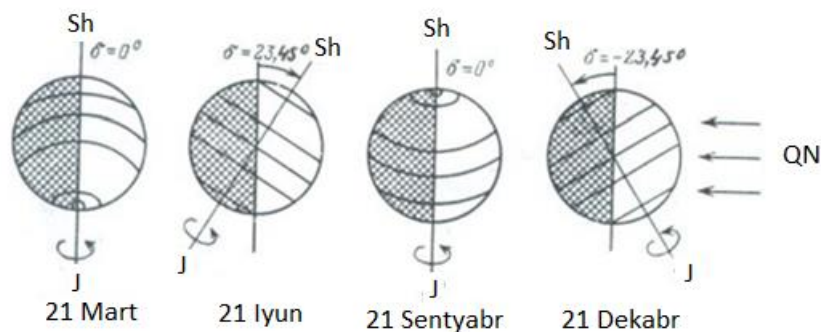
Юқорида кўрсатилган ҳамма формулалар учун $\theta^0(t)$ ҳисоби учун иккита ўзига хос бўлган параметр қатнашмоқда: $\delta^0(t)$ ва $\omega^0(t)$ -мос равишда Қуёшнинг оғиш ва соат бурчаги ҳисобланади.

Ерда қабул қилгич майдончага тушаётган ҚН тушувига кучли таъсир этадиган ва жорий вақт моменти t ёки вақт интервали Δt учун Қуёшга нисбатан Ер шарининг ўзаро жойлашишини ҳисобга олиб бу параметрларни ҳисоблаш усуллари кўриб чиқамиз.



9-расм. Қуёш атрофида Ернинг айланиш схемаси. Ер юзасидаги ўрта чизик – экватор

9-10 расмларда мосравишда йил давомида Қуёш атрофида Ернинг айланиш схемаси ва йилнинг ҳар хил суткаларида Ер юзасининг Қуёш нурланиши билан ёритилиш схемаси тасвирланган.



10-расм. Йилнинг ҳар хил вақтларида

Ер юзасининг Қуёш нурланиши билан ёритилиш схемаси. 0° ; $\pm 23,45^{\circ}$; $\pm 66,55^{\circ}$ кенгликлар қайд этилган. Қуёш оғиш бурчаги δ ўзгариши кўринарли тарзда келтирилган. ҚН оқими стрелкалар билан кўрсатилган.

Маълумки, Ер шари $a=0,033$ га тенг эксцентриситетга эга бўлиб Қуёш атрофида эллиптик орбита бўйлаб ҳаракатланади. Бунда шартли равишда Ер ўқининг қиялик йуналиши фазода қатъий равишда Қуёш атрофида ҳаракатланаётган Ер текислигининг нормалига $23^{\circ} 27' = 23,45^{\circ}$ бурчак остида жойлашади. Бу ҳолатда Қуёшга тўғри йуналган чизиқ ва Ер экватори текислиги (Экваториал текислик) орасидаги бурчак Қуёшнинг оғиши деб аталади. У сон жиҳатдан Қуёш атрофида Ернинг айланиш текислигига ўтказилган нормал ва Ернинг айланиш ўқи йўналиши орасидаги бурчакка тенг (10-расм). Шимолий яримшарда δ° бурчак йил давомида 21 декабрь учун $-23^{\circ} 27'$ дан, 21 июнь учун $+23^{\circ} 27'$ гача, қуёшли тенг кунликлар 21 март ва 23 сентябрь учун нолга тенг бўлиб ўзгаради. $\delta^{\circ}(t)$ нинг максимал қиймати δ° орқали белгиланиб $23^{\circ} 45'$ га тенг.

Қуёшнинг оғиши берилган кун учун Купер формуласидан аниқланади:

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

бу ерда n - 1 январдан бошлаб ҳисобланадиган йил кунинг тартиб номери. n - сифатида одатда йил ойлари I-XII учун ой куннинг ўртача ҳисоб номери олинади. 284 – 21 мартдан 31 декабргача бўлган суткалар сони; 360° – бир йил ичида Қуёш атрофида Ернинг тўлиқ айланиб чиқиш қиймати.

Қуйида n ва δ учун I-XII ой давомида қийматлари келтирилган.

3-жадвал

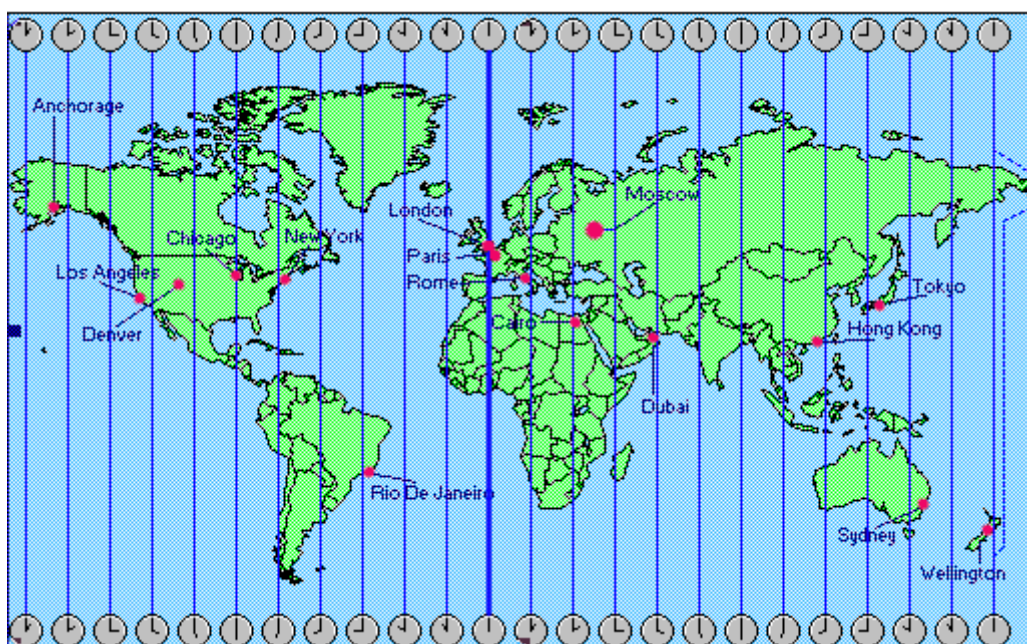
n	17	47	75	105	135	198	228	258	288	318	344
δ, град.	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

(11) формулада $\theta^0(t)$ ҳисоблаш учун шунингдек ω^0 – Куёшнинг соат бурчаги, яъни қаралаётган нуқтада А (φ^0, ψ^0) куёшли ярим кунлик вақтдан бошлаб Ернинг бурилиши ҳисобига ҳосил бўлган бурчак тушунилади.

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

бу ерда $t, \text{соат}$ – қаралаётган вақт моменти (суткаларда); $t_{\text{ya.kun}, \text{соат}}$ – А (φ^0, ψ^0) нуқта мос тушадиган шу соат ҳудудида куёшли ярим кунлик маҳаллий вақти; $E(t)$, минут – вақт тенгламаси графигидан тузатиш; ψ_A^0 – А нуқтада географик узунлик; ψ_{hudud}^0 – маҳаллий ярим кунлик ҳақиқий куёшли ярим кунлик билан мос тушадиган шу меридионал текисликнинг географик узунлиги; $\frac{15^0}{\text{soat}}$ – Ер ўз ўқи атрофида 1 соат давомида буриладиган бурчак;

Назарий жиҳатдан Ер шари 24 та соатли минтақаларга бўлиниб ҳисоби Буюк Британиядаги нол меридиандан (Гринвич) бошланади. Ҳар бир соатли зонанинг “кенглиги” 15^0 га тенг (узунлиги бўйича). Ҳар бир соатли зонада назарий жиҳатдан маҳаллий куёшли ярим кунлик ҳақиқий куёшли ярим кунлик билан мос тушадиган ψ_{hudud}^0 координатага эга баъзи ўрта меридиан мавжуд.



11-расм.Ернинг соатли минтақалари

Табиий ҳолда бу зонанинг ичи вақт бўйича ўрта меридиандан фарқи бор ва 16 тенгламада учинчи ҳад сифатида $\psi_A^0 - \psi_{hudud}^0$ кўринишида аксланади. Е шарида соатли минтақаларнинг умумий кўриниши 11-расмда схематик кўрсатилган. Ҳар бир соатли минтақада қуёшли ярим кунлик ҳақиқий вақти ψ_{hudud}^0 узунликга эга А нуқта учун куннинг 12 соати билан мос тушади.

1.4§ Қуёш нурланиши оқим зичлиги ва уларни ўлчаш услублари ҳақида маълумотлар

Қуёш энергиясидан фойдаланишни амалий тадбиқ этишда бошланғич босқич бу қуёш энергиясининг йил давомида Ер юзасининг муайян бир жойига келиб тушаётган, шунингдек Ер юзасидан қайтариладиган фаолиятли юзанинг радиация ва радиацион баланс миқдорини тўғри ўлчашдир.

Қуёш ресурсларини аниқлаш бевосита электр ва иссиқлик энергияси ишлаб чиқариш билан боғлиқ бўлганлиги сабабли, қуёш энергиясида ишловчи қуёш электр ва иссиқлик станциялари ва бошқа қурилмаларини лойиҳалаш ва кўриш учун ТИА (техник-иқтисодий асосланма) ишлаб чиқаришга имкон яратади.

Ернинг радиацион баланси, ер юзасининг альбедоси ва унда жойлашган барчаси, шунингдек Қуёшнинг Ер юзини ёритиши ҳақидаги маълумотлар инсониятнинг ҳаёт фаолиятига ва иқтисодиётнинг кўпгина соҳалари учун жуда зарур.

Қуёш нурланиши билан боғлиқ маълумотларни актинометрик асбоблар бажаради, яна уларни радиометрлар деб аташади: пиранометрлар - горизонтал юзага тўғри келадиган йиғинди радиацияни, ҳамда осмондан келаётган ёйилма (диффуз) радиацияни ўлчайди; актинометрлар ва пиргелиометрлар - қуёшдан ва унинг атрофидаги осмоннинг 5° радиусидаги қуёш атрофи зонасидан тўғри чиқаётган қуёш радиациясини ўлчайди; альбедометр -Ернинг фаолиятли юзасидан қайтарилган қуёш радиациясини ўлчайди; балансомер - Ернинг фаолиятли юзасидаги радиацион балансни аниқлаш учун қўлланилади; гелиограф - қуёшнинг ёритиш

давомийлигини, яъни қуёшнинг булутлар билан қопланмаган вақтини автоматик тарзда қайд қилиш учун ишлатилади.

Ўн йилликлар давомида актинометрик асбоблар принципаал жиҳатдан ўзгармаганлигини қайд этиш лозим. Шу кунгача ҳам термобатареянинг қорайтирилган юзаси қуёш радиациясини қабул қилувчи мослама сифатида хизмат қилаяпти. Катта миқдордаги микроскопик «қабул қилгич» лари мавжуд бўлган нотекис таркибли қора селектив бўлмаган қоплама унга тушаётган кенг оралиқдаги спектрал қуёш нурланишининг 98% ютиб қолади, яъни ер юзасига етиб келаётган қуёш спектрини барча қисмини қамраб олади (0,3-2,5 мкм). Жуфтлаштириб пайка қилинган ва электр жиҳатдан кетма-кет уланган терможуфтликлар йиғмаси-термобатареяларнинг сезгир элементи сифатида хизмат қилади. “Иссиқ” юза орқали ютилган қуёш нурланиши унинг ҳароратини ошишига олиб келади. “Иссиқ” ва “совуқ” юзалар бир хил белгиланган ҳароратда ушлаб турилганда, улар ўртасидаги юзага келган ҳарорат фарқи унга тўғри пропорционал бўлган электр юритувчи кучни (ЭЮК) пайдо қилади. Актинометрик асбобларни сезгирлиги ҳар бир асбоб учун алоҳида ўзига хос, шунинг учун ҳар бир радиометр ўзини алоҳида махсус калибрлаш коэффициентига эга ҳаттоки, бир хил модели асбоблар учун ҳам ўринлидир. Қўшимча қиламизки, радиометрларнинг қора қопламаларини спектрал сезгирлиги 2% камроқ. Ёки бошқача айтганда, радиометрларни спектрал оралиғида ҳар бир тўлқин узунлиги учун қопламани ютиши бир хил ва 2% аниқликни ташкил этади.

Амалиётда энг кўп қўлланишга эга пиранометрлар ҳисобланади, юқорида айтиб ўтганимиздек, улар йиғинди (глобал) ва ёйилган (диффуз) қуёш радиациясини ўлчайди. Қуёш станцияларининг ва бошқа гелиоқурилмаларнинг аксарият қисми йиғинди ва ёйилма радиациядан фойдаланади, яъни пиранометрлар ўлчов натижаларининг истеъмолчилари ҳисобланади. 12-расмда пиранометрларнинг ташқи кўриниши тасвирланган. Пиранометр термобатареяли головкадан, ярим сферик шиша қолпоқдан, штатив, қуритма ва соя қилувчи экрандан иборат. Замонавий пиранометрларда кварц шишасидан қилинган қолпоқлардан фойданилади, чунки шиша қуёш радиациясини маълум қисмини ютади. Пиранометрлар кўрсаткичларига атмосфера таъсирини йўқотиш учун замонавий пиранометрларда иккита кварц қалпоқдан фойдаланилади. Маълумки, ўлчов асбобини қабул қилувчи юзаси ва

корпуси орасидаги ҳарорат фарқи кичик манфий чиқувчи сигнал пайдо қилади, кўпинча бу нолдан силжиш деб аталади. Бу эффект ички қалпоқдан фойдаланиш ҳисобиға минимумға келтирилади. Охирги вақтда юқорида айтилган эффектни камайтириш учун асбобларда вентиляциядан фойдаланилади, ҳамда сезгирликға тузатиш киритиш имконини берувчи, ички ҳарорат датчиги бор бўлган пассив электр компенсация схемалари ўрнатилади.

4-жадвалда баъзи пиранометрларнинг асосий техник ҳарактеристикалари келтирилган.

4-жадвал.

№	Техник характеристикалари	Асбоб тури		
		М-80, Россия	СМР6, Нидерландия	СМ21, Нидерландия
1	Спектрал оралиқ	300-2500нм	Классификацияси ISO 9060:1990, биринчи класс 285-2800 нм	Классификацияси ISO 9060:1990, Иккиламчи эталон 285-2800 нм
2	Инерция (ишлаб кетиш вақти)	40 с	18 с	5 с
3	Максимал ишчи ёритилганлик	1500 Вт/м ²	2000 Вт/м ²	4000 Вт/м ²
4	Сезгирлик	10-15 мкВ/Вт/м ²	5-20 мкВ/Вт/м ²	7-14 мкВ/Вт/м ²
5	Термобатареянинг қаршилиги	25-35 Ом	20-200 Ом	10-100 Ом

Амалиётда турли хил пиранометрлардан фойдаланилади, юқорида кўрсатилганлардан ташқари, Зонтага, ЭКО, Молля-Горчинского, SR-75, Беллани кабилар шулар жумласидандир. Бироқ, Бутун жаҳон Метрология Ташкилоти (БМТ) радиация маълумотлари Маркази маълумотиға асосан Kipp and Zonen компанияси пиранометрларидан энг кўп фойдаланилади ЎзРФА “Физика-Қуёш”ИИЧБ. Материалшунослик Институтида ҳам Kipp and Zonen компаниясининг 2 та СМ21 пиранометрларидан ва 1 та СН1 пиргелиометридан фойдаланилади.

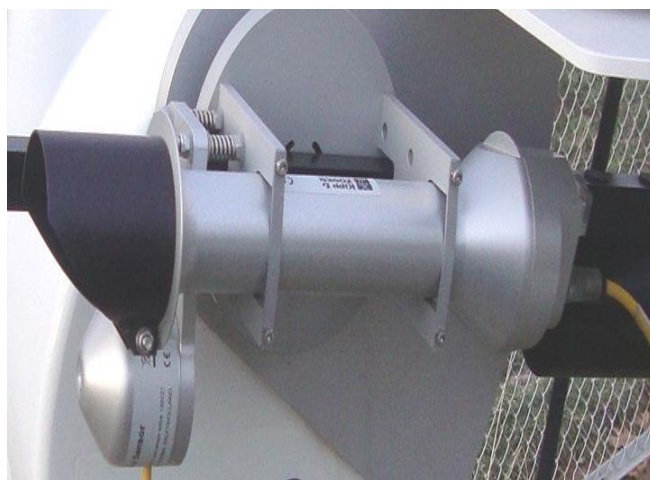
Бир қатор мамлакатларда қуёш нурланишини қабул қилувчи дачиклар сифатида ярим ўтказгич элементлари бўлган пиранометрлар ишлатилади. Бу АҚШда ишлаб чиқарилган Li-cog ва Эппли RSP пиранометрлари. Бироқ БМТ улардан фойдаланишни тавсиф қилмайди, чунки бу кўрсатилган асбобларни сезгирлик спектри нозизиқли ҳарактерга эга ва маълумки, уларга селективлик хусусияти хосдир. Эппли RSP асбобларини спектрал оралиғи 400-1100 нм, Li-cog эса спектрал оралиғи 400-700 нм (кўринарли спектр) ва 400-1100 нм асбоблар ишлаб чиқаради. Бошқа тарафдан бу асбобларни калибрлаш классик пиранометрлар билан солиштириш йўли билан ўтказилади, чунки спектрал номосликликлар муаммоси юзага келади, хатолиги эса $\pm 5\%$ ташкил этади.

Юқорида эслатиб ўтганимиздек, қуёшнинг тўғри радиациясини ўлчайдиган асбоблар, актинометрлар ва пиргелиометрларда тўхталиб ўтамиз. Бу маълумотлар минора турдаги ва параболоид кўринишидаги қуёш станциялари ҳамда қуёш печлари қурилиши учун ТИА ишлаб чиқиш учун фойдаланилади. Кўрсатиб ўтилган қуёш қурилмалари, уларнинг мос равишдаги қабул қилувчи юзаларига фокусланадиган қуёшнинг тўғри радиациясида ишлайди.

Актинометрлар ва пиргелиометрларни ишлаш принципи ва қуёш радиациясини ўлчайдиган пиранометрларнинг ишлашига ўхшаш. Фарқли асбобларни ўзининг конструкциясида ҳамда уларни доимий равишда қуёшга йўналтирилган бўлишидадир. 1-расмда АТ-50 актинометр и СН1 пиргелиометри кўрсатилган.



12-расм а) Актинометр АТ-50



12-расм б) Kipp and Zonen компанияси СН1 пиргелиометри

Қуёш радиациясини қабул қилувчи мосламалар актинометр ва пиргелиометр трубкалардан иборат. Диафрагмалари бор трубка қабул қилгични шамол ва ёйилма радиацидан химоя қилади. Асбоблар тешикларини марказий бурчаги 10° тенг. Бу асбобларни қабул қилгич маркази қуёшдан ва осмонни қуёш ёни зоналаридан 5° радиусда радиация қабул қилишини билдиради. Асбобларни деразалари кварц шишадан тайёрланган ва қуёш нурланиши спектрини 97-98% ўтказади ва қабул қилгичда ютилади. Асбоб трубкалари ичида асбобни намлик даражасини сошлаб турадиган селико-гелли ютгич мавжуд.

5-жадвалда АТ-50 актинометрини ва СН1 пиргелиометрини асосий техник характеристикалари кўрсатилган.

5-жадвал

№	Техник характеристикалари	Асбоб турлари	
		АТ-50, Россия	СН1, Нидерландия Классификация ISO 9060:1990, биринчи класс
1	Спектрал оралиқ	300-10000 нм	200-4000 нм
2	Инерция (ишлаб кетиш вақти)	<25 с	5 с
3	Ишчи ёритилганлик	40-1200 Вт/м ²	0-4000 Вт/м ²
4	Сезгирлик	<30 мкВ/Вт/м ²	7-14 мкВ/Вт/м ²
5	Террмобатарея қаршилиги	30-100 Ом	10-100 Ом

АП-1, М-3 маркали биринчи модел актинометрлари, қуёшга қўлда йўналтирилади, чунки уларни конструкцияси шу қўл билан шунақа манипуляция ҳаракатларни бажаришга мослаштирилган. Замонавий асбоблар қоидага мувофиқ қуёшга йўналтириш станциялари билан ишлайди, мисол учун Kipp and Zonen 2P ва Solys

2 асбоблари. Ҳамда пиргелиометрларни компьютер ёки бошқа маълумот йиғиш тизимига улаш мумкин. Бунинг учун паст кучланишли аналогли бўлиши лозим, АЦП (Аналог-сонли айлантиргич) аниқлаш имконияти тизимни сергирлигини Вт/м^2 га 1 бит атрофида таъминлайди шарт. Қуёш нурланишини хонадан ташқарида ўлчаш вақтида аниқлаш имконияти катта бўлишига эҳтиёж йўқ, чунки иссиқлик мувозанати йуклиги учун пиргелиометрлар $\pm 2 \text{ Вт/м}^2$ гача силжиш кўрсатади. Дунёда юқорида кўрсатилган пиргелиометрлардан ташқари бошқа DR-01, DR-02, DR-03, Nip ва бошқалар сингари пиргелиометрлар ҳам ишлатилади, лекин аксарият ишлатиладигани булар Kipp and Zonen компанияси асбобларидир.

Актинометрик асбобни кейинги тури – альбедометрни кўриб чиқамиз. Маълумки, Альбедо, бу ҳар қандай жисм юзасини унга тушадиган нурланишни қайтариш (ёйиш) қобилятини тавсифловчи катталиқ. Альбедометрни ишлаш принципи осмондан ва қуёшдан юзага тушадиган ҳамда у юзага тушиб қайтарилган нурланишни ўлчашга асосланган. Бу тубдан қаралганда, Ер юзини ўрганиш учун ҳаво шарларига, кейинчалик самолёт ва сунъий йўлдошларга ўрнатилган спектрофотометрларни биринчи акси кабидир. Бу маълумотлар иқлимшунослик, қишлоқ ва сув хўжалиги, қурилиш ва бошқа соҳалардаги кенг доирадаги мутахассисларга зарур ҳисобланади.

Биринчи альбедометрлар иккита пиранометрлар асосида йиғилган, булардан биттаси қуёш ва осмонга қаратилган, бошқаси тадқиқот қилинаётган юзага қаратилган. SRA 01 турдаги замонавий, шу жумладан портатив альбедометрлар яратилган ва тайёрланган.

Кейинги актинометрик асбоб бу балансомер. Балансомер фаолият юзасидаги колдик радиацион балансни аниқлаш учун қўлланилади. Радиацион баланс қуёшнинг тўғри радиациясиз ўлчанади, бунинг учун балансомерни қабул қилувчи юзаси экран билан тўсилади. Бир вақтнинг ўзида актинометр билан тўғри радиация ўлчанади. Тўлиқ баланс олиш учун горизонтал юзадаги тўғри радиация катталиги тўсилган балансометрда ўлчанган кийматга қўшилади. Кўпроқ замонавий балансомерлар бошқа принципга асосланган. Асбобда иккита радиация қабул қилгич бўлиб, биттаси юқorigа қаратилган ва фаолият юзага тушаётган радиациони ютади, иккинчи қабул қилгич пастга қаратилган ва фаолият юзага тушмайдиган барча турдаги радиацияларни ютади.

Балансомер кўрсаткичларига шамол таъсирини камайтириш учун балансомерни штил шароитларида текширишдан олдин, штиль учун ўтиш кўпайтмаси деб номланувчи ўтиш кўпайтмасидан фойдаланилади. Амалиётда балансомерларни турли хиллари ишлатилади: CSIRO; Функа; Гира и Данкля, Щульца, Суэми-Франсила, М-10. Замоनावий балансомерлар компьютер ёки маълумотларни йиғувчи бошқа турдаги тизимларга осонгина уланади.

Охирги актинометрик асбоб – гелиограф ёки уни яна қуёш ярқирашини қайд қилувчи деб айтилади. Бу асбобларни ўлчов натижаларига қисқа ва узок муддатли об-хаво маълумотлари тузиш учун, климатлар пайдо бўлишини ўрганувчи климатология учун, Ер шари иқлими классификациясини тавсифлаш, инсоният ва бошқа ҳаёт фаолияти учун кераклик ўсимликларни етиштиришни режалаштириш ва районлаштириш учун қишлоқ хўжалигини био иқлимшунослиги ва агро иқлимшунослиги ўрганиш учун статистик маълумотлар йиғувчи метеорологлар жуда муҳтождирлар. Гелиограф кун давомида, қуёш булутлар билан қопланмаган вақтда қуёш ёритиш давомийлигини автоматик тарзда қайд қилиш учун хизмат қилади. Ёруғлик давомийлиги БМТ томонидан қуёшнинг тўғри нурланиши 120 Вт/м^2 ошмаган вақт оралиғи соатларида аниқланади.

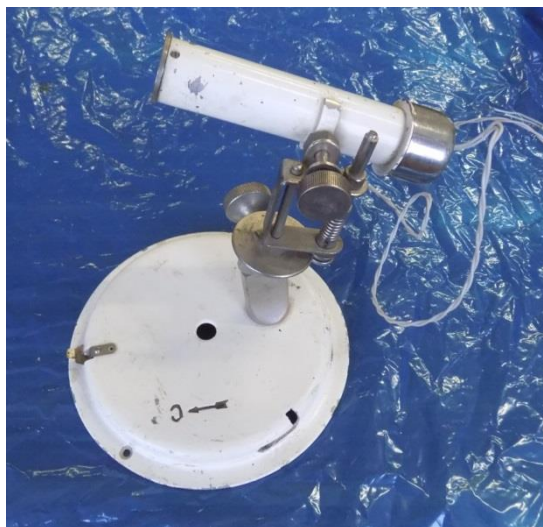
Кўп ўн йилликлар мобайнида қуёш ёритишини аниқлаш бўйича маълумот олиш учун бутун дунёда Кембелла – Стокса гелиограф тизимлари ишлатилган. Бунда шишадан ясалган, ёйсимон тагликга маҳкамланган, қуёш нурларини йиғувчи линза шар кўринишида бўлган. Қуёш нурлари шар деворларига тушиб, уларни линза сингари ўлчов бўлинмаси 0,5 ва 1 соат бўлган ёруғлик сезувчи лентанинг бир нуктага фокуслаган. Қуёш силжишига қараб, осмонда лентага фокусланган нур тўплами ҳаракатланади ва у лентада куйдирилган полоса изи қолдиради. Қуёш булут билан қопланган вақтда полоса изи узилади. Кун охирида қуёш ёритиши тўғрисида тўлиқ маълумот пайдо бўлади, яъни қанча вақт кун ёруғ, қанча вақт булутли бўлгани ҳақида маълумот олинади.

Ҳозирги вақтда замоनावий ва фойдаланиш учун қулай бўлган сезгирлиги 400 – 11000 нм спектрал оралиғида бўлган кремнийли фотодиодларда ишловчи CSD, SON, PREDE, CIMEL, PUMKO-CAMMER ва бошқа, қуёш ёритилганлиги ўлчаш датчиклари кенг қўланилмоқда. Бу асбобларда механик ҳаракатланувчи қисмлар йўқ,

12 В ўзгармас кучланишли манбада ишлайди. CSD асбоби шулар билан биргаликда музлашдан, қор ёпишиб қолишдан, шудринг тушишдан ҳимоя қиладиган ва ўзида ўрнатилган иситгичи мавжуд. Мазкур асбоблар компьютер ёки маълумотларни йиғувчи бошқа турдаги тизимларга осонгина уланади.

Қуёш датчиги энергетик ёритилганлигини ўзгартириш оралиғи турига қараб 0,01 дан 1,3 кВт/м² ни ташкил этади. Маълумки, Қуёш нурланишининг Ер атомосферасига етиб келадиган зичлиги ўртача 1,367 кВт/м². Бу катталиқ қуёш доимийси деб аталади. Олдин таъкидланганидек, Қуёш нурланиши атмосфера қатламидан ўтаётганда ўз қийматини маълум миқдорга йўқотади. Аслида булутсиз кунда Ер юзасига етиб келган қуёш оқими, кенглик, узоклик, денгиз сатхидан баланлик ва йилга кўра аниқ жойдаги кун ярмида кўпинча 700 дан 1300 Вт/м² гача оралиғда бўлади.

Голландияда ишлаб чиқарилган СД - қуёш датчикларини асосий техник характеристикаларини келтирамиз.



13-расм. Актинометр АТ-50.

чиқувчи сигнал вақтининг ўрнатилиш вақти 1% хатолик билан 25 с кўп эмас;

- термобатарея қаршилиги- ?



14-расм. Универсал пиранометр М-80.

- сезгирлик 1 кал/мин. см^2 7-11 мВ ;
- чиқувчи сигнал вақтини ўрнатилиш вақти 1% хатолик билан 40 с кўп эмас;
- термобатарея қаршилиги 25 -35 Ом.

Пиранометр головки М-115М:

- сезгирлик кВт/м^2 8-12 мВ
- чиқувчи сигнал вақтини ўрнатилиш вақти 1% хатолик билан 35 с кўп эмас;
- термобатарея қаршилиги 30 - 40 Ом.

1.5§. Қуёш энергиясининг кадастри ва унинг ўзига хослиги

Қуёш энергиясининг кадастри тушунчаси остида Қуёш энергетик қурилмалари ва параметрларини лойиҳалаш ва уларни молиявий-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш, қуёш энергияси потенциал ресурсларини баҳолаш учун зарур бўлган S (м^2 ёки км^2) ҳудудлар учун ёки A (φ_A^0 , ψ_A^0) нуқтадаги ҚН бўйича тизимлаштирилган маълумотлар тушунилади. Қўрсатилган маълумотларда ҚН таъсир кўрсатадиган метеорологик омиллар ва ҚН тушушининг вақт-фазовий динамикаси хусусиятлари акс этиши зарур. Бу маълумотлар асосида асосий таъсир этувчи омиллар ҳисобига ҚН вақт бўйича ўзгариши – қаралаётган вақт қаторлари хусусиятларини акс эттирувчи махсус математик моделлар ишлаб чиқилиши мумкин. ҚН ўзгаришини аниқ ифодалай олиш шу ёки бошқа мамлакатда қуёш энергетикасининг ривожланиш истиқболларини асослаш учун катта аҳамиятга эга деб қараш мумкин.

XX асрнинг охирги икки ўн йиллигида ва XXI асрнинг биринчи йилларида маълум бўлдики, атроф муҳитга инсоният фаолиятининг таъсири яққол намоён бўлмоқда. Кўпчилик ҳолларда ҚН учун тўғри йўналган Қуёш радиацияси қийматининг тизимли равишда камайиши ва диффуз радиациянинг ортиши, бир вақтда йиғинди ҚН оқимининг нисбий сақланиб қолаётганлиги кузатилмоқда. Шу билан бир қаторда ҚН учун ўтган йиллардаги кузатишлар натижасида олинган аниқ маълумотларни келгусида ҚН ўзгаришини прогноз қилишда қўллаш сезиларли қийинлашмоқда. Бошқача айтганда, бугунда қаралаётган ҚН вақт бўйича ўзгариш жараёни ҳозирда ҚН бўйича қаралаётган вақт қаторлари барқарорлиги ва эргодик талабларига тўлиқ жавоб бермайди.

Одатда Қуёш кадастри қуйидаги характеристикаларни киритиш мумкин:

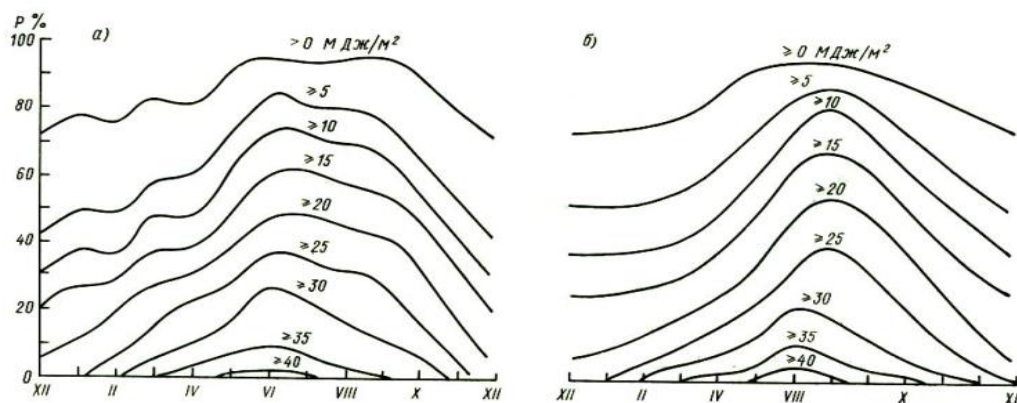
- Ўртача ойлик ва ўртача йиллик умумий булутлилиқ миқдори;
- Очиқ ва булутлилиқ осмоннинг эҳтимоллилиги;
- Ўртача ойлик ва ўртача йиллик Қуёш порлашининг давомийлиги;
- Ўртача булутлилиқ шароити учун горизонтал қабул қилгич майдончага тушаётган ҚН асосий ташкил қилувчиларининг ўртача соатлик тушуви;
- Йил давомидаги атроф муҳит ҳарорати кўрсаткичлари;
- Ҳудуд атмосфера таркибида чангланиш концентрациясининг миқдори;
- Шамол тезлиги ва йўналишлари.

Қуёш кадастри бўйича энг аниқ тизимлаштирилган тадқиқотлар ўтган асрнинг 80-йилларида Грузияда амалга оширилган эди. Бу қуйидаги сабаблар билан тушунтирилади. Биринчидан, собиқ СССР ҳудудидаги бошқа давлатларга нисбатан ҚН юқори қийматига эга эканлиги бўлса, иккинчидан, Грузияда ўша вақтда етарли даражада актинометрик метеостанцияларнинг (АМС) мавжудлигидир.

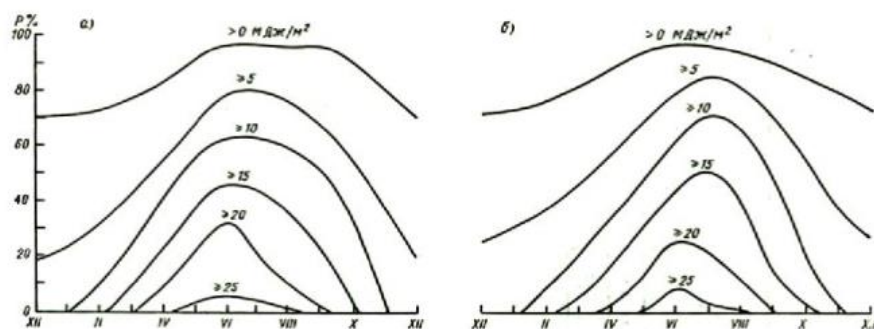
Шунингдек Тбилисида ҚН тўғри йўналган оқими бўйича тизимлашган кузатишлар 1926 йилда олиб борилди, йиғинди ва диффуз ҚН бўйича 1937 йилдан олиб борилди. Грузияда XX асрнинг 50-йиллари ўртасида олтита АМС (Сухуми, Крест домини, Цхакая-Торса, Телави, Анасули, Цалка) фаолият кўрсата бошлади. Шундай қилиб, ўтган асрнинг 90-йилларида Грузияда ҚН бўйича тизимлаштирилган маълумотлар тузилган эди: Тбилисида – тўғри

йўналган ҚН оқими радиациясини аниқлаш бўйича 50 йилдан ортиқ, диффуз ва йиғинди ҚН оқими радиацияси бўйича 40 йилдан ортиқ, қолган АМС маълумотлари бўйича 30 йилга яқин фаолият олиб борилди. Узоқ йиллик кузатишлар натижасида қуйидаги ҚН характеристикалари (Σ , $\Sigma_{\text{пр.}}$, $\Sigma_{\text{д.}}$, $\Sigma_{\text{отр.}}$, $T_{\text{сс.}}$ ва бошқалар) олинди, шу асосида тўртта асосий тақсимланиш моменти ҳисобланди: математик кутиш, C_v , C_s ва σ . ҚН асосий характеристикаларининг эгри тақсимланиши ҳисобланди, яъни $\Sigma(p)$, $\Sigma_{\text{пр.}}(p)$, $\Sigma_{\text{д.}}(p)$, $\Sigma_{\text{отр.}}(p)$, $T_{\text{сс.}}(p)$ $\Delta t=1$ сутка, ой ва 1 йил. Кўрсатилган эгри тақсимланиш кўринишида йилнинг ҳамма ойлари бўйича ишлов берилди ва уларнинг характер кўрсаткичлари асосида график қурилди: тадқиқ этилаётган параметр қиймати ошкорлик эҳтимоллиги унга берилган хусусий қийматдан каттадир; тадқиқ этилаётган параметр қиймати ошкорлик эҳтимоллиги ҳар йил ойидаги баъзи қийматдан каттадир; ҚН оқими қийматига эга ҳар йил ойидаги кун сонлари эҳтимоллиги берилган қийматдан каттадир.

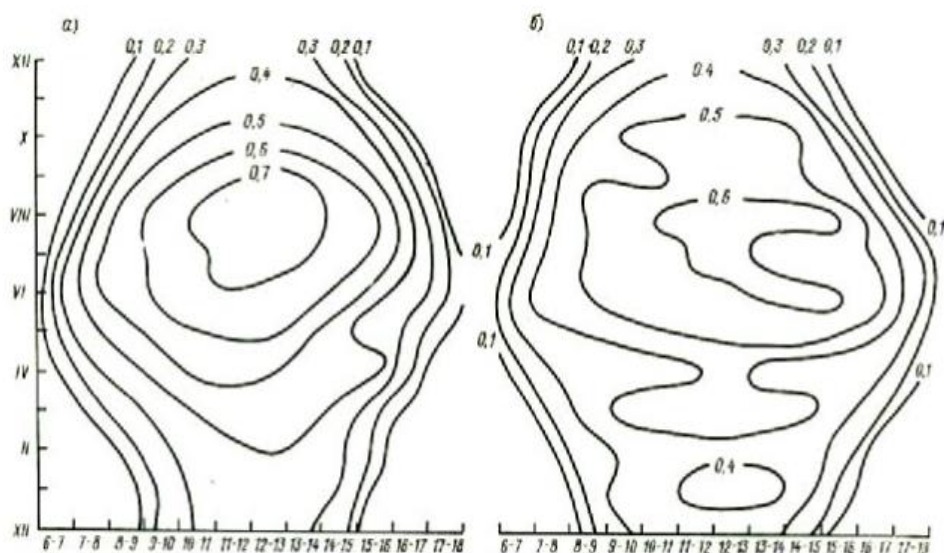
Юқоридагиларга намуна сифатида 15-19 расмларда Грузиядаги АМС учун умумлаштирилган эҳтимоллик характеристикалари келтирилган.



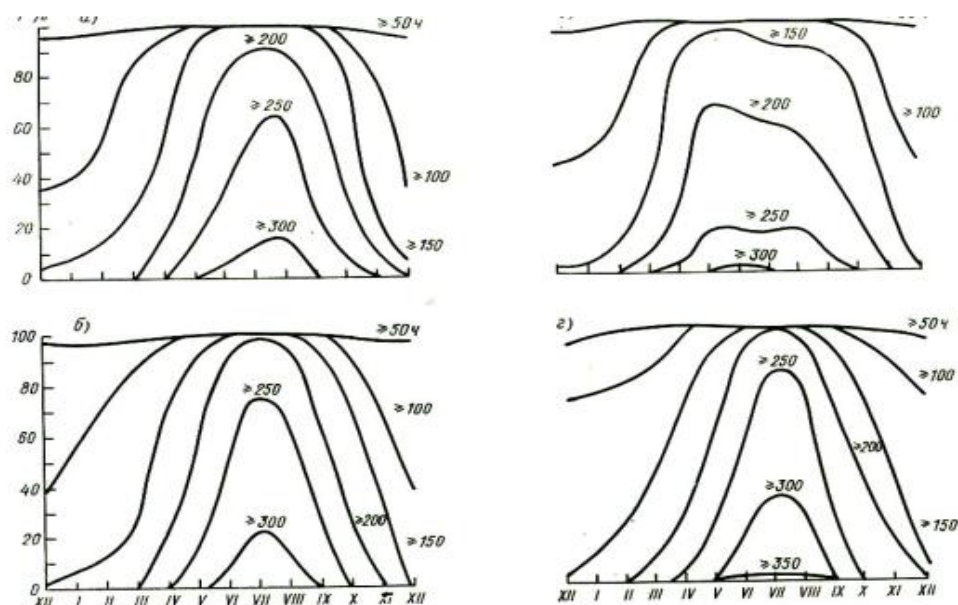
15-расм. Перпендикуляр юзага тушаётган тўғри йўналган қуёш радиациясининг суткалик йиғиндиси эҳтимоллиги а) Сухуми, б) Телави



16-расм. Горизонтал юзага тушаётган тўғри йўналган қуёш радиациясининг суткалик йиғиндиси эҳтимоллиги а) Сухуми, б) Телави

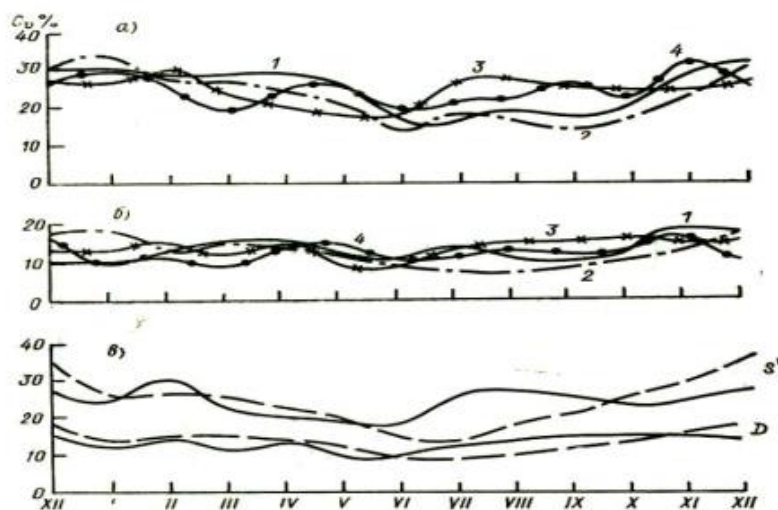


17-расм. $S \geq 1,5$ МЖ да ойига кунлар сони эҳтимоллиги а) Сухуми, б) Телави

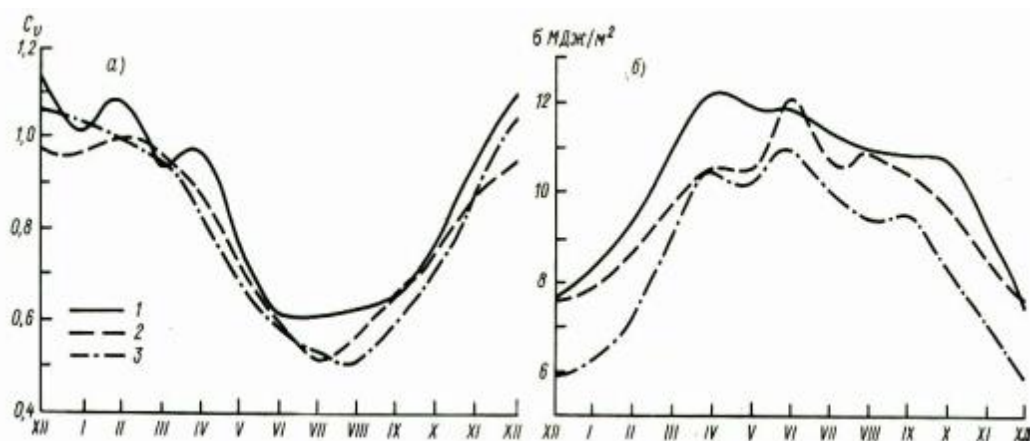


18-расм. Куёш порлаши давомийлигининг ойлик йиғиндиси эғтимоллиги а) Сухуми, б) Тбилиси г) Бахмаро д) Телаи

ҚН учун юқорида кўрсатилган бир қатор кузатиш натижаларини қайта ишлаш асосида еттига АМС да шунингдек C_v , C_s нинг қийматлари $\Delta t=1$ сутка, 1 ой ва 1 йил учун аниқланган эди. Намуна сифатида 19-расмда тўғри, диффуз ва йиғинди куёш радиацияси ойлик қийматлари учун C_v қийматлари тақдим этилди.

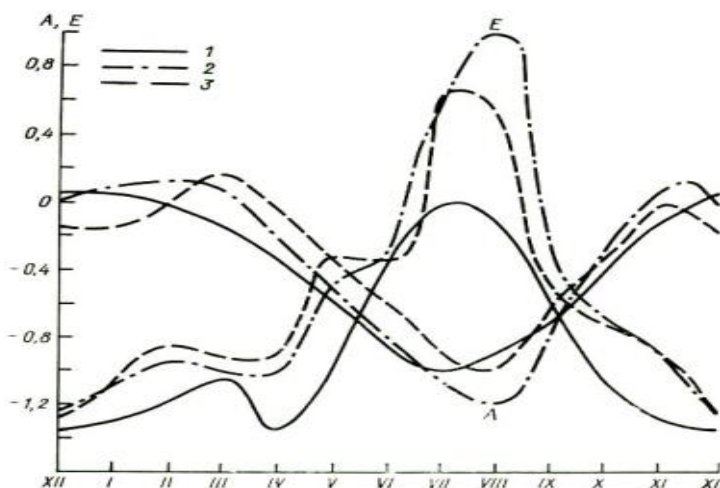


19-расм. Радиация ойлик йиғиндисининг C_v ўзгариши коэффициентининг йиллик натижаси а) станция учун тўғри радиация: 1-Телаи, 2- Сухуми, 3- Анасеули 4-Цалка; б) шу станциялар учун йиғинди радиация; в) Анасеули (туташ чизик) ва Тбилиси (штрих чизик) учун тўғри ва сочилган радиация.



20-расм. Ўртача квадратик оғиш (σ ҳолат, σ) ва ўзгариш коэффиценти (a ҳолат, C_v) учун йиллик натижалар.
1-Сухуми; 2- Тбилиси; 3- Телави.

Ундан келиб чиқадики, энг катта ўзгариш қийматига ($15 \div 30\%$) тўғри йуналган қуёш радиацияси ва энг кичик ўзгариш қийматига ($10 \div 20\%$) –йиғинди ва диффуз ҚН эгадир. C_v нинг йиллик қиймати сезиларли даражада ($5 \div 10\%$) га кичик. ҚН суткалик тушуви учун C_v қиймати сезиларли даражада катта (20 расмга қаранг). Қиш учун $C_v = (100 \div 110)\%$, ёз учун ($50 \div 60\%$).



21-расм. Йиғинди радиация суткалик сумма эксцесса ва асимметрия коэффиценти йиллик натижалари 1-Тбилиси 2-Сухуми 3- Телави

C_s ва эксцесса E нинг бир йил давомида ўзгариш графиги 21 расмда келтирилган. Графикдан маълумки, ноябрдан апрель ойига қадар даврда C_s нолга яқин (яъни $E_{\text{сут.}}$ тақсимооти - симметрик). Май-

октябрь учун $C_s < 0$, июль-августда C_s абсолют максимум қийматга эга (-1,2).

$T_{cc}^{ой.}$ ойлик йиғиндиси ҳамма тўлқин диапазонини тасвирлашнинг қулай содда кўриниши бу номограмма бўлиб 22-расмда келтирилган. У ўртача кўп йиллик ойлик йиғинди маълумотлар асосида $T_{cc}^{ой.}$ бу йиғиндиларнинг мумкин бўлган чегаравий қийматларини, шунингдек 10% дан ошмаган ҳолда хатолик даражасида исталган ой учун $T_{cc}^{ой.}$ йиғиндисини ҳам аниқлаш мумкин.

Бажарилган ҳисоб китоблар шуни кўрсатадики, аралаш йилларда $T_{cc}^{ой.}$ қийматини амалий жиҳатдан мустақил тасодифий ходисалар кўринишида тасвирлаш мумкин. Шунингдек $T_{cc}^{ой.}$ нинг узок йиллик ўзаро боғлиқлигига ҳам таалуклидир (узок йиллар ва 1,2 га силжишлар).

30-40 йиллик кузатишлар учун $T_{cc}^{ой.}$ нинг ҳисоби 2÷5 соат хатолик билан ўртача стандарт оғишда 4÷8 соатгача аниқликга эга. 70-80 йилгача қаторлар узунлигининг ортиши абсолют хатонинг 2 марта камайишига олиб келади.

Кундуз кунги қуёш порлашининг давомийлиги $T_{cc}^{сутк.}$ Ўзининг аниқ чегараларига эга: нолдан кичик бўлмаган ва T_{cc}^0 дан катта бўлмаган ҳолат АМС учун горизонт ёпиқлиги ва Қуёшнинг денгиз сатҳидан баланлигини ҳисобга олиб қуйидаги формуладан аниқланади:

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

$T_{cc}^{сутк.}$ тебраниши $T_{cc}^{мес.}$ ва $T_{cc}^{йил}$ га қараганда сезиларли даражада юқоридир. Бу айтилган маълумотларни 22-расм тасдиқлайди. Ундан келиб чиқадики, йил давомида C_v нинг ўзгариш диапазони июлда 0,4 дан декабрда 1,0 гача (ёки суткасига $\pm(2,5\div 4,5\text{соат})$) ғоят муҳимдир. Умуман олганда, қиш шароити учун C_v 0,8 дан 1,0 гача, ёз учун 0,4 дан 0,6 гача ўзгариб туради.

2.БОБ. ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИКАСИ РЕСУРСЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИ

2.1§Тўлиқ информация мавжудлигида горизонтал қабул қилгич майдонча учун берилган S (км^2) ҳудудда A (φ^0 , ψ^0) нуктада ялпи ресурсларни ҳисоблаш усуллари

Ер юзасида амалий жиҳатдан ҳамма ишлаб чиқилган усуллар қуйидаги методик жиҳатларга асосланади. Ҳисобга олиш керакки, дунёдаги АМС кўпчилиги қоидага мувофиқ, қўзғалмас горизонтал майдончага тушаётган қуёш радиациясининг тушувини ўлчайди, яъни берилган S (м^2 ёки км^2) ҳудудлар учун ёки A (φ^0_A, ψ^0_A) нуқтадаги қуёш радиацияси ресурсларини баҳолашнинг миқдорий ўлчови сифатида қабул қилинади.

Ер юзасида берилган нуқтада $A(\varphi^0, \psi^0)$ қуёш нурланиши ёки қуёш энергияси ялпи потенциали тушунчаси остида одатда бир календар йили даврига тенг вақтда 1 м^2 майдонга эга горизонтал ҚҚМ тушаётган Қуёш энергиясининг ўртача кўп йиллик миқдори - $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma} \left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{соат}}{\text{м}^2 \text{йил}} \right)$ тушунилади. Йиллар бўйича Қуёш энергиясининг тушушининг ўзгарувчан характерини ҳисобга олиб ($\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}$, етарли даражадаги ишончли қийматини олиш учун) машҳур 11-йиллик қуёш цикли (Вольф цикли) қараганда катта бўлган етарли узун T (йиллар) вақт даври ичида горизонтал майдончага тушаётган Қуёш энергияси тушуви ҳақида маълумотга эга бўлишимиз зарур.

Бу ҳолатда узун вақт даври T (йиллар) ичида горизонтал ҚҚМ тушаётган йиғинди Қуёш радиацияси тушувчи - $R_{\Sigma}^{\Gamma}(t)$ вақт бўйича узлуксиз маълумотларга эга бўлса, $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}$ нинг қийматини қуйдагича ҳисоблаб топиш мумкин.

$$\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma} = \frac{\sum_{k=1}^d \mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}}{d} \quad (18)$$

бу ерда d - ҳисоб йиллари сони, $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}$ - формула ёрдамида ҳисобланадиган k - йилдаги горизонтал майдонига Қуёш радиациясининг тушуви.

$$\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma} = \int_0^{T_{\text{год}}} R_{\Sigma}^{\Gamma}(t) dt, \quad (19)$$

Берилган нуқталар ўртасида $A(\varphi^0, \psi^0)$ Қуёш радиация қиймати интерполяцияси бошқа шакли ёки чизиқли имкониятлари тахмин қилинганда S ҳудуд бўйича текис тақсимланган $A(\varphi^0, \psi^0)$. $J=1, \dots, m$ ҳисоб нуқталари керакли сониди горизонтал ҚҚМ Қуёш радиациясининг тушувининг вақт бўйича узлуксизлиги ҳақида маълумотлар мавжудлигида берилган S (км^2) ҳудуд учун Қуёш

энергияси валовой ресурсларининг ҳисоблаш керак бўлсин. Бу ҳолда S (км^2) ҳамма ҳудуд олдиндан l - ваколатли зонага бўлинади, буларнинг ҳар бирида $A(\varphi^0, \psi^0)$ - $R_{\Sigma j}^r(t)$ ҳисоб нуқталарида бошланғич маълумотлар сифатида қабул қилинган машҳур интерпозиция қоидаларидан фойдаланган ҳолда S_l (км^2) зона майдонига эга l - чи ҳудудга тушаётган ҚР ўртача қуёш йиллик тушувини $\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r \left(\frac{\text{КВт} \cdot \text{соат}}{\text{М}^2 \cdot \text{йил}} \right)$ ҳисоблаш мумкин. Масалан агар тугунларда тўртта бошланғич нуқтага эга (қийматлари $R_{\Sigma 1}^r(t)$, $R_{\Sigma 2}^r(t)$, $R_{\Sigma 3}^r(t)$, $R_{\Sigma 4}^r(t)$) S_l (км^2) тўғри тўртбурчакли кесим юзасига эга бирлик l - чи зона қаралаётган бўлса, улар ўртасида $R_{\Sigma}^A(t)$ интерполяция қийматлари чизиқли қонунида $\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r \left(\frac{\text{КВт} \cdot \text{соат}}{\text{М}^2 \cdot \text{йил}} \right)$ қуйидаги формуладан топилиши мумкин:

$$\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r S_l = S_l \cdot 10^6 \cdot \int_0^{T_{\text{год}}} R_{\Sigma}^r(t) dt \quad (20)$$

бу ерда S_l (км^2) , $R_{\Sigma l}^r(t)$ эса l - чи зона тугунларида берилган тўрт қийматли $R_{\Sigma}^r(t)$ ўртасида чизиқли интерполяцияда 1 - чи зона учун ўртача даража қиймати каби аниқланади, яъни

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

Унда S (км^2) ҳудуд учун ҚЭ валовой ресурслари $\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r(S)$, яъни S_l ҳисоб зоналари r дан ташкил топганда ($l = 1, \dots, r$) қуйидаги формуладан аниқланиши мумкин:

$$\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r(S) = \sum_{l=1}^r \mathcal{E}_{\text{вал}l}^r(S_l) \quad (22)$$

бу ерда $\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r(S)$ – бир йилга тенг бўлган давр ичида S (км^2) майдонга эга Ер юзаси ҳудудларида горизантал майдончага тушаётган ҚР тушуви $\mathcal{E}_{\text{вал}l}^r(S)$ нинг қиймати S катталиққа боғлиқ ҳолда қуёшдагича $\text{кВт} \cdot \text{соат}$, $\text{МВт} \cdot \text{соат}$, $\text{ГВт} \cdot \text{соат}$ ёки $\text{ТВт} \cdot \text{соат}$ ларда ўлчанади.

Қўйилган вазифани ечиш учун исталган ўз конфигурациясига кўра мураккаб S (км^2) ҳудуд учун тадқиқ қилинаётган параметр интеграл қийматини топишга имкон берадиган замонавий дастурий воситалардан фойдаланиш мумкин. Масалан, “Surfer - 8” тизими.

Кўрсатилган тизим қаралаётган ҳолатларни ечимини топишда жуда кенг имкониятларга эга.

S (км^2) ҳудуди учун берилган S (км^2) ҳудудида турган ёки унинг чегарасидан узоқда бўлмаган масофада $A(\varphi^0, \psi^0)$ нукталар қаторида ҚР бўйича ҳамма маълум маълумотлар берилади. (Масалан, R_{Σ}^{Γ} (Вт/м^2)). “Surfer - 8” тизим ҳар бир $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада R_{Σ}^{Γ} берилган қиймати бўйича фойдаланувчи томонидан берилган дискретлилик R_{Σ}^{Γ} доимий қийматга изочизиклари топограммасини ҳисоблайди. Сўнгра, $S(\text{км}^2)$ ҳамма ҳудуди бўйича олинган $R_{\Sigma i}^{\Gamma} = \text{const}$ изочизиклари асосида “Surfer – 8” тизим R_{Σ}^{Γ} (Вт/м^2) қийматини интеграллайди ва у учун ҚН валовой ресурслари қийматини ҳам аниқлайди.

Таъкидлаб ўтиш керакки, t вақт функцияси сифатида R_{Σ}^{Γ} берилишининг узлуксиз шакли, яъни, $R_{\Sigma}^{\Gamma}(t)$ ҳозирги вақтда МДХ давлатларида етарли даражада камдан-кам ҳолатларда амалга оширилган бўлиши мумкин. $R_{\Sigma}^{\Gamma}(t)$ ҳақида кўп маълумотларни унинг ўртача интервал қийматлари кўринишида (берилган ҳисоб вақт интерваллари - $R_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t)$).

Бу ҳолатда $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}(S_l)$ ва $A(\varphi^0, \psi^0)$ нукта учун $\mathcal{E}_{\text{валк}}^{\Gamma}$ ҳисобини қуйидаги ифодадан топиш мумкин:

$$\mathcal{E}_{\text{валк}}^{\Gamma} = \sum_{i=1}^n R_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i, \quad (23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}(S_l) = S_l \cdot 10^6 \cdot \sum_{i=1}^n R_{\Sigma i}^{\Gamma}(\Delta t_i) \cdot \Delta t_i, \quad (24)$$

$$\text{бу ерда } R_{\Sigma i}^{\Gamma} = 0,25 \cdot (R_{\Sigma 1}^{\Gamma} + R_{\Sigma 2}^{\Gamma} + R_{\Sigma 3}^{\Gamma} + R_{\Sigma 4}^{\Gamma}), \quad (25)$$

$T_{\text{йил}}$ (соат) – календар йили ҳар бири Δt_i давомийлигида n ҳисоб интервалларига бўлинган шарт асосида, яъни

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

бу ерда одатда ҳисоб интерваллари сифатида Δt_i фойдаланилади, яъни 1 сутка ёки 1 ойга тенг бўлган. Ҳозирги вақтда шунга ўхшаш

маълумотлар аниқ аниқлик даражасида бир қанча ҳаммага маълум базаларда (NASA базаси) олиш мумкин.

Айтиш жоизки, мамлакат ҳудудларининг ўзларида АМС ёрдамида олинган ва қайта ишланган маълумотлар NASA база маълумотларига қараганда ишончли ва аниқ ҳисобланади.

2.2§Ўртача суткалик ёки ўртача ойлик ҳисоб интерваллари учун бошланғич маълумотларнинг чекланган таркибида горизонтал қабул қилгич майдонча учун берилган $S(\text{км}^2)$ ҳудудда, $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада ялпи русурсларни ҳисоблаш усуллари

Соҳа мутахассисларига маълумки, қуёш энергетик қурилмаларида ҳозирда энергия таъминот тизимларида урта асосий кўринишда фойдаланиш мумкин: катта энергия тизимидаги иши, локал энергия тизимидаги иши ва локал ёки автоном истеъмолчи фаолиятидаги иши.

МДХ мамлакатларининг ҳамма ҳудудлари учун $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}(S)$ ва $\mathcal{E}_{\text{вал}}^{\Gamma}$ ҳисоблашда $S(\text{км}^2)$ ҳудуд учун $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада ҚР бўйича ўртача суткалик ёки ўртача ойлик маълумотлар мавжудлигида машҳур Ангстрем формуласидан фойдаланиш мумкин:

$$\mathcal{E}_{\text{факт}}^{\Gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_{\text{я}}^{\Gamma}(\Delta t) \cdot (a + b \cdot \frac{T_{\text{cc}}^{\text{факт}}}{T_{\text{cc}}^0}), \quad (27)$$

бу ерда $\mathcal{E}_{\text{факт}}^{\Gamma}(\Delta t) - (\frac{\text{кВт} \cdot \text{соат}}{\text{м}^2})$ ёки (кВт.соат), яъни 1 ой ёки 1 суткага тенг бўлган Δt ичида горизонтал майдончага тушаётган ҚР тушувининг $S(\text{км}^2)$ ҳудуд учун ўртача кўп йиллик қиймати; $\mathcal{E}_{\text{я}}^{\Gamma}(\Delta t) - (\frac{\text{кВт} \cdot \text{соат}}{\text{м}^2})$ ёки (кВт.соат), қачонки $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_{\text{пр}}^{\Gamma}(\Delta t)$ бўлганда абсолют шаффоф ва очик осмонда Ер юзасида горизонтал майдонгача 1 ой ёки 1 суткага тенг бўлган (Δt) ичида $S(\text{км}^2)$ ҳудудга ҚР тушувчи бўлиб у қуйидаги ифодадан топилади:

$$\mathcal{E}_{\text{я}}^{\Gamma}(\Delta t) = R_{\text{пр}}^{\Gamma}(\Delta t) \cdot \cos \theta(\Delta t) \cdot \Delta t, \quad (28)$$

бу ерда $R_{\text{пр}}^{\Gamma}(\Delta t)$ (Вт/м²) – қабул қилгич майдончага ҚН нормал ориентацияланган ҳолатида тўғри йўналган ҚН ўртача интервал қуввати бўлиб у қуйидаги формуладан топилди:

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

бу ерда $R_{\text{пр}}^{\Gamma}(AM1)$ (Вт/м²) – Ер юзасида (1000 Вт/м² га тенг бўлган) горизонтал ҚҚМ учун абсолют шаффоф атмосферада денгиз сатҳида Ернинг жанубий кенгликларида ҚН стандарт ўртача интервал қуввати; R_0 (Вт/м²) = 1360 Вт/м² – Ер атмосфераси чегарасида космосда 1 м² майдондаги ҚҚ тушаётган ҚН тушувчи ёки Қуёш доимийси; AMm (н.б) – атмосфера массасини ёки атмосферанинг оптик массаси қуйидагича аниқланади:

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

бу ерда $m(\Delta t)$ - Δt (н.б) интервал оралиғида атмосферанинг ўртача интервал атмосфера массаси $\theta(\Delta t)$ (град) - Δt интервал оралиғида Қуёш тушиш ўртача интервал бурчаги L_a (км) – қаралаётган $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада атмосфера қатламининг қалинлиги; r_3 (км) - $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада Ер ҳисоб радиуси.

Бунда $\cos \theta(\Delta t)$ қиймати (28 га кўра) қуйидаги усулда ҳисобланади:

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

бу ерда $\cos \theta(\Delta t)$ (град.) - Δt вақт интервалида Қуёш тушишининг ўртача интервал бурчаги; $\delta^0 = \delta^0(\Delta t)$ – Купер формуласи орқали аниқланадиган Δt вақт интервалида Қуёш оғиши:

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

бу ерда $\delta_0 - 23^0 27' = 23,45^0$; n (н.б) – 1 январдан бошлаб ҳисобланадиган йил кунларининг тартиб номери; $\delta^0(\Delta t) = \delta^0(n)$, яъни Қуёш оғиши йил кунининг ҳар бир n – чиси учун доимий ҳисобда, 284 – эса 21.03 дан бошлаб 31.12 гача бўлган йил кунининг сони; ω_3 (град) – Горизонтал майдончада Қуёш ботишининг соат бурчаги қуйидаги муносабатдан топилади:

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

бу ерда t_3 (соат) - $\theta = \pm 90^0$ бўлган шарт орқали аниқланадиган Қуёш чиқиши – ботиши дақиқалари,

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

“ a ” ва “ b ” эмперик константалар (27 формулага мувофиқ), “ 5^0 х 5^0 ” қоидага асосан Собик СССР нинг ҳамма ҳудудида 144 трапеция учун ҳисобланган эди. Ҳар бир трапециянинг ичида доимий, яъни $a = a(\varphi^0, \psi^0)$ ва $b = b(\varphi^0, \psi^0)$ шартида $a + b = 1$ қабул қилинган. Бунда “ a ” Ерда ҚР улушининг булут томонидан ўтказиб юборилганлигини характерлайди, “ b ” эса горизонтал майдончада Ерда ҚР улушининг булутлар томонидан тўхтатиб қолинганлигини тавсифлайди.

АҚШдан фарқли равишда “ a ” ва “ b ” константалар географик ва иқлимий шароитларига кўра кескин ўзгарувчи Собик СССР улкан ҳудуди учун йил давомида доимийдир, “ a ” ва “ b ” константалар йил мавсумлари ойлари учун (1,4,7,10) улар қийматларининг чизиқли интерполяциясида тўртта характерли кўринишида берилади. 3.1 - 3.4 расмларда Метеорологик календарда чоп этиладиган, харита кўринишида ифодаланган маълумотлар Собик СССР ҳудуди учун Эмперик константалар ҳисобланган эди. Унда кўрсатилган трапеция (50 кенглик бўйича) шимолий кенгликдан 70^0 жанубда жойлашган. Намуна учун 6 жадвалда Собик СССР учун ва Москва шаҳри учун “ a ” нинг қийматлари келтирилган.

Метеорологик календарда шунингдек ҳар бир ҳисоб ойининг берилган суткасида Қуёш порлашининг давомийлиги - $T_{cc}^{\text{факт}}$ (соат)

келтирилади. Бунда $T_{cc}^{факт}$ (соат) юқорида кўрсатилган трапеция бўйича маълумотлар экстраполировка хатоси (200 км – характерли масофадан) ёзги даврда 5% гача, қишки даврларда 10% гача бўлган қийматни ташкил этади.

6-жадвал

Ойлар	1	4	7	10
a^{min} (н.б)	Прибалтика	Ўрта Осиё	Карелия	Сахалин о.
	0,30	0,25	0,26	0,18
a^{max} (н.б)	п/о Таймыр	Чукотка	Казахстан	Хабаровск ш.
	0,79	0,58	0,41	0,46
Москва ш.	0,37	0,29	0,28	0,25

Нихоят, (27) келтирилган T_{cc}^0 (соат) қиймати абсолют шаффоф осмонда горизондга нисбатан Қуёш диски ўртасининг топиш тўки Қуёш порлашининг назарий давомийлигига мос келадиган (35) формулада аниқланади.

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

Ангстрем формуласининг камчиликларига қуйидагиларни келтириш мумкин:

1. “Очиқ кун” тушунчасида атмосфера ўзгаришининг мураккаблиги ҳисобига $\mathcal{E}_\Gamma^{\Gamma}(\Delta t)$ ҳисоблашнинг ноаниқлиги.
2. Қаралаётган трапеция учун $T_{cc}^{факт}$ (соат) ҳисобининг ноаниқлиги, бунда кўпчилиги қуёш порлаши фактик давомийлиги ўлчаш усулларига (визуал ёки жиҳозларга қараб), ҳудуд характеристикаси ва шароитларга боғлиқдир.

Ангстрем формуласи билан бир қаторда юқорида кўрсатилганлар равишда жаҳон амалиётда унинг такомиллаштирилган варианты – Пейдж формуласидан фойдаланиш кенг қўлланилади:

$$\mathcal{E}_{факт}^{\Gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_0^{\Gamma}(\Delta t) \cdot \left(a' + b' \cdot \frac{T_{cc}^{факт}}{T_{cc}^0} \right) \quad (36)$$

(36) да Ангстрем формуласидан фаркли равишда ҳар бир регион ҳудудида трапецияси бўйича ҳисоб учун a' ва b' константанинг “янги” (такомиллаштирилган) қийматлари келтирилган. Бундан ташқари $\mathcal{E}_0^{\Gamma}(n_i) \left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{соат}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутка}} \right)$ – Ер атмосфераси чегарасида космосда горизонтал ҚҚ тушаётган ҚР тушувининг қиймати ишлатилади ва у (37) формуладан аниқланади.

$$\mathcal{E}_0^{\Gamma}(n_i) = \frac{24}{\pi} e_0 \left\{ \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360^\circ \cdot n_i}{365} \right) \right] \left[\cos \varphi^0 \cdot \cos \delta^0(n_i) \cdot \sin \omega_{\frac{c}{a}}^0 + \frac{2 \cdot \pi}{360^\circ} \cdot \sin \omega_{\frac{c}{a}}^0 \cdot \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0(n_i) \right] \right\} \quad (37)$$

Юқорида айтилганларни ҳисобга олиб S (км^2) майдонга эга ҳудуд учун $A(\varphi^0, \psi^0)$ берилган нуктада ҚН валовой ресурсларини аниқлаш мумкин.

Собиқ СССР ҳудудида 144 та тропециянинг қандайдир ичида $A(\varphi^0, \psi^0)$ нукта жойлашган бўлса, “ a ” константа қийматли йилнинг аралаш вақти бўйича чизикли интерполяциядан фойдаланган ҳолда йилнинг ҳамма ойлари учун, шунингдек йилнинг тўрт ойи характерли суткалари учун $\mathcal{E}_{\text{факт}}^{\Gamma} \left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{соат}}{\text{м}^2 \cdot \text{соат}} \right)$ олинган қиймат йилнинг ҳар ойи учун ҳар ойидаги суткалар сонига кўпаяди ва бири-бири билан кўшилади, сўнгра $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктадаги ҚН ялпи ресурсларини аниқлайди.

Агар $A(\varphi^0, \psi^0)$ нукта Собиқ СССР ҳудудидан ташқарида жойлашган бўлса, унда шунга ўхшаш ҳисоб ишлари NASA Халқаро база маълумотлари ёрдамида йўриқномага мувофиқ ҳолда олиб борилади.

Агар $S(\text{км}^2)$ майдонга эга ҳудуд Собиқ СССР ҳудудидаги 144 ҳисоб трапециясининг бирида жойлашган бўлса, унда у учун алгоритмга мувофиқ ҚН валовой ресурслари қиймати юқорида кўрсатилган $A(\varphi^0, \psi^0)$ нукта учун олинган қиймати S майдонга (м^2) кўпайтирилади.

$S(\text{км}^2)$ ҳудуди учун валовой ресурслар ҳисобида NASA халқаро база маълумотларидан фойдаланилганда ўзининг принципиал ҳолатларини ўзгартирмаган кўринишда бир мунча мураккаблашади.

2.3§ Ўртача сутка ёки ўртача ойлик ҳисоб интерваллари учун жанубга қияланган қабул қилгич майдонча учун берилган $S(\text{км}^2)$ ҳудудида, $A(\varphi^0\varphi^0)$ нукта ялпи русурсларни ҳисоблаш усуллари.

Маълумки, юқорида таъкидлаб ўтилганидек суммар қуёш энергияси ресурси (исталган қабул қилгич майдонгача тўғри келган) $A(\varphi^0\varphi^0)$ ўзига қуйидагиларни бириктиради. $R_{\text{пр}}(t) - R_g(t) - R_{\text{от}}(t)$.

Ер юзасида қуёш нурланишининг интенсивлигининг умумий тушуви ўз қийматига кўра ва йилнинг ҳар хил суткалари давомида қуёшнинг давомийлигига қараб ўзгаради. Бир вақтда йил давомида исталган йил суткасида қаралаётган $A(\varphi^0\varphi^0)$ нуктада об-ҳаво шароитлари ҳам ўзгаради. Бир вақтда қаралаётган майдонгача тушаётган $R_{\Sigma}(t)$ ташкил этувчиларининг улуши ҳам ўзгаради.

Ҳақиқатдан ҳам йилнинг исталган вақт моментида $R_{\text{пр}}(t)$ учун қабул қилгич майдонгачанинг нормал жойлашиши энг самарали ҳисобланади. Бу вақтда $R_g(t)$ максимал тушуvidан фойдаланиш учун энг самарали бу қабул қилгич майдончанинг доимий горизонтал жойлашуви ҳисобланади. Ўзбекистон ҳолати учун ҳам $R_{\Sigma}(t)$ 2 та ташкил этувчи, яъни $R_{\text{пр}}(t)$, $R_g(t)$ (ҚҚМ)га қуёш энергиясини ресурсларини аниқланади. Ернинг бошқа регионлари учун, масалан Антарктида ёки Шимолий қутбда, айнан қор ёки муз юзасидан аксланган $R_{\text{отр}}(t)$ нинг қиймати $R_{\Sigma}(t)$ нинг умумида энг катта бўлиши мумкин.

Намуна сифатида, 7-жадвалда АҚШнинг жанубий-ғарбий штатлари учун ($\varphi^0=35^0$ ш.к) йил давомида $R_g(t)$ кичик улуши шартида ихтиёрий ориентациялашган ҚҚМ га $R_{\Sigma}(t)$ нинг тушувчи таъсири бўйича тажриба маълумотлари келтирилган.

Қуёш энергияси ресурслари йиллик тушуви катталигига қуёшга нисбатан ҚҚМ ориентациясининг таъсири ($\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{zod}} = \mathcal{E}_{\text{пр}}^{\text{zod}}$).

7- жадвал

ҚҚМ ориентацияси	Қуёш энергияси ресурсларининг йиллик тушуви қийматига нисбатан % да
$\beta^0 = 0$ - ҚҚМ горизонтал ҳолатда.	100%

$\beta^0 = 35^0$, $\gamma = 0$ - қатъий жанубга нисбатан 35^0 бурчак остида қияланган.	115,9
Жанубга нисбатан ориентациялашган, ҚҚМ меридион ўқ бўйлаб қуёшга вақт бўйича узлуксиз кузатиш тизими бор.	139,1
Жанубга нисбатан ориентациялашган, ҚҚМ горизонтал ўқ бўйлаб қуёшни вақт бўйича узлуксиз кузатиш тизими мавжуд.	152,4
ҚҚМ икки ўқ бўйлаб Қуёшнинг узлуксиз кузатиш тизимига эга.	154,3

Экваторга яқин Ер ҳудудлари учун (-30^0 жан.кенг $\leq \varphi^0 \leq +30^0$ шим.кенг)да Қуёш энергиясининг ресурслар асосий ташкил этувчиларига кўра $R_{\text{пр}}(t)$ ҳисобланади. Бу ҳолатда ихтиёрий қияланган ҚҚМ га тушаётган Қуёш нурланиши энергиясининг ялпи ресурслари $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\beta}$ қуйидагича аниқланади:

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\beta} = \int_0^{T_{\text{год}}} R_{\text{пр}}(t) \cdot \cos\theta(t) dt \quad (38)$$

бу ерда, $R_{\text{пр}}(t)$ – мутлоқ очиқ осмон учун ҚНЭ тўғри ташкил этувчи; $\cos\theta(\text{град})$ – Қуёшга нисбатан ихтиёрий ориентациялашган майдончага Қуёш тушиш бурчаги конуси

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

$$A = \sin\varphi_A^0 \cdot \cos\beta^0; B = \cos\varphi^0 \cdot \sin\beta^0; C = \sin\beta^0 \cdot \sin\gamma^0; \quad (40)$$

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

(38) формуладан келиб чиқадики, $\mathcal{E}_{\text{год}}^{\beta}$ нинг максимумига эришиш учун ҚҚМ жойланиши жанубга нисбатан қатъий бурчак остида жойлашиши зарур, унда γ^0 , яъни бу ҳолатда (40) формуланинг ўрнига $\gamma^0 = 0$ ва $\beta^0 > 0$ шарт асосида энг соддарок ифодани оламиз.

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

Унда Қуёшга нисбатан йил давомида ҚҚМ оптимал ориентацияси ($\gamma^0 = 0$, шартида) қуйидагича:

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

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

(42) масаланинг ечими илмий адабиётлар кенг маълум ва $\gamma^0 = 0$ да ҚҚМ қиялик бурчаги йил давомида доимий бўлса, яъни β худудининг кенглигига тенг бўлади, яъни

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

Эслатиб ўтамиз, ҚҚМ бундай ўхшашлик шартида жойлашуви, қачонки $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{год}} \approx \mathcal{E}_{\text{пр}}^{\text{год}}$. Баъзи манбаларда (44) ифоданинг диффуз радиацияси ҳисобга олган ҳолда бошқача шакли ҳам келтирилади.

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

Бу ҳолатларда, қачонки $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\text{йил}}$ нинг улушида диффуз радиация киймати юқоридир, ҳозирги вақтда горизонтал ҚҚ (яъни, $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}$) ва ҚҚ Қуёшга нисбатан қия ҳолатдагиси (яъни, $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\beta}$) га ҚР тушувининг ҳисоблаш бўйича бир қанча эмпирик формулалар таклиф қилинган. Ҳозирги вақтга қадар жаҳон амлиётида энг кўп тарқалган С.А. Клейн формуласи деб номланган ифода (Люи Жоадон) умумлаштирилган методи орқали исталган $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуқтада қабул қилгич майдончанинг $\pm 45^0$ юқори бўлмаган γ^0 азимутида жанубга қияланган ҚҚМ (яъни, $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\beta}$) га ва горизонтал ҚҚМ (яъни, $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}$) тушаётган ўртача суткалик (ўртача ойлик) ҚР тушувини ҳисоблаш мумкин.

С.А. Клейн методига кўра $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)$ ни, яъни Δt 1 сутка ёки 1 ойга тенг бўлганда қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t) = \mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t) \cdot K_{\Sigma}^{\beta} \quad (46)$$

бу ерда K_{Σ}^{β} (н.б.) – кўпгина факторларга боғлиқ бўлган С.А. Клейн эмпирик коэффиценти, яъни

$$K_{\Sigma}^{\beta} = K_{\Sigma}^{\beta}(\text{месяц}_{\text{года}}, \psi^0, \beta^0, K_0, \rho, \delta^0, \omega^0) = \frac{\partial_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)}{\partial_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t)} \quad (47)$$

Изотраплиги, яъни осмон сфераси бўйлаб диффуз ҚР текис тақсимланиши.

(47) да K_{Σ}^{β} коэффицентни қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$K_{\Sigma}^{\beta} = (1 - K_{\Delta}^{\Gamma}) \cdot K_{\text{пр}} + K_{\Delta}^{\Gamma} \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right), \quad (48)$$

$$\text{бу ерда} \quad K_{\Sigma}^{\beta} = \frac{\partial_{\Sigma}^{\beta}(\Delta t)}{\partial_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t)} \quad (49)$$

$K_{\text{пр}}$ эса қуйидаги формуладан аниқланади.

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

бу ерда ω_{Σ}^{Γ} ва ω_3^{β} – Горизонтал ва қия ҚҚга нисбатан Қуёш ботиш (чиқиш) соат бурчаклари қуйидаги формулалардан топилади:

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

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

(47) формулада ҚР қуйидаги параметрлари мавжуд. K_0 (н.б.) – ўртача суткалик ёки ўртача ойлик вақт интервали бўйича аниқланадиган атмосферанинг шаффофлик коэффиценти:

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

бу ерда ρ (н.б.) – A (φ^0, ψ^0) нуқтада ҚҚМ жойлашган ҳудуднинг юзасининг аксланиши, альбедоси

$$\rho \text{ (н. б)} = \frac{R_{\text{отр}}}{R_{\text{прих}}} \quad (54)$$

бу ерда $R_{\text{отр}}$ (Вт/м²) – юзадан аксланган ҚР; $R_{\text{прих}}$ (Вт/м²) – юзага тўғри келган ҚР.

Қаралаётган С.А. Клейн методида диффуз радиациянинг улуши $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}$ га нисбатан катта бўлмаганда қуйидаги эмпирик формулага кўра K_D^{Γ} ни ҳисоблаш таклифи киритилган эди.

$$K_D^{\Gamma} = \frac{\mathcal{E}_D^{\Gamma}(\Delta t)}{\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}(\Delta t)} = 1,39 - 4,03 \cdot K_0 + 5,53 \cdot K_0^2 - 3,11 \cdot K_0^3 \quad (55)$$

Намуна сифатида 8 ва 9 жадвалларда Москва шаҳри учун йил давомидаги ρ нинг ўзгариши (ўртача ойлик қиймати) шунингдек ҳар хил юзалар учун альбедро бўйича маълумотлар келтирилган.

Москва шаҳри учун йил давомидаги альбедонинг ўзгариши ($\bar{\rho}=0.27$)

8- жадвал

t, ойлар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ρ , н.б	0.71	0.72	0.58	0.2	0.2	0.21	0.21	0.21	0.21	0.26	0.38	0.59

Ҳар хил юзаларнинг альбедоси

9 - жадвал

№	Юза кўриниши	ρ , н.б
1	Соф қор	0.80
2	Қуруқ асфальт	0.70
3	Қуруқ штукатурка	0.33-0.50
4	Лежалқй қор	0.46
5	Қуруқ ўсимликлар	0.33
6	Қуруқ бетон	0.35
7	Қуруқ тупроқ	0.32
8	Ёмғирдан кейинги тупроқ	0.16
9	Ёмғирдан кейин ўсимликлар	0.15

10	$C_{ув} \beta \geq 40^0$	0.05
11	$C_{ув} \beta < 40^0$	0.05-1.0

Ҳозирги вақтда С.А. Клейн методи ҳар хил энергетик ҳисоб-китобларда кенг фойдаланилади.

2.4§ Ихтиёрий ориентацияланган қабул қилгич майдончага қуёш нурланишининг ўртача соатлик тушувини ҳисоблаш методикаси

Юқорида кўриб чиқилган 2.2 ва 2.3 параграфларда асосан катта энергия тизимларида ҚЭҚ фойдаланиш учун мўлжалланган $S(\text{км}^2)$ худуд учун $A(\varphi^0, \psi^0)$ нуктада ҚҚМ га тушаётган ҚН тушувини ҳисоблаш кўриб чиқилган. Катта бўлмаган локал энергия тизимларида ишлайдиган ҚЭҚ режимлари ва пораметрларини асослаш учун (ўрнатилган қувват бир қанча мВт ёки 100 кВт) ёки автоном истеъмолчи (ўрнатилган қувват қоидага мувоффиқ 100-200 кВт ортиқ эмас) вақт бўйича ҚН ўзгаришининг узлуксиз графиги ҳақида маълумотлар ёки энг кўп тарқалган электр энергетик ҳисоб-китобларда – берилган ҚҚН ҚН тушуви ҳақида ўртача соатлик маълумотлар зарур.

Бу ҳолатлар учун юқорида кўриб чиқилган §2.3 параграфлардан фарқланувчи (С.А. Клейн методи) ихтиёрий-ориентацияланган ҚҚ га ҚН ўртача соатлик тушувини ҳисоблашнинг махсус методикасини ишлаб чиқиш зарурдир.

Бундан ҚҚМ га ҚН тушувини қийматини, ортириш учун горизонтга нисбатан унинг қиялик бурчагини (β^0) ўзгартириш ва ҚҚ азимутини - γ^0 ўзгартириш орқали Қуёшга нисбатан узлуксиз ориентациялаш зарур. Бу ҳолатда Δt (1 соат) берилган ҳисоб вақт интервали ичида ихтиёрий – қияланган ҚҚ га тўғри келадиган ҚН суммар оқими ушбу формуладан аниқланади:

$$\mathcal{E}_{\Sigma i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_{\text{пр}i}^{\beta\gamma}(\Delta t) + \mathcal{E}_{\text{д}i}^{\beta\gamma}(\Delta t) + \mathcal{E}_{\text{отр}i}^{\beta\gamma}(\Delta t), \quad (56)$$

бу ерда $\mathcal{E}_{\Sigma_i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{\text{пр}.i} \cdot \Delta t$; $\mathcal{E}_{\text{Ди}}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{\text{Ди}} \cdot \Delta t$; $\mathcal{E}_{\text{отр}.i}^{\beta\gamma}(\Delta t) = R_{\text{отр}.i} \cdot \Delta t$;

(56) даги ҳамма ташкил этувчиларнинг қиймати олдинги тасвирланган методлар каби горизонтал ҚҚ га ҚН тушувидан ташкил топган ўхшаш ҳисоб-китоблар асосида олиш мумкин.

(56) даги ҳамма ташкил этувчиларнинг алоҳида кетма-кетлик ҳисобини кўриб чиқамиз. $\Delta t = (1 \text{ соат})$ учун тўғри йўналган ҚН радиацияси учун қуйидаги формула ўринлидир.

$$\mathcal{E}_{\text{пр}.i}^{\beta\gamma} = (\mathcal{E}_{\Sigma_i}^{\Gamma} - \mathcal{E}_{\text{Ди}}^{\Gamma}) \cdot K_{\text{пр}}, \quad (57)$$

бу ерда $K_{\text{пр}}$ – қуйидаги муносабатдан топиладиган коэффициент.

$$K_{\text{пр}} = \frac{\int_0^T \beta\gamma R_{\text{пр}}^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_0^T \Gamma R_{\text{пр}}^{\Gamma}(t) dt}; \quad (58)$$

бу ерда $R_{\text{пр}}^{\beta\gamma}$ ва $R_{\text{пр}}^{\Gamma}$ ($\text{Вт}/\text{м}^2$) – мос равишда ихтиёрий ориентацияланган ҚҚ β^0 ва γ бурчаклар бўйича ва горизонтал ҚҚ оқими қуввати; $\beta_1\gamma$ ва T_{Γ} (соат) – ихтиёрий ориентацияланган ва горизонтал ҚҚ учун вақтнинг ҳисоб даврлари (1 соат куннинг тўлиқ ёруғ соатларига ва Қуёш чиқиши ва ботиши даврларида бир соатдан кам бўлмаган вақтга тенг. Улар охирги икки ҳолат учун ҳар хилдир, яъни ихтиёрий ориентацияланган ва горизонтал ҚҚ учун Қуёш вақтнинг ҳар хил даврларида чиқади ва ботади); t – сутканинг жорий вақти; $K_{\text{пр}}$ – қиймати кўпгина ўзгарувчиларнинг функцияси бўлади. Кўпчилик ҳолларда ҚН тўғри тушуви катталиги боғлиқдир ва горизонтал ёки ихтиёрий – ориентациялашган ҚҚ учун ушбу формуладан топилади:

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

$$R_{\text{пр}}^{\Gamma}(t) = R_{\text{пр}}(t) \cdot \cos \vartheta^{\Gamma}(t) \quad (60)$$

бу ерда $R_{\text{пр}}(t)$ – Атмосфера массаси m да тўғри ҚН перпендикуляр ҚҚМ га тушаётган тўғри ҚН тушувининг қуввати; $\theta^{\beta\gamma}$ ва θ^{Γ} – ихтиёрий ориентацияланган ва горизонтал ҚҚ га тушаётган тўғри ҚН тушиш бурчаги.

Юқорида айтилганлар учун ихтиёрий ориентацияланган ва горизонтал ҚҚ тушаётган тўғри ҚН тушиш бурчагининг косинус бурчагини аниқлаймиз.

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

$$\cos \theta^{\Gamma} = \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0 + \cos \varphi^0 \cdot \cos \omega^0 \cdot \cos \delta^0, \quad (62)$$

δ^0 нинг қиймати (61) ва (62) ларда юқорида келтирилган формулаларда аниқланади, ω^0 ни эса қуйидаги ифодадан топиш мумкин:

$$\omega^0(t) = \frac{15^0}{\text{соат}} \cdot (t - t_{\text{яримК}}) \quad (63)$$

бу ерда t соат – суткаларда қаралаётган вақт моменти; $t_{\text{яримК}}$, соат – A (φ^0, ψ^0) нуқтада қаралаётган қуёш вақти бўйича ҳақиқий ярим кунлик, яъни $t_{\text{яримК}} = 12$ соат (61) ва (62) ҳисобга олиб (58) қуйидаги кўринишга келади:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\int_{T\beta\gamma} (R_{\text{пр}}^{\Gamma}(t) \cdot \cos \theta^{\beta\gamma}(t)) dt}{\int_{T\Gamma} (R_{\text{пр}}^{\Gamma}(t) \cdot \cos \theta^{\Gamma}(t)) dt} = \frac{\int_{T\beta\gamma} \cos \theta^{\beta\gamma}(t) dt}{\int_{T\Gamma} \cos \theta^{\Gamma}(t) dt}. \quad (64)$$

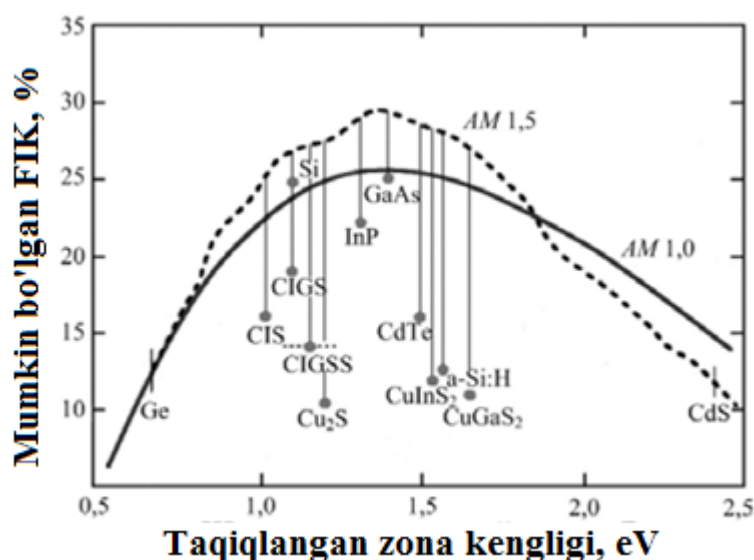
III БОБ. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МАТЕРИАЛЛАР АСОСИДАГИ ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

3.1§ Қуёш элементи тайёрланадиган материаллар

ҚЭ ишлаб чиқариш учун фойдаланиладиган материалларни санаб ўтишдан олдин улар учун ёруғлик ютишни танлашга асос

бўлган мезонни кўриб чиқиш лозим. Бу мезон тақиқланган зона кенглиги деб номланади. Ҳақиқатдан ҳам E_g нинг камайиши нурланиш спектрининг катта қисмини фойдали ишлатишга имкон беради, яъни фототок зичлигининг J_{ph} ва ўз навбатида J_{sc} ортиши ФИК ортишига олиб келиши керак. Бошқа томондан E_g нинг камайиши тўғридан тўғри U_{OC} ва FF камайишига олиб келади, бунда J_{sc} ортиши U_{OC} ва FF камайишини компенсация қилмайди, шу сабабли ФИК камаяди. Гамоген ҚЭ назарий эришиладиган ФИК нинг ютувчи материалнинг тақиқланган зона кенглигига боғлиқлиги 15-расмда келтирилган.

Фотоэнергетика учун классик материал сифатида монокристалл кремний ҳисобланади, аммо унинг асосида структуралар ишлаб чиқиш – жуда технологик мураккаб ва қимматдир. Шунинг учун охирги вақтларда аморф кремний, арсенид галлий ва поликристалл яримўтказгичларга катта эътибор қаратилмоқда.



15-расм. ҚЭ максимал ФИК нинг материал тақиқланган зона кенглигига боғлиқлиги (25⁰С да)

Поликристалл қуёш элементлари 20 йилдан кам бўлмаган яроқлилиқ муддатига эга бўлиб уларнинг самарадорлиги қуёш нурланишининг тушиш бурчагига кучли боғлиқ эмас.

Бундай қуёш элементларини ишлаб чиқаришда ўстириш операцияси бўлмаганлиги сабабли уларни ишлаб чиқаришда энергия иқтисоди юқоридир ва арзон ҳисобланади. Аммо

поликристалл кремний структураси соҳасида алоҳида кристаллчаларнинг ҳосил бўлиши сабаб бундай қуёш элементларининг кичик самарадорлиги 15..16% ни ташкил этади.

Юпқа қатламли қуёш элементлари – ҳамма қуёш элементларининг ичида энг арзон варианты бўлиб ишлаб чиқаришда энг кам сарфни талаб қилади.

Бундай қуёш элементлари асосидаги панеллар диффуз-сочилган нурланишда ҳам ишлай олади, тўғри йуналган қуёш нурланишини талаб қилмайди. Уларнинг йил давомида ишлаб чиқарган йиғинди қуввати аънанавий кристалл қуёш панелларига нисбатан 10...15% га кўпни ташкил этади. Юпқа қатламли қуёш элементларига аморф кремний (a-Si), кадмий теллур (CdTe) мисол келтириш мумкин. Аморф кремнийнинг тақиқланган зона энергиясини водород киришмасини киритиш (гидрогенезация) йули билан ўзгартириш мумкин. Водород билан легирланган аморф кремний (a-Si:H) аморф қуёш элементларининг асоси ҳисобланади. Баъзида водород билан биргаликда ютувчи аморф қатлам сифатида германий аралашмасидан ҳам фойдаланилади (a-SiGe:H). Аморф кремний қуёш элементлари учун ишчи ўтув соҳалари сифатида қуйидаги усуллар ишлатилиши мумкин: Шотки тўсиғи, МДЎ-структура, p-i-n структура.

Аморф кремний қуёш элементларининг асосий камчилиги эксплуатация вақтида деградацияланиши ҳисобланади. Бунинг натижасида унинг ФИК камаёди, бу эса унинг ярқилик муддатини камайтиради. Айниқса, космосда кучли ионлашган нурланиш мавжудлигида уларни қўллаб бўлмайди.

Аморф кремний монокристалл кремнийли ҚЭ қараганда арзонроқ муқобил сифатида намоён бўлмоқда. Аморф кремнийда оптик нурланишни ютиш кристалл кремнийга қараганда йиғирма марта самаралидир. Шунинг учун 300 мкм таглик қалинлигидаги қиммат кристалл кремнийли ҚЭ ўрнига 0,5-1 мкм қалинликдаги a-Si:H дан фойдаланиш етарли бўлади. Бундан ташқари монокристалл кремний m-Si асосидаги ҚЭ учун зарур бўладиган сайқалаш, полировка, лазер нури ёрдамида кесиш зарурияти бўлмайди, юпқа пленкали a-Si:H дан фойдаланилганда катта майдон талаб қилинмайди. Поликристалл кремнийли ҚЭ билан таққослаганда a-Si:H асосидаги маҳсулотлар нисбатан паст ҳароратларда (300⁰С) ишлаб чиқарилади, арзон шиша тагликларидан фойдаланиш ҳисобига кремний сарфини 20 марта қисқартириш мумкин. a-Si:H

асосидаги экспериментал ҚЭ да максимал ФИК (~12%), кристалл кремнийли ҚЭ эса (~23%).

Галлий-арсенид - юқори самарали ҚЭ яратиш учун истиқболли материаллардан бири ҳисобланади. У қўйидаги хусусиятларга эга:

- Тақиқланган зона кенлиги 1,43 эВ;
- Қуёш нурланишини ютишнинг юқори самарадорлиги, ҳаммаси бўлиб бир неча микрон қалинлик қатлами зарур;
- Юқори радиацион барқарорлик сабаб бу материал фавқулодда космик аппаратларда фойдаланиш учун ишлаб чиқарилади;
- GaAs асосидаги ҚЭ нисбатан қизишга сезиларли эмас (150°C);
- GaAs қотишмаларининг алюминий, мишяк, фосфор ва индий билан ҳосил қилган характеристикалари GaAs характеристикаларини тўлдиради, ҚЭ лойиҳалашда имкониятларини кенгайтиради.

GaAs ва унинг қотишмалари асосидаги қотишмаларнинг асосий афзаллиги – бу ҚЭ дизайнини яратишнинг кенг имконияти диапазони ҳисобланади. GaAs асосидаги ҚЭ ҳар хил таркибдаги бир қанча қатламлардан ташкил топиши мумкин. Бу заряд ташувчиларни йиғишга ва генерация жараёнини бошқаришга имкон беради. Одатда GaAs асосидаги ҚЭ ўзига AlGaAs жуда юпқа қатламни бириктиради. GaAs асосий камчилиги унинг таннархининг қимматли эканлигидир. Ишлаб чиқаришни арзонлаштириш учун унинг тагликларини арзонроқ материаллардан ёки кўп марта фойдаланишга мўлжалланган тагликлар ишлатилиши мумкин.

ҚЭ тайёрлаш учун истиқболли материаллардан бири CdTe ва CdS ҳисобланади. Баъзан CdS нинг шаффофлигини ошириш учун рух ҳам қўшишади. CdTe ва унинг структураларини тадқиқ этиш XX асрнинг 60-йилларидан бошланган бўлиб у юқори оптик ютиш коэффициентига эга. Тақиқланган зона кенлиги 1,5 эВ га тенг, ҚН жадал ютиш учун юпқа пленка кўринишида ҳам фойдаланиш мумкин. CdTe асосидаги ҚЭ ҳар хил турлари ўртасида гамоген ўтишга эга, Шоттки тўсиғига эга, шунингдек Cu₂Te, CdS ва ИТО (Шаффоф ўтказувчи оксид – қалай ва индий оксидлари аралашмаси) бирикмасидаги гетероўтишлар тадқиқ қилинган. Келгусида фойдаланиш учун энг яхши нуктаъи назардан ва такомиллашгани n-CdS/p-CdTe ҚЭ ҳисобланади.

Қуёш элементлари p-n турли яримўтказгичли материаллардан ташкил топган. Қуёш нурланиши яримўтказгичли материал структурасида ютилиб электрон-коваклар жуфтлигини ҳосил қилади, сўнгра p-n ўтиш орқали ажратилиб элемент олд ва орқа юзасидаги металл контактларда йиғилади.

Қуёш элементларини оммавий равишда ишлаб чиқариш учун асосий материал сифатида ҳанузгача кристалл кремний ҳисобланади. Ҳамма қуёш элементларининг 80% дан ортиғи у асосида тайёрланган тагликлардан иборат бўлади. Қуёш нурланишини яхши ютиш қобилиятига эга бўлмасида у бошқа яримўтказгич материалларга қараганда қатор афзалликларга эга:

1). Кремний Ер юзасида кремний оксиди шаклида кенг тарқалган.

2). Кремний зарарли ва фаол элемент бўлмагани учун атроф муҳитга зарар келтирмайди.

3). Микроэлектроника саноатида кремний технологияси яхши ўрганилган.

Кремнийли қуёш элементларининг амалиётдаги самарадорлиги 10-19% атрофидадир. Унинг юпқа пленкалари каскад қуёш элементларини тайёрлашда ҳам ишлатилади. Бу материалларнинг камчилиги вақт ўтиши, ҳарорат ортиши, юзасининг чангланиши билан характеристикаларининг ёмонлашишидир, шунингдек юқори технологиялик, ишлаб чиқаришдаги чиқимлилиқ ҳам ҳисобланади.

Қуёш фотоэлектрик панеллари қуёш нурланишининг бир қисмини доимий электр токига ўзгартириб фотоэлектрик станциянинг асосий қисми ҳисобланади. Қуёш элементлари бир бири билан уланган ҳолда модулларни (панелларни), модуллар бир бири билан уланиб йирик фотоэлектрик станцияни ҳосил қилади.

Ҳозирги вақтда қуёш фотоэлектрик панелларининг учта тури кенг тарқалган:

- монокристалл кремнийли;
- поликристалл кремнийли;
- юпқа қатламли

Қуёш нурланишини электр энергиясига юқори самарадор ўзгартирувчи бу монокристалл кремний асосидаги қуёш панеллари ҳисобланади: уларнинг ФИК амалиётда 18-19,5% ни, яроқлилиқ муддати эса 25 йилдан кам эмас.

Бундай панелларнинг асосий материали монокристалл кўринишидаги тоза кремний бўлиб кремний эритмасидан секин

тортиб олиниб ўстирилади. Бу жараён Чохральский қурилмасида амалга оширилади. Бундай усул билан ўстирилган кремний стерженлари қалинлиги 0,2...0,4 мкм ҳолатда лазер қурилмасида кесилади, сўнгра едириш, силлиқлаш, тозалаш жараёнидан сўнг р-п ўтиш амалга оширилади. Навбатдаги жараён пластинанинг орқа томони тўлиқ металл контакт билан қопланади, фронтал томони эса нм қалинликда лазер қурилмасида каналлар ҳосил қилинади ва металл тўрли контакт яратилиб, ҳимоя қопламаси ётқизилади. Сўнгра фронтал юзада аксланишни камайтириш учун антиакслантиргич ҳимоя қопламаси учиради. Юқоридаги жараёнлар қуёш элементини тайёрлаш босқичлари ҳисобланади.

Якка ҳолдаги қуёш фотоэлектрик панелларининг қуввати 10...400 Вт га етиши мумкин. Ушбу турдаги қуёш панелларидан оптимал қувват олиш учун уларнинг ишчи ҳарорати 15...25 °С атрофида бўлиши лозим, чунки максимал қувват олиш фақат очик ҳавода, атроф муҳит ҳарорати 25°C, панелларнинг йуналиши Қуёшга ориентацияланганда содир бўлади. Ҳаттоки, кичик булутлилик мавжудлигида ҳам уларнинг қуввати 70% гача камайтирилади, тўлиқ булутлилик вақтида 90% гача ҳам камайтириши мумкин.

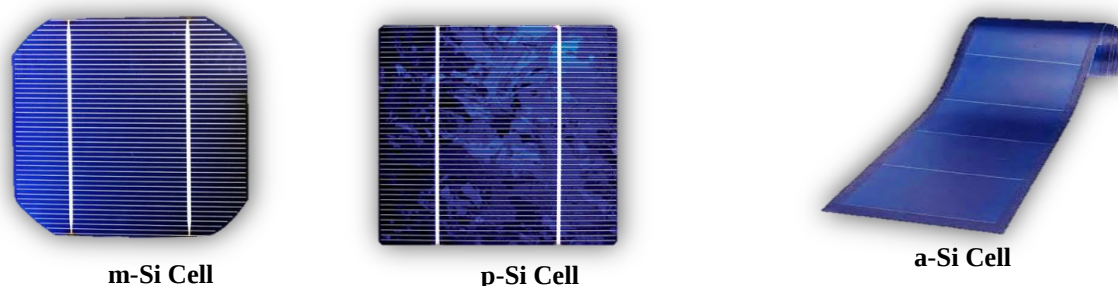
Шунинг учун амалиёт вақтида монокристалл панеллардан максимал қувват олиш учун уларни қуёш потенциали юқори бўлган ҳудудларга ўрнатиб Қуёш йуналишини автоматик кузатиш тизимига эга мосламалар билан таъминлаш лозим.

3.2§.Қуёш элементининг характеристикалари ва параметрлари

Қуёш элементлари (англ. **Solar cell**)- қуёш оптик нурланишини тўғридан тўғри электр энергиясига ўзгартирувчи яримўтказгичли материаллар ҳисобланади. Қуёш элементлари доиравий, псевдоквадрат, квадрат ёки тўғри тўртбурчакли шаклда бўлади. Псевдоквадрат қуёш элементининг стандарт ўлчамлари: 100x100 мм², 125 x125мм², 156x156 мм², 210x210мм² бўлади.

Дунёда ишлаб чиқарилаётган қуёш батареяларининг 92% дан ортиғи кремний асосидаги яримўтказгич материаллардан тайёрланади. Кремний қуёш элементи структуравий таркибига кўра

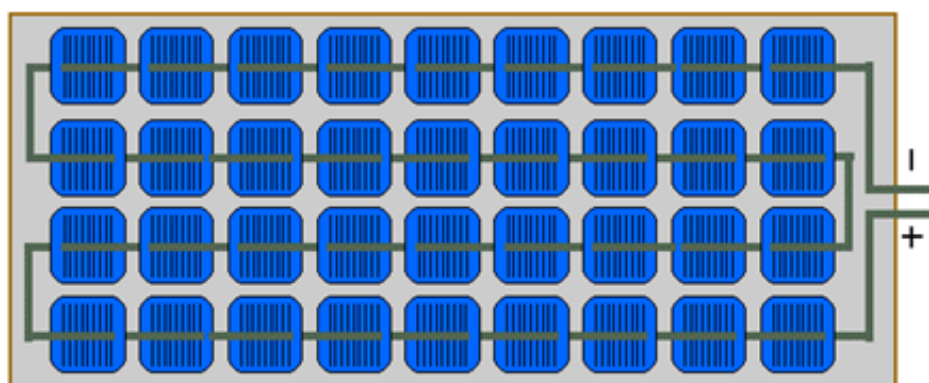
кристалл ва аморф кремнийларга бўлинади. Кристалл кремний ўз навбатида моно ва поликристалл кремнийларга бўлинади (16-расм).



16-Расм. Кремний қуёш элементининг турлари

m-Si Cell –монокристалл кремний; p-Si Cell-поликристалл кремний;
a-Si Cell-аморф кремний

Қуёш фотоэлектрик батареялари кетма-кет ёки параллел уланган ҚЭ дан ташкил топади. Стандарт ҳолда индивидуал фойдаланиш учун мўлжалланган қуёш батареяларини 36 та кетма-кет ёки 72 та аралаш ҳолда уланган ҚЭ ҳосил қилади (17-расм).



17-Расм. Стандарт 36 та ҚЭ дан ташкил топган фотоэлектрик батарея

ҚЭ ёруғликни йиғиш интенсивлигига, кимёвий таркиби, қалинлиги, қатламларнинг кристаллик структураси, битта тагликда бириктирилган элементлар миқдорига кўра синфланади. Қэ кристаллик таркибига кўра монокристалл, мульткристалл,

поликристалл, микрокристалл ва нанокристалларга бўлинади. Монокристалл ҚЭ яримўтказгич кристалл кўринишида ютувчи ҚЭ дан ташкил топади. Мульти-,поли-, микро- ва нанокристаллик ҚЭ ўлчамлари, структураси, ҳар хил ориентациясига кўра яримўтказгичли кристалл ютувчи модда аралашмаси сифатига эга, уларнинг ўлчамлари ҚЭ турларини аниқлайди. Масалан, ўлчамлари 1 дан 100 мм гача – мультикристалл, 1 дан 1000 мкм- поликристалл, 1 мкмдан кичик бўлса – микрокристалл, 1 нм дан- кичик бўлса нанокристалл деб номланади.

ҚЭ ютувчи материал таркибига кўра кремнийли, $A^{III}B^V$ асосидаги яримўтказгичлар, $A^{II}B^{VI}$ асосидаги яримўтказгичлар, $A^I B^{III}C^{VI}_2$ асосидаги яримўтказгич ва аралаш турларга бўлинади. Қоидага мувофиқ, конструкциясининг қулайлиги ва ҚЭ ФИК ошириш учун унинг катламларининг бирида ёруғлик ютилишини таъминлаш лозим. Бу ютувчи катлам (ютувчи) деб номланади. Иккинчи яримўтказгич ёруғлик билан генерация қилинган заряд ташувчиларни йиғиш ва потенциал тўсиқни яратиш учун хизмат қилади.

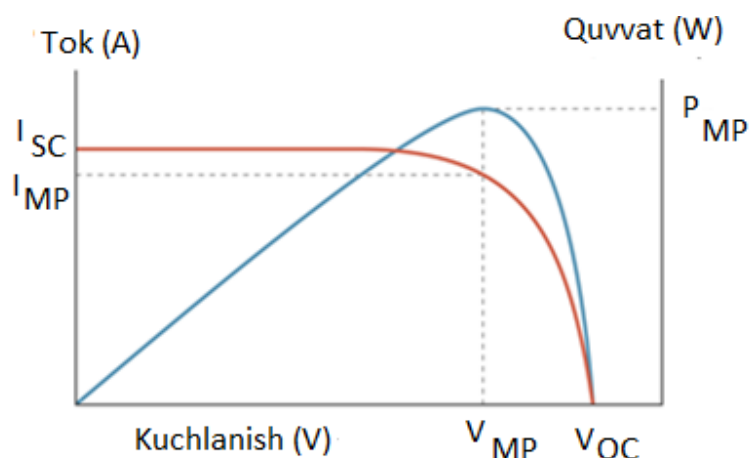
ҚЭ ёруғлик ютувчи материал қалинлигига кўра юпқа пленкали (бир неча мкм) ва қалин пленкали (ўн ва юз мкм) турларга бўлинади. Ёруғликни йиғиш интенсивлигига кўра ҚЭ бирлик ва концентраторли турларга бўлинади. Бирлик ҚЭ фақат эгаллаб турган юзага тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлиги учун мўлжалланган бўлиб ёруғлик йиғиш учун ҳеч қандай махсус жиҳозлар билан таъминланмайди. Концентраторли ҚЭ ёруғлик оқим зичлигини элемент юзасида бир неча марта оширишга имкон берадиган концентрацияловчи қурилмалар (линзалар ёки кўзгулар) билан таъминланади. Қоидага мувофиқ, концентраторли ҚЭ ёруғликни юқори фотоэлектрик ўзгартириш кўрсаткичларига эга қиммат ёруғлик ютувчан материаллардан тайёрланади. Бундай ҚЭ белгиланишида Қуёшларда (suns) ўлчанадиган ёруғлик йиғиш коэффицентлари кўрсатилади.

ҚЭ вольт-ампер характеристикаси ҚЭ чиқиш токининг кучланишга боғлиқлигини кўрсатади (18-расм). ВАХ ўзгариши ҚЭ тушаётган ёруғлик оқими катталиги ва спектрал таркибига боғлиқ.

ҚЭ ва ФЭБ нинг асосий параметрларига қуйидаги катталиклар киради: салт юриш кучланиши (U_{oc}), қисқа туташув токи ($I_{s.c}$), пик (максимал) қуввати (P_{pik}), номинал қувват (P_n), фойдали иш коэффицентлари (η), максимал қувватдаги ток (I_{pmax}), максимал

кувватдаги кучланиш ($U_{Pmax.}$), вольт-ампер характеристикасини тўлдириш коэффициенти (FF), қисқа туташув токи зичлиги ($J_{s.c.}$). Фотоэлектрик батареяларнинг характеристикаларига эса спектрал характеристика, вольт-ампер ва вольт-ватт характеристикаси киради.

ҚЭ асосий характеристикаси ҳисобланган вольт-ампер характеристика (ВАХ), вольт-ватт характеристика (ВВХ) ва спектрал сезгирлик яримўтказгич материалларнинг оптик ва электрофизик хусусиятларига боғлиқдир. Қуёш элементларининг ВАХ, ВВХ характеристикасини ўлчаш учун қуйидаги схемалардан фойдаланилди (19- расм).



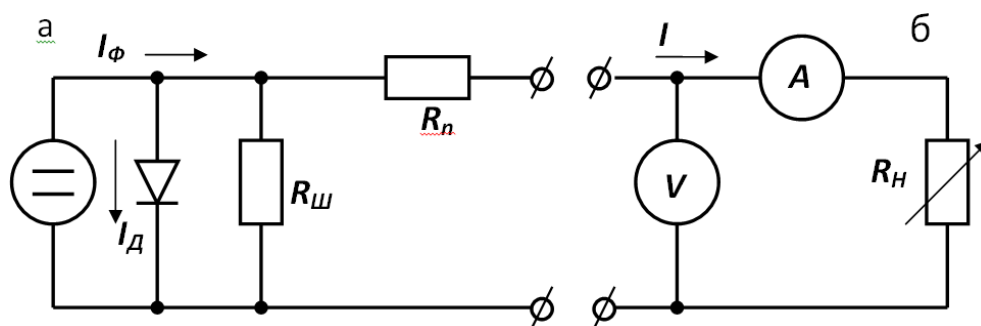
18-расм. ҚЭ вольт-ампер ва вольт-ватт характеристикалари

Қуёш элементларининг ВАХ p-n ўтишли яримўтказгичли диоднинг ВАХ дан янги I_ϕ ҳаднинг пайдо бўлиши билан фарқ қилади. I_ϕ – оптик нурланиш таъсирида қуёш элементида генерация бўлган токдир. Агар I_d – диод орқали оқаётган ток ва I – ташқи юкланма орқали оқаётган ток бўлса, у ҳолда,

$$I_\phi = I_d + I \quad (65)$$

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

диоднинг қоронғиликдаги характеристикаси, I_0 – p-n ўтишнинг тескари йўналишдаги тўйиниш токи, q – электрон заряди, T – абсолют ҳарорат, k – Больцман доимийлиги, U – кучланиш.



19-расм. Қуёш элементларининг эквивалент (а) ва ўлчаш (б) схемалари

Қуёш элементининг бирлик юзасидан олинаётган қувват P ни куйидаги тенгламадан баҳолаш мумкин.

$$P = (I_H U_H) = FF I_{K3} U_{xx} \quad (67)$$

бу ерда, FF – вольт-ампер характеристиканинг тўлдириш коэффиценти, яъни ВАХ шаклининг тўғри тўртбурчакка қай даражада яқинлигини кўрсатади. Тўлдириш коэффиценти ҳозирги замон ҚЭ ларида (кремний ва галлий арсениди асосидаги элементларда) 0,8 ва ундан каттадир. Шунингдек вольт-ампер характеристиканинг тўлдириш коэффиценти қуёш элементи ишлаб чиқараётган қувватнинг қанча қисми юкланмада фойдаланиши мумкинлигини кўрсатувчи коэффицент ҳисобланади, унинг қиймати эса қуёш элементининг иш режимини танлаш орқали аниқланади:

$$FF = \frac{I_H U_H}{I_{K3} U_{xx}} \quad (68)$$

(U_{xx}) салт юриш кучланиши – ҚЭ ҚН билан ёритилганда унинг очиқ контактларида юзага келадиган максимал кучланиш ҳисобланади. Бунда I_{K3} нолга тенг бўлади.

(I_{K3}) қисқа туташув токи – ҚЭ контактларининг қисқа туташувида юзага келадиган максимал ток ҳисобланади. Бунда U_{xx} нолга тенг бўлади.

ҚЭ нинг спектрал характеристикаси. Квант самарадорлиги катталигининг (аниқ тўлқин узунлиги соҳасида ҚЭ монохроматик

ёруғлик нури билан ёритилгандаги самарадорлиги қиймати) унга тушаётган ҚН тўлқин узунлигига боғлиқлигини тавсифловчи характеристика ҳисобланади. Спектрал характеристикани ўлчашда аниқ стандарт ўлчов шароитларига риоя қилиш зарур.

ҚЭ муҳим параметрларидан бири унинг ФИК ҳисобланади ва у ҚН электр энергиясига ўзгартириш самарадорлигини аниқлайди. ҚЭ ФИК унга тушаётган ҚН қанча қисмини (фоиз ҳисобида) электр энергиясига ўзгартириш мумкинлигини кўрсатади. ҚЭ ФИК юза майдонининг фаол қисми бўйича ($\eta_{faol} - 1,25$) ва умумий юза майдони ($\eta_{um.} - 1,26$) бўйича фарқланади.

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

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

ҚЭ қисқа туташув токи зичлиги $J_{s.c}$ унинг қисқа туташув токи қийматининг юза майдонига нисбати билан аниқланади.

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

Бу ерда ҚЭ тўғри тўртбурчак, квадрат шаклида бўлса умумий майдон $S = a \cdot b$ ифодадан топилади, a - бўйи, b - эни см² аниқланади.

Қуёш элементи ва фотоэлектрик батареянинг фойдали иш коэффициенти (Ф.И.К.) аниқлаш учун тушаётган оптик нурланиш энергиясининг миқдорини ва элемент ёки батарея ишлаб чиқарган электр энергиясининг миқдорини билиш зарур. Ф.И.К.ни аниқлаш учун қуйида келтирилган масалаларни ечиш керак бўлади.

1. Қуёш нурланиши атмосфера ҳолатига ва унинг вақт давомида тез ўзгаришига олиб келганлиги учун, унинг спектрал таркибини ва қувватини аниқ ўлчаш керак .
2. Биринчи пунктни ҳисобга олган ҳолда аниқ қуёш характеристикасини қайтара оладиган имитаторлар (қуёшдан тарқалаётган оптик нурларига ўхшаш нурлар пайдо қила оладиган қурилмалар) яшаш илмий техник муаммо бўлиб, ҳалигача тўлиқ ечилмаган.
3. Имитаторларда таққослаш учун ишлатиладиган параметрлари вақт давомида стабил ўзгармайдиган керакли спектрал

сезгирликка ва диапазонга эга бўлган ҚЭ ишлаб чиқиш учун материалнинг оптик ва электрофизик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда танлаш лозим.

4. Қуёш элементлари ва батареяларининг электрик параметрларини ўлчаш давомида ўлчов асбобларининг кетма-кетлик қаршилигининг таъсирини ҳисобга олиш зарур.

Хулоса қилиб айтганда, қуёш элементлари ва батареяларининг Ф.И.К.ни аниқлаш бу мураккаб комплекс масала бўлиб, уни алоҳида ўрганиш лозим бўлади.

3.3§Қуёш элементининг фойдали иш коэффициентига ҳарорат, ёритилганлик даражаси, кетма-кетлик ва параллеллик қаршиликларининг таъсири

ФЭБ ҳарорати – умуман олганда ФЭБ электрик параметрлари ва самарадорлигини аниқловчи асосий омиллардан биридир. ҚЭ ҳароратнинг кўтарилиши уларнинг тақиқланган зона кенглигининг ортишига ва шу жумладан узун тўлқинли соҳада фотожавоб спектрининг кенгайиши ҳисобига фототокнинг бир оз ортишига олиб келади. Аммо, ҳарорат кўтарилганда фототокнинг ортиши салт юриш кучланиши ва ВАХ тўлдириш коэффициентининг камайишини компенсация қилмайди, натижада тўйиниш токининг экспоненциал ортиши ФИК сезиларли камайишига олиб келади. Ҳарорат кўтарилиши билан яримўтказгичларнинг тақиқланган зона кенглиги камаяди, ютиш чегаралари кичик энергия соҳасига силжийди. Кремний ва арсенид галлий ҚЭ учун $E_g(T)$ монотон бўлиб қуйидаги ифода ёрдамида аппроксимацияланади:

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

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

Бу ерда Т- ҚЭ ҳарорати.

Шунингдек, ноль ёритилганлик даражасида ҚЭ салт юриш кучланиши нолга тенг бўлмайди. Кремнийли ҚЭ учун унинг қиймати стандарт 25°C ҳароратда қуйидагича аниқланади:

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

Асосий бўлмаган заряд ташувчилар йук бўлган шароитда, яъни ёритиш бўлмаганда n-турдан p-турга яримўтказгичнинг ўтиш чегарасида потенциал тўсиқнинг шаклланиш назарияси билан тасдиқланади.

Салт юриш кучланиши ҳарорат ўзгарганда қуйидаги ифодадан топилади:

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

бу ерда, $U_{x.x.0}$ — стандарт ҳароратда салт юриш кучланиши; β — кучланиш бўйича ҳарорат коэффиценти мВ/ $^{\circ}\text{C}$; $T_0 = +25^{\circ}\text{C}$.

Баъзи илмий адабиётларда кучланиш бўйича ҳарорат коэффиценти ҚЭ ҳарорати 25°C дан ҳар бир градусга кўтарилганда чизикли равишда $-2,3 \text{ мВ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ га камайиши ёзилган.

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

Токнинг қиймати ҳар хил ҳароратларда ва ёритилганликда қуйидаги кўринишга эга:

$$I_{0.n} = I_{k.3} \left(\frac{E_{\text{ФЭБ}}}{E_0} \right) - \alpha \left(\frac{E_{\text{ФЭБ}}}{E_0} \right) (T_0 - T) \quad (77)$$

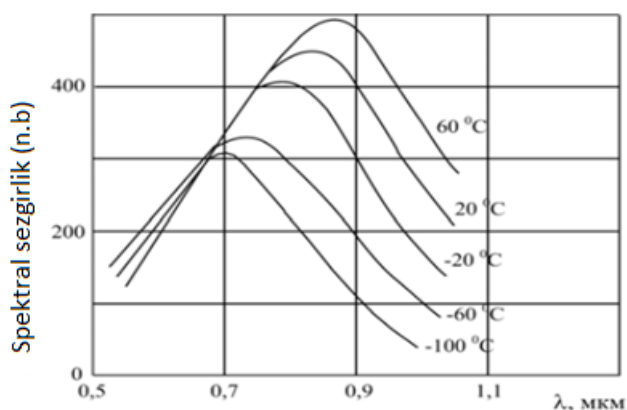
бу ерда $I_{0.n}$ — ҳар хил ҳароратларда оптимал нуқтада токнинг қиймати, А; $I_{k.3} \left(\frac{E_{\text{ФЭБ}}}{E_0} \right)$ — ёритилганликка боғлиқ ҳолда қисқа туташув токининг ўзгариши; E_0 — стандарт шароитда ёритилганлик қиймати $E_0 = 100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$; $E_{\text{ФЭБ}}$ — ФЭБ юзасига тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлигининг кундуз вақтидаги ўртача ойлик қиймати кВт/м^2 ; α — ток бўйича ҳарорат коэффиценти $\text{мкА/}^{\circ}\text{C}$.

Тескари тўйиниш токи I_0 ҳароратга боғлиқ ҳолда қўйидаги кўринишга эга:

$$I_0 = I_{0.н} \exp \left(- \frac{qU_{xx}t}{A_k k(t+273)} \right) \quad (78)$$

бу ерда A_k -диод коэффициенти.

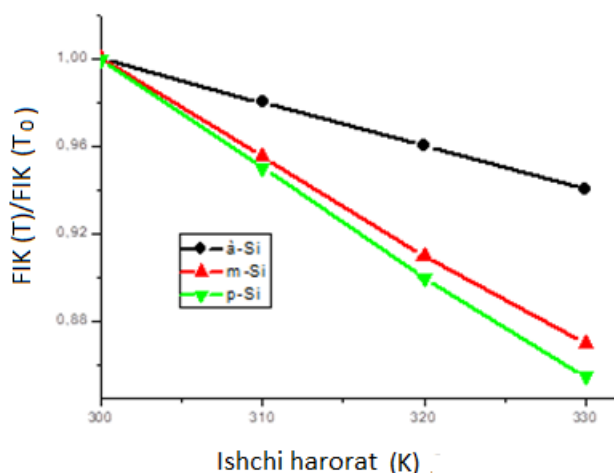
ФИК ҳароратга боғлиқ ҳолда, айниқса ишчи ҳароратнинг кенг интервал оралиқларида ҚЭ космосда ва иссиқ иқлим шароитида Ерда эксплуатация вақтида салбий ўзгариши катта аҳамият касб этади. Масалан, кремнийли ҚЭ узун тўлқинли спектр соҳасида спектрал сезгирлигининг кескин камайиши, (қисқа тўлқинли қисмида бир қанча ўсишига) улар ҳароратининг камайиши кузатилади.



19-расм. Кремнийли ҚЭ спектрал сезгирлигининг ҳароратга боғлиқлиги

ҚЭ ҳар хил турларининг ҳароратга боғлиқлик характеристикалари ҳар хил боғлиқликга эга. Аморф кремнийли ҚЭ параметрлари кристалл кремнийли ҚЭ га нисбатан ҳарорат таъсирида камроқ деградацияланади (20-расм). Масалан, космос учун мўлжалланган арсенид-галлий ҚЭ юкори ҳароратларда (~150 °C) ҳам ўзининг самарадорлигини сақлаб қолади, шунингдек у радиацион барқарор элемент ҳисобланади.

Юпқа қатламли кадмий-сульфид ҚЭ 100°C гача ўзининг юкори самарадорлигини сақлаб қолади.



20-расм. Ҳар хил турдаги ҚЭ электрик самарадорлигининг ишчи ҳароратга боғлиқлиги

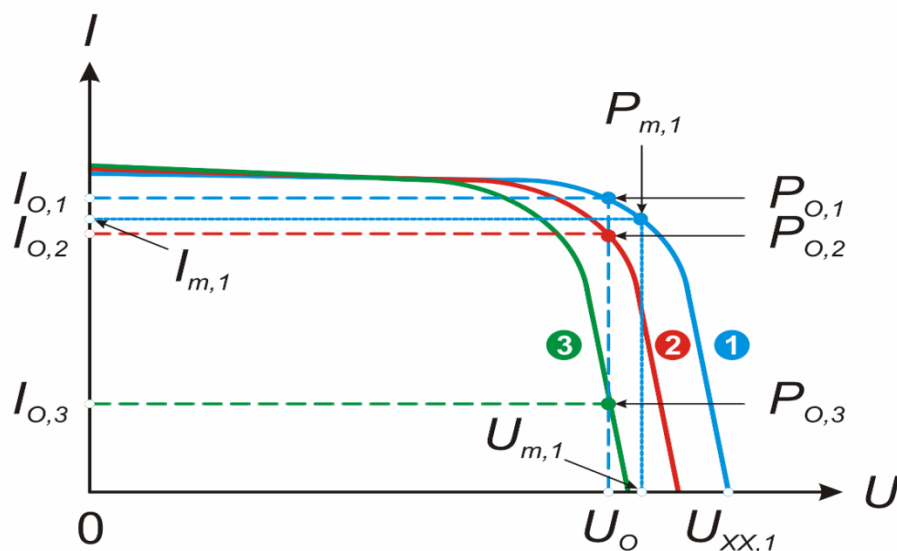
Белгиланиши: $\eta(T)/\eta(T_0)$ - Маълум ҳароратдаги ФЭБ электрик самарадорлигининг стандарт шароитда ФЭБ самарадорлигига нисбати; β_0 – ҚЭ тайёрланган материалнинг ҳарорат коэффициенти; m-Si, p-Si, a-Si – мос равишда монокристалл, поликристалл, аморф кремний ҚЭ белгиланиши. (одатда $T_0 = 25^\circ\text{C}$, $\eta_0 \approx 0.12$, $\beta_0 \approx 0.0045^\circ\text{C}^{-1}$, $G = 1000 \text{ Вт/м}^2$)

Марказий Осиё кескин континентал иқлим шароити, хусусан Ўзбекистонда йилнинг иссиқ мавсумларида (май-сентябрь) атроф муҳит ҳароратининг юқори кўрсаткичлари $45\text{--}50^\circ\text{C}$ ФЭБ нинг эксплуатация вақтидаги параметрларини (салт юриш кучланиши, қувват, ФИК) камайишига олиб келади, бу ўз навбатида ФЭБ ҚЭ “ўта қизиши” билан асосланади.

“Ўта қизиш” – стандарт тест синов (STC) шароитларида ФЭБ паспорт маълумотларидаги техник кўрсаткичларнинг мос эмаслиги. Салт юриш кучланиши катталигининг камайиши билан аккумуляция тизимида АБ зарядлаш жараёни сезиларли камаяди.

ФЭБ паспорт маълумотларида кучланиш ва ток бўйича ҳарорат коэффицентлари кўрсатиб ўтилади, одатда ишчи ҳарорат $+10\text{--}+80^\circ\text{C}$ оралиғи кўрсатилади. Аммо иссиқ иқлим шароитларида ҳарорат кўтарилиши натижасида ФЭБ нинг самарадорлиги камайиб паспорт кўрсаткичлари 50% дан камайиб кетади. Шундай қилиб Ўзбекистоннинг айрим минтақаларида 36 та ҚЭ дан тайёрланган ФЭБ йилнинг ёз мавсумларида параметрлари пасайганлиги сабабли самарали ишлай олмайди.

Ҳар хил атроф муҳит ҳароратларида ФЭБ жойлашган ҚЭ ҳароратларини ўлчаш ишлари бўйича тадқиқотлар олиб борилган. Масалан, Тошкент шаҳрида июль-август ойларида (соядаги атроф муҳит ҳарорати 45-48 °С) бўлганда, шамол тезлиги 1-3 м/с да ФЭБ ҳарорати 72 °С дан ошган. Бу эса реал шароитда ФЭБ салт юриш кучланишининг 21,5 В (паспорт кўрсаткичи) дан 16,4-16,5 В га камайганлиги аниқланган (21-расм).



21-расм. Ҳар хил ҳароратларда кремнийли ҚЭ асосидаги ФЭБ нинг юкланмадаги вольт-ампер характери­стикаси

1-атроф муҳит ҳарорати 15 °С да (элементнинг орқа томонидаги ҳарорат 37 °С); 2- 30 °С (54 °С); 3- 45 °С (71 °С).

Бу тадқиқотлар асосида ФЭБ нинг янги кон­струкцияси ишлаб чиқилди. Республика ҳудудлари учун ФЭБ тайёрлашда уларнинг иқлим шароитлари (метеофакторларни назарда тутиб) ҳисобга олинди. Жанубий ҳудудлар учун (Қашқадарё, Сурхондарё вилоятлари) ФЭБ конструкциясида ҚЭ сони 42 тага, қолган ҳудудлар учун 40 га етказилди. Шу сабабли 40 ёки ундан кўп ҚЭ дан ташкил топган стандарт бўлмаган ФЭБ (NOST) талабларини тўлиқ қаноатлантиради.

Стандарт шароитдан фарқланувчи ҚЭ ёки ФЭБ электрик параметрларини ҳароратга боғлиқлиги ҚЭ материалига боғлиқ ҳолда эмперик муносабатлардан аниқланади. Монокристалл кремнийли

ҚЭ асосий параметрларининг ҳароратга боғлиқлигини қўйидаги кўринишга эга:

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

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

SPP1.1 турли ФЭБ (Германия) ишчи энергетик характеристикаларига ҳарорат таъсирини баҳолаш бўйича тадқиқот натижалари 10-жадвалда келтирилган.

10-жадвал

Энергетик параметр	Ҳарорат, $t^{\circ}\text{C}$		
	0	+25	+60
Салт юриш кучланиши $U_{\text{с.ю.}}$, В	22,4	20,5	17,8
Қисқа туташув токи $I_{\text{к.т.}}$, А	2,93	2,98	3,05
ФЭБ максимал қувват нуқтасидаги ток, А	2,71	2,76	2,83
ФЭБ максимал қуввати, Вт	50,8	45	37,8

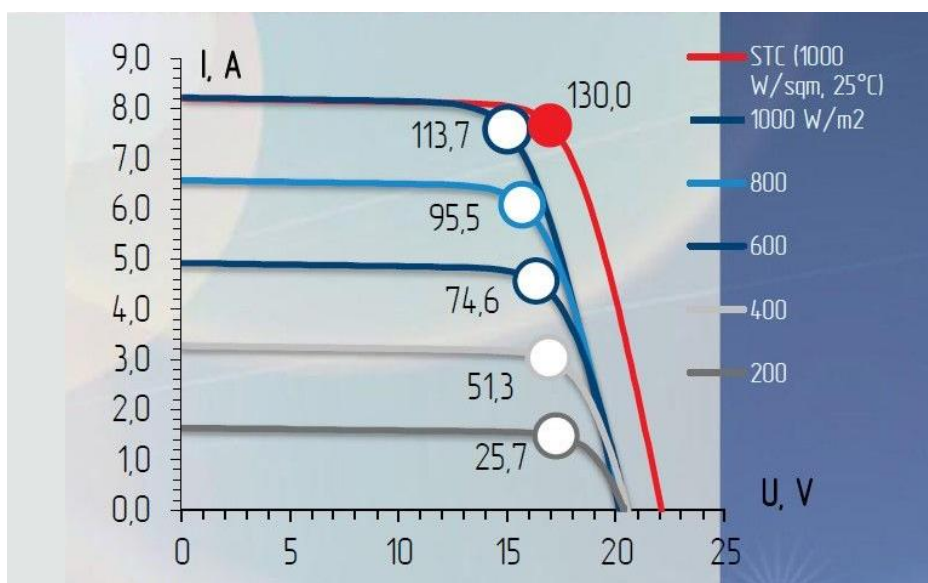
Айрим адабиётларда ҳароратга боғлиқ равишда ҚЭ ФИК ни аниқлаш учун тенгламалар келтирилади. ҚЭ ФИК ҳароратга боғлиқлиги чизиқли характерга эга бўлиб қўйидаги ифодадан аниқланади:

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

Бу ерда t – ҚЭ эксплуатация вақтидаги ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$; α_T – ҚЭ конструкцияси, турига боғлиқ ҳолда ФИК ҳарорат коэффициенти, $(^{\circ}\text{C})^{-1}$; η_0 – STC шароитида ҚЭ ФИК.

Юқорида қайд этилган маълумотлар асосида фотоэлектрик станциялар лойиҳалаштирилганда ҳисоб ишларида албатта ҳисобга олиш зарур.

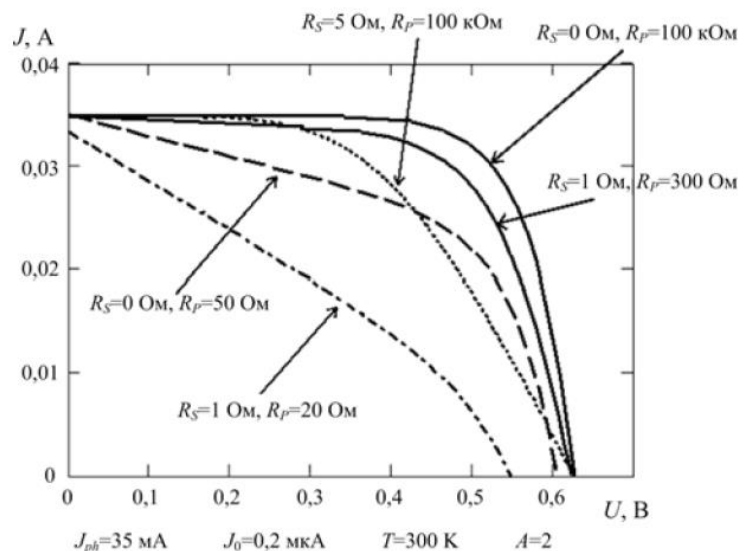
Олимларнинг тадқиқотларига кўра, чанг концентрациясининг юқори кўрсаткичи қуёш фотоэлектрик модулининг ва бошқа гелиоқурилмаларининг самарадорлигига салбий таъсир қилиб у қурилманинг ФИК ни 40-50 % гача камайтириши мумкин.



21-расм. Қуввати 130 Вт монокристалл турдаги фотоэлектрик модулниң ёритилганликка боғлиқлик ВАХ.

Қуёш фотоэлектрик панелининг қуввати ёритилганликка тўғри пропорционал равишда ўзгаради. Маълум аниқ ёритилганликда, яъни жуда паст қийматларда қуёш фотоэлектрик модули электр энергия беришни тўхтатади. Ёритилганлик кристалл турига, яъни кремний фотоэлектрик модуллари учун тахминан $150 - 200 \text{ Вт/м}^2$ ни, аморф кремнийли модуллар учун 100 Вт/м^2 атрофида бўлади (21-расм).

Шунингдек ФИК га кетма-кетлик R_s ва параллеллик қаршиликларининг R_p ҳам таъсири мавжуд. 22-расмда R_s ва R_p нинг ҳар хил қийматлари орқали ҳосил қилинган бир қанча ВАХ келтирилган.



22-расм. Кетма-кетлик (R_s) ва параллеллик қашиликларининг (R_p) ҚЭ ВАХ га таъсири

Расмдан кўриниб турибдики, юқори самарали ҚЭ олиш учун кетма-кетлик қаршилиги R_s ни камайтириш ва параллеллик қашилиги R_p ни ошириш лозим. Кетма кетлик қаршилиги R_s элементнинг ҳар бир р- ва п- соҳалари қаршиликлари, контакт қатламлар қаршилиги, металл-яримўтказгич ўтиш қаршиликларидан иборат, параллеллик қаршилиги эса р-п ўтишга параллел мумкин бўлган сирқиш токлари каналларини акс эттиради. Шу нуқтаи назардан ҚЭ ВАХ ни аниқлаш усуллари ривожлантириш зарурдир.

3.4§.Яримўтказгичли қуёш элементлари ёрдамида қуёш оптик нурланишини электр энергиясига ўзгартириш

Фотоэлектрик эффектга асосланган ЯЎ материалларда р-п ўтишли тузилмалардан иборат ҚЭ да, уларга тушаётган қуёш нури бевосита электр энергиясига айлантиради. Шунинг учун, ҚЭ фотоқабуллагич ва фотоқаршиликлардан фарқли равишда ташқи кучланиш манбаига муҳтож эмас. Бу эффект юз йилдан ортиқ вақт давомида селен ва мис оксидининг фотоэлектрик хусусиятлари сифатида ўрганиб келинган, аммо уларнинг ФИК 0,5 % дан ошмаган.

Бу муаммонинг нисбатан фаол ечилиши ЯЎ материаллар электрон тузилишининг соҳа назарияси яратилганидан кейин, материалларни киришмалардан тозалаш ва назоратли киришмалар

киритиш технологияси, ҳамда р-п ўтишнинг назарияси яратилиши билан бо/лиқдир.

Сўнгги 35 йил давомида энергия манбаи сифатида юқори самарали Si, GaAs, InP, CdTe ва уларнинг қаттиқ қотишмалари асосида ФИК 20-24 % бўлган ҚЭ яратилди. Каскадли ҚЭ ларда эса ФИК 30 % гача етказилди.

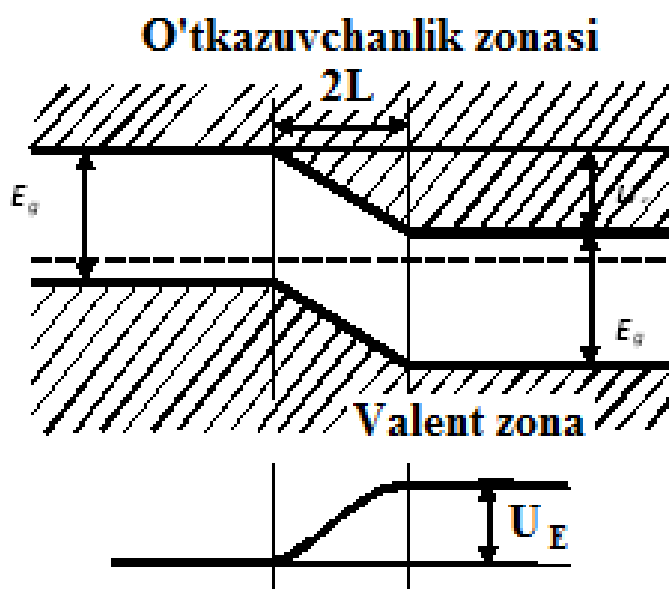
Қуёш элементлари конструкциялари

Кенг тарқалган кремний асосидаги ҚЭ лари конструкцияси қарама-қарши типдаги р- ва n-материалнинг бир-бирига яқин туташтиришдан ҳосил қилинади. ЯЎ материал ичидаги р- ва n-тип материаллар орасидаги ўтиш соҳаси (чегара худуди) электрон-тешик ёки р-n ўтиш дейилади. Термодинамик мувозанат ҳолида электрон ва тешиклар мувозанат ҳолатини белгиловчи Ферми сатҳи материалда бир хил ҳолда бўлиши керак. Бу шарт р-n ўтиш худудида иккиланган зарядли қатлам ҳосил қилади ва уни ҳажмий заряд қатлами дейилиб, унга таалуқли электростатик потенциал пайдо бўлади.

Р-n тизилма сиртига тушган оптик нурланиш сиртдан материал ичига қараб р-n ўтиш йўналишига перпендикуляр равишда концентрацияси камайиб боровчи электрон-тешик жуфтликлар ҳосил қилади. Агар сирт юзасидан р-n ўтишгача бўлган масофа нурнинг кириш чуқурлигидан ($1/\alpha$ дан) кичик бўлса, электрон-тешик жуфтликлар р-n ўтишдан ичкарида ҳам ҳосил бўлади. Агар р-n ўтиш жуфтлик ҳосил бўлган жойдан диффузион узунликчалик масофа ёки ундан камроқ масофада бўлса, зарядлар диффузия жараёни натижасида р-n ўтишга етиб келиб, электр майдони таъсирида ажратилиши мумкин. Электронлар р-n ўтишнинг электрон бор бўлган қисмига (n-қисмига), тешиклар р-қисмига ўтади. Ташқи р- ва n -соҳаларни бирлаштирувчи электродларда (контактларда) потенциаллар айирмаси ҳосил бўлиб, натижада уланган юкланма қаршилиги орқали электр токи оқа бошлайди.

р-n ўтишга диффузияланган асосий бўлмаган заряд ташувчилар, потенциал тўсиқ бўлганлиги сабабли, иккига ажратилади. Ортиқча ҳосил бўлган (тўсиқ ёрдамида ажратилган) ва тўпланган, n-соҳадаги электронлар ва р-соҳадаги тешиклар р-n ўтишдаги мавжуд ҳажмий зарядни компенсация қилади, яъни

мавжуд бўлган электр майдонига қарама-қарши электр майдонини ҳосил қилади. Ёритилиш туфайли ташқи электродларда потенциаллар айирмаси ҳосил бўлиши билан бирга ёритилмаган p-n ўтишдаги мавжуд потенциал тўсиқнинг ўзгариши рўй беради. Ҳосил бўлган фото-ЭЮК бор бўлган потенциал тўсиқ қийматини камайтиради. Бу эса ўз навбатида қарама-қарши оқимларнинг пайдо оқимини, p-қисмдан тешиклар оқимини ҳосил қилади. Бу оқимлар бўлишини таъминлайди, яъни электрон қисмдан электронлар



23-расм. Ёритилмаган p-n ўтишли ярим ўтказгичда энергетик зоналар структураси (а), электростатик потенциал тақсимоти (б). $2l$ – фазовий заряд соҳасининг кенглигини, U_E – p- ва n- соҳалар чегарасидаги мувозанат ҳол учун электростатик потенциал, E_g – ман қилинган соҳа кенглиги, штрихланган чизик – мувозанат ҳоли учун Ферми сатҳи.

p-n ўтишга қўйилган электр кучланиши таъсири натижасида тўғри йуналишдаги ток билан деярли тенг бўлади. Ёритилиш жараёни бошланган вақтдан бошлаб ортиқча (мувозанатдагига нисбатан) зарядларнинг тўпланиши (электронларнинг n-соҳада ва тешикларнинг p-соҳада) потенциал тўсиқ баландлигини камайтиради, ёки бошқача қилиб айтганда электростатик потенциални пасайтиради (23-Расмга қаранг). Бу эса ўз навбатида ташқи юкланмадан оқаётган ток кучини оширади ва қарама-қарши оқимлар ҳосил қилувчи электронлар ва тешиклар оқимини p-n

ўтишдан ўтишини таъминлайди. Ёруғлик туфайли ҳосил бўлган ортикча жуфтликлар сони p - n ўтиш ёки ташқи юкланма орқали кетаётган жуфтликлар сонига тенг бўлганда стационар мувозанат ҳосил бўлади. Одатда бу ҳол ёритилиш жараёнининг мингдан бир сонияси давомида рўй беради.

ҚЭ қисқа туташув токи $I_{кз}$ ни, тушаётган оптик нурланиш зичлиги ва спектрал таркибидан ўрганиш элемент тузилмаси ичида бўлаётган алоҳида ҳар бир нурланиш квантининг электр энергиясига айланиш жараёни самарадорлиги ҳақида тасаввур ҳосил имкониятини беради. ҚЭ учун маълум ёруғлик оқими зичлиги тушаётган ҳол учун қуйидаги тенгламани келтириш мумкин.

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

бу ерда $I_{кзт}(\lambda)$ ва $I_{кзю}(\lambda)$ – ҚЭ қисқа туташув токининг қиймати, берилган интенсивликдаги тушаётган ва ютилган нурланиш учун, $r(\lambda)$ - бирламчи қайтиш коэффиценти. Келтирилган учала катталиклар ҳам бир хил тўлқин узунлиги бўлган ҳол учун тўғридир.

ҚЭ ни таҳлил қилиш ва сифатини баҳолаш учун унинг $I_{кз}$ токининг спектрал характеристикасини ютилган ҳар бир квант нур учун ҳисоблангани ўта муҳимдир. Бу катталикни қуёш элементининг эффектив квант чиқиши дейилади ва $Q_{эфф}$ билан белгиланади. Агар N_o – ЯЎ материал сиртининг бирлик юзасига тушаётган квантлар сони бўлса, у ҳолда

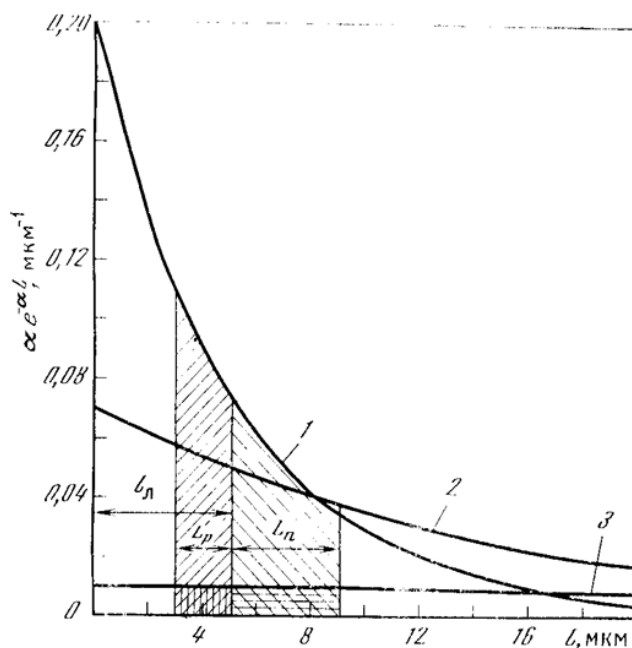
$$Q_{эфф} = I_{кз} / N_o \quad (82)$$

бўлади, бу ерда $I_{кз}$ электрон сонияда ўлчанади, ва $Q_{эфф}$ электрон квант (фотон)ларда олиниши керак.

ҚЭ эффектив квант чиқиши икки параметрга боғлиқ бўлиб, у

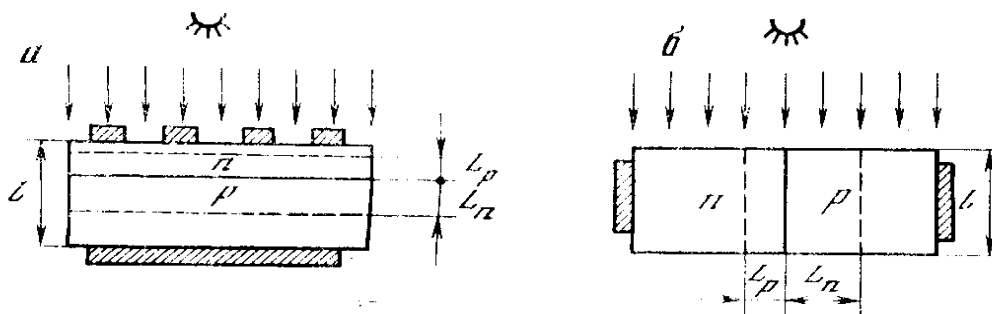
$$Q_{эфф} = \beta\gamma \quad (83)$$

β -ички фотоэффектнинг квант чиқишидир. Бу катталик ҳар бир ютилган квант учун фотоионизация жараёнида ЯЎ ичида ҳосил бўладиган электрон-тешик жуфтликларни кўрсатади. γ – p - n ўтиш потенциал тўсиқининг ток ташувчиларни йиғиш (жамлаш) коэффиценти, ёки бошқачасига айтганда ток ташувчиларнинг ажратиш коэффиценти ҳам дейилади.



24-расм Ҳар хил тўлқин узунликка эга бўлган нурланишнинг кремний асосидаги р-п ўтишга перпендикуляр тушган ҳол учун ҳосил бўлган электрон-тешик жуфтликларининг тақсимланиши. 1- $\lambda = 0,619$ мкм, $\alpha = 2000$ см⁻¹; 2- $\lambda = 0,81$ мкм, $\alpha = 700$ см⁻¹; 3- $\lambda = 0,92$ мкм, $\alpha = 90$ см⁻¹ қобиляти уларнинг энергиясига боғлиқдир).

Бу коэффициент оптик нурланиш ёрдамида ҳосил бўлган умумий жуфтликлардан қанча қисми қисқа туташув токида иштирок этишини кўрсатади. Ташқи ўлчаш асбоби уланган ҳол учун, $\beta = 1$ бўлса, ҳар бир квант битта жуфтлик ҳосил қила олишини кўрсатади. чуқурликка кириш Ҳар хил тўлқин узунликка эга бўлган оптик нурланиш, материалда ҳар хил чуқурликка кира олади (квантларнинг ЯЎ материалларда ютилган квантлар ҳисобига ҳосил бўлган электрон-тешик жуфтликлар материалда фазовий тақсимот ҳосил қилади (24-расм га қаранг). Ҳосил бўлган жуфтликларнинг кейинги тақдири ЯЎ атериалларнинг диффузион йўли узунлигига боғлиқдир. Агар бу параметр катталиги етарлича бўлса, у ҳолда нурланиш туфайли ҳосил бўлган ортиқча асосий бўлмаган заряд ташувчилар фақат диффузия жараёни туфайли р-п ўтишга келиб унинг электр майдони орқали ажратилиши мумкин. Оптик нурланишни айлантирилиши жараёнида муҳим ролни электронларнинг диффузия йўли узунлиги (L_n) ва р-п утиш чуқурлиги (ℓ) уйнайди, чунки ҳосил бўлаётган ва ажратилиши керак бўлган жуфтликлар уларга боғлиқдир.



25-Расм. Ярим ўтказгичли кристаллда р-п ўтишларнинг жойлашиш схемаларига қараб (а) перпендикуляр ва (б) параллел р-п ўтиш текислиги учун оптик нурланишнинг тушиши. L_n, L_p – р- ва п – соҳаларда асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг диффузион узунликлари; ℓ – ярим ўтказгичда нурланишнинг кириш чегараси; штрихланган соҳалар – р- ва п-соҳалардаги металл контактларнинг кўриниши.

Оптик нурланишнинг ЯЎ материалга тушиш йўналишига қараб р-п ўтиш конструкциясининг икки хили мавжуд ва уларни қуйидаги 25- расмда келтирилган ҳоли учун кўриб ўтамыз.

1-ҳол. Оптик нурланиш йўналишига р-п ўтиш перпендикуляр жойлашган ҳол. Оптик нурланиш қалинлиги l га тенг бўлган ЯЎ материалнинг бутунлай охиригача киради.

2-ҳол. Оптик нурланиш йўналишига р-п ўтиш параллел жойлашган ҳол. Нурланиш кенглиги d га тенг бўлган тузилмага тушади.

Перпендикуляр ва параллел жойлашган р-п ўтишлар учун йиғиш (жамлаш) коэффициенти (эффективлиги) қуйидаги муносабатлар билан аниқланади.

$$\gamma = (L_n + L_p) / \ell \quad (6) \quad \text{ва} \quad \gamma = (L_n + L_p) / d \quad (84)$$

бу ерда, L_p – тешикларнинг диффузия йўли узунлиги.

Биринчи қарашда р-п ўтишнинг параллел жойлашиши афзалроқ кўринади, чунки ҳосил бўлган заряд жуфтликларини тўлалигича йиғиш ва ажратиш учун ЯЎ материал қалинлигига ва р-

p ўтишга нисбатан уларнинг тақсимланиши муҳимдир. ЯЎ ичида жуфтликларнинг материал чуқурлигига нисбатан бир текис ҳосил бўлиши уларнинг p-n ўтиш томон диффузия ҳодисаси орқали ажратилиш жараёни учун ўта муҳимдир. Шунинг учун, кўп p-n ўтишларга эга бўлган ҚЭ ларда (фотовольтлар-кўп сонли микро ҚЭ лардан иборатларда), уларнинг p-n ўтишлари тушаётган оптик нурланишга параллел жойлаштирилади. Оптик нурланишнинг узун тўлқинли қисмида, бу конструкция заряд ташувчиларнинг йиғишнинг юқори самарадорлигига эга бўлади, ҳамда бир бирлик юзадан катта миқдордаги фото-ЭЮК олишга имкон яратади.

Аммо, асосий муаммолардан бири бўлиб, нисбатан кичкина ўлчамли параллел жойлашган p-n ўтишларга эга бўлган микро ҚЭ ларида рекомбинация ҳодисасининг перпендикуляр жойлашган p-n ўтишларга нисбатан катталиги назарий ва амалий жиҳатдан аниқланди. Шунинг учун, бу турдаги ҚЭ учун қуёш нурланишига қаратилган юзасида қисқа тўлқинли нурлар спектрал эффективлигини ошириш учун, қўшимча киришмалар киритилган тескари типдаги ўтказувчанликка эга бўлган қушимча юпқа қатлам ҳосил қилиш мақсадга мувофиқдир. Яъни, яна қисман перпендикуляр конструкция элементига қайтиш мақсадга мувофиқдир.

Параллел жойлашган p-n ўтишли ҚЭ ларида ҳосил бўлган электрон-тешик жуфтликлар концентрацияси (M) материал юзасидан ичкарасига қараб ўзгаради. Перпендикуляр жойлашган p-n ўтишли ҚЭ конструкцияси учун эса p-типдаги материал учун ҳам r-типдаги учун ҳам ҳосил бўлаётган жуфтликларнинг аксарияти p-n ўтишга яқин жойда ҳосил бўлади. Ҳосил бўладиган электрон-тешик жуфтликлар бирлик чуқурликда қуйидаги тенглама орқали аниқланади.

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

бу ерда, N_0 -бир бирлик юзага тушаётган квантлар сони. Жуфтликлар сони, ичкарига қараб камайиб боради. Уларнинг сонини ЯЎ материалда ютилиши мумкин бўлган соҳада α (E) ни аниқлаш мумкин. p- ва r-тип материалдаги заряд ташувчиларнинг диффузион узунликлари соҳаларини чегаралаган вертикал чизиқлар, p-n ўтиш перпендикуляр бўлган ҳол учун заряд ташувчилар жамлаш жараёнини баҳолаш имконини беради. Чизиқлар ординаталари α

$\exp(-\alpha\ell)$ га пропорционал бўлиб, абсциссалар эса ЯЎ материал ёритилган юзасидан ичкарига кириш чуқурлигини кўрсатади. Ўқлар орасидаги чизиқлар билан чегараланган юзалар – тушаётган квантлар оқимига тенг, ординаталар билан чегараланган юзалар $\ell = \ell_d \ell_n$ ва $(\ell_d + \ell_n)$ (штрихланган қисм) – қисқа туташув токини кўрсатади. Шундай қилиб, штрихланган юзанинг умумий юзага нисбати ички фотоэффект квант чиқишини аниқловчи ифодага асосан ($\beta = 1$ ҳол учун) йиғиш эффективлигини беради.

Қуёш элементларининг планар конструкцияси (оптик нурланиш тузилма юзасига перпендикуляр тушган ҳол) ҚЭ технологиясида ва уларни амалий ишлатишдаги асосий конструкциядир. Бундай ҚЭ ҳар хил ЯЎ материаллар асосида ишлаб чиқилди. Юқорида келтирилган таҳлиллар асосида юқори самарали оптималлашган конструкциялар ишлаб чиқилди. Аммо ҳар қандай материал учун ҳам уларга қўйиладиган юқорида келтирилган асосий талаблар сақлаб қолиниши кераклиги аниқланди. γ ни ва $I_{\text{кз}}$ ошириш учун р-п ўтишнинг иккала томонида ҳам албатта диффузион узунликни ошириш мақсадга мувофиқдир. Буни амалга ошириш учун керакли материал танлаш ва р-п ўтишни технологик тайёрлаш жараёнида диффузион узунликни пасаймаслигига ҳаракат қилиш керак. Агар унинг пасайиши аниқ бўлса уни ҳисобга олиш зарурдир. Агар L_d ни фронтал сиртда ошириш имконияти бўлмаса, у ҳолда фронтал сирт қалинлигини $L_p \gg \ell$ га амал қилган ҳолда олиш керак. Шу асосда база параметрларини танлаш зарурдир.

3.5§.Қуёш нурланиши иммитаторлари

Идеал ҳолатда қуёш нурланиши имитаторлари (КНИ) – бу қуёш нурланишининг ҳамма хусусиятларини жуда яқин қайтариши лозим бўлган асбоб бўлиб, бундай хусусиятларга нурларнинг параллеллиги, вақт орасидаги стабиллиги, ёритилганликнинг бир текислилиги, нурланиш оқимининг зичлиги, спектрал таркиби киради. Бундай асбоблар жуда қиммат ва мураккаб тузилишга эгадир, улардаги оптик нурланишнинг ва оқимнинг параметрлари қуёшникидан фарқ қилади. Айрим ҳолларда КНИ махсус ҳолда лойиҳаланади ва тайёрланади.

Энг содда параметрлари нисбатан стабил ишлаб чиқариш шароити учун мослашган КНИ, асосан вольфрамли чўғланиш лампалар асосида тайёрланади. Кўзгули ёки нисбатан хира

акслантиргичлар билан таъминланиб, улар қуёш батареялари (КБ) юзаларини ҳисобга олган ҳолда ёритилганликни бошқариш имкониятига эга бўлади. Вольфрамли чўғланувчи лампалар нурланишининг нисбатан ИҚ нурланиши купроқ бўлгани учун, ўлчаш жараёнида ҚЭ ва батареяларини исишига олиб келади. Шунинг учун, кўпинча лампа ва ҚЭ лари орасига ИҚ нурланишни қисман қирқадиган филтрлар қуйилади. Бу филтрлар асосан шаффоф пластинага (мисол шишага) ўтказилган ИТО (индий ва қалай оксиди аралашмаси) қатламларидан тайёрланган.

Чўғланувчи лампа оптик нурланишининг ИҚ қисмини камайтиришнинг бошқа усули бу иссиқликни ютувчи филтрларни ишлатишдир. Бу филтрлар қалинлиги 20-40 мм ли сув қуйилган шаффоф идишлардир. Оддатда ўлчаш жараёнида бу сувли филтрни ўзини совутиш учун радиатор қурилмаси ёки бевосита оқувчи сув ишлатилади.

Нисбатан катта ўлчамли қуёш батареяларининг кўп сонли гуруҳлари параметрларини ўлчаш учун ҚНИ лар импульсли ксенон лампалар асосида тайёрланади. Бу қурилмалар оптик қисмларсиз ишлайди. Бир текис ёритилганликка эришиш учун лампалар ҚБ ларидан кераклича узоқда жойлаштирилиши мумкин. Оптик спектрни стандартга спектрга яқинлаштириш учун интерференцион ёки баъзан сувли филтрлар ишлатилади. Импульсли ксенон лампалар асосидаги ҚНИ лардан фойдаланилганда улар исимайди, ва ҳарорати уй ҳароратига яқинлигича қолади.

Махсус тажрибалар ва синовлар учун турли давлатларда қуёш батареяларини ўлчаш ҳарорати турличадир, мисол АҚШ ва Европада стандарт сифатида 28° С қабул қилинган.

Ҳар хил атмосфера массасида ўлчаш учун ҚНИ яшаш қийин масала. Ер шароитида қуёш нурланишининг спектрал таркиби вақтга қараб ўзгаради. Мисол учун АМ 1,5 стандарти учун спектрал диапазон 0,4-1,1 мкм орасидадир.

3.6§.Эталон қуёш элементлари ва уларни градуировкалаш

Қуёш нурланиши имитаторларининг нурланиш энергиясининг спектрал тақсимланиши стандарт қуёш нурланишидан албатта фарқ қилади. ҚЭ сезгирлиги селектив (танловчи) бўлгани учун ҚНИ интенсивлигини носелектив нурланиш қабулагичлари (радиометрлар) билан созлаш мақсадга мувофиқ эмасдир. Шунинг

учун, сезгирликни ҳамда бошқа параметрларни ўлчашда махсус эталонли қуёш элементлари қўлланилади. Эталонли ёки стандарт ҚЭ – бу селектив сезгирликка эга бўлган амалдаги радиометрлардир.

Атмосфера массасининг нисбатан бир хил қийматлилигига қарамасдан қуёш нурланиши оқимининг зичлиги атмосфера таркибининг оз миқдорда ўзгаришига қараб кескин ўзгариши мумкин. Ҳар хил атмосфера шароитларини таққослаш натижаси шуни кўрсатадики, қуёш нурланишининг оқим зичлиги айрим ўзгаришлардан кейин носелектив радиометрлар билан ўлчанганда, нурланишнинг спектрал таркиби бир-биридан жиддий фарқ қилганда ҳам, бир хил натижани кўрсатиши мумкин. Бунга сабаб ҚЭ нинг селектив сезгирлигининг ҳар хиллигидир. Ҳаттоки, юқори сифатли материалдан қилинган ва эффективлиги катта бўлган ҚЭ ларида ҳам, Ер шароитида бир хил энергетик ёритилганлик шароитида ўлчанган қисқа туташув токи $I_{кз}$, атмосфера ҳолати ҳар хил бўлса, ўлчанган ток фарқи 15 % гача бўлиши мумкин.

Эталон ҚЭ ларининг қисқа туташув токини аниқлаб градуировка қилишда стандарт ёритилганликдан фойдаланиш талаб қилинади. Бунинг учун эталон элемент ёрдамида ҚНИ созланади – яъни унинг нурланиши оқими бошқарилган ҳолда ўзгартирилиб, қисқа туташув токини стандарт ҳолдаги $I_{кз}$ га тенг бўлгунча давом эттирилади.

Таъкидлаш лозимки, ҚНИ иш соҳасининг энергетик ёритилганлиги аслида аниқ стандарт шароитдаги оптик нурланишнинг энергетик ёритилганлигини такрорламайди. Бунга асосий сабаб, нурланишни баҳолаш конкрет конструкцияли селектив сезгирликка эга бўлган, қуёш элементга таъсир орқали амалга ошияпти.

Мисол, ҳарорати 2850° К бўлган чўғланма ёритгичдан ёритилаётган кремний асосидаги, р-п ўтиш чуқурлиги 0,5 мкм ли ҚЭ нинг қисқа туташув токи $I_{кз}$ коинот шароитида, энергетик ёритилганлиги сувли филтрдан ($d=40$ мм ли) кейин 780 Вт/м² га тенг бўлган ва филтрсиз эса 960 Вт/ м² га тенг бўлган элемент токига тенг бўлади. Бундан фарқли, иккала ҳол учун ҳам эталон ҚЭ шундай лампа ёруғлигида 1360 Вт/м² ёритилганликни кўрсатади.

Эталон ҚЭ ларини қўллаш, нурланиш манбаи сифатида энергиянинг тақсимланиш спектри ихтиёрий бўлган ҳолда ҳам, спектрларини коррекциялаш мумкин бўлган ҚНИ ёрдамида аниқлиги қониқарли даражада бўлган ўлчовлар олиб боришга имкон

яратади. Бундай шароитда ҚЭ нинг фотоэлектрик характеристикасининг ўлчаш хатолиги эталонли ва ўлчанаётган элементларнинг спектрал сезгирлигининг фарқи даражаси билан аниқланади. Шунинг учун, эталон ҚЭ га қуйиладиган асосий талаблар қуйидагича – уларнинг оптик хусусиятлари ва спектрал характеристикалари ўлчаниши лозим бўлган элементнинг шундай характеристикасига монанд бўлиши керак.

Эталон ҚЭ лойиҳалаш ва тайёрлаш – бу уларнинг конструкциясини, метрологик характеристикаларининг стабиллигини ўрганишни, гардуировка қилиш усулини ва уларни параметрларини ўлчаш жихозларини яратишни ва қўллашни тақозо қилади.

Эталон ҚЭ ларини ишлатилиш шароитига қараб турлича конструкцияли бўлиши мумкин, уларга қуйиладиган асосий талаб – параметрларининг юқори даражада стабиллигининг сақланишидир. Ўз навбатида бу талаб элементнинг ҳароратдан стабил ва ҳароратни аниқ ўлчашни тақозо этади. Эталонли қуёш элементнинг оддий конструкцияси бу чуқурлаштирилган металл пластинага ўрнатилган ва ҳимоя сифатида фронтал сиртига шиша ўрнатилган вариантыдир. Ҳароратни ўзгармас қилиб ушлаб туриш учун у иссиқликдан ҳимоя қилинган тагликка ўрнатилади.

Тайёрлаш технологиясининг доимий мукаммаллашиб бораётганлиги туфайли ва янги турдаги ҚЭ лари яратилаётганлиги сабабли спектрал сезгирлиги ностандарт тақсимотга эга бўлган элементларнинг параметрларини ўлчаш масаласи пайдо бўлмоқда. Эталон сифатида ишлатиладиган ҚЭ, ё серия қилиб чиқарилаётган элементлардан танланади, ёки махсус тайёрланади. Танлаш жараёнида асосий диққатни қуёш элементи тузилмасининг ён сирти томонларининг сифатига, шунт ва кетма-кетлик қаршиликларининг катталигига қаратилади. Бу мақсадда ишлатилиши кўзда тутилган ҚЭ лари юзаси бир жинсли, спектрал сезгирлиги стабил, қисқа туташув токининг ҳарорат буйича коэффиценти минимал бўлиши керак. Ер шароитида ишлатилиши кўзда тутилган эталонли ҚЭ лари учун спектрал сезгирликнинг тушаётган оптик нурланиш тушиш бурчагига ва қисқа туташув токи $I_{кз}$ нинг тушаётган нурланиш оқими зичлигига чизиқли муносабатда бўлиш боғликлиги амалда текширилади.

Эталон ҚЭ ни абсолют градуировка қилиш машаққатли иш бўлиб, бу жараён узоқ вақтни ва кўп харажатни талаб қилади.

Шунинг учун, бундай жараёнлар орқали олинган эталон элементлар кўргазмали ўлчаш асбобларда биринчи эталон сифатида ишлатилади. Эталонли ҚЭ лари қисқа туташув режимида ишлатилади ва уларнинг градуировка қилиш жараёни қуёш нурланишининг спектрал таркиби ва зичлиги нормировка қилинган шароитда қисқа туташув токини аниқлашдан иборатдир.

Грудуировка қилишнинг икки принципиал фарқ қилувчи тури мавжуд.

1. Бевосита қуёш нурланишидан фойдаланиш усули,
2. Лаборатория шароитида ўлчов воситаларини ва олдиндан ўлчанган давлат эталонини қўллаш усули.

Ер шароитида бевосита қуёш нурланишидан фойдаланиш усули одатда купроқ ишлатилади. Бунинг учун асосан денгиз сатҳидан бир неча минг метр баландликдаги тоғ худудларидан фойдаланилади ва кейин олинган натижалар АМ 0 шароити учун экстрополяция қилинади.

Градуировка қилиш жараёнида эталон ҚЭ ларининг қисқа туташув токи қийматини аста-секин ҳар хил атмосфера массалари учун ўзгартирилиб ўлчанади, яъни қуёшнинг ҳар хил баландликдаги нурланиши учун ўлчанади. Ўлчаш жараёни стационар шароитда ўтказилади, шунинг учун атмосфера массасининг нисбатан ҳар хил қийматлари учун $I_{кз}$ нинг ўзгаришини аниқлаш кифоя. АМ 0 шароит учун тўғри келадиган қийматни топиш жараёни $\ln I_{кз}$ ни нуль атмосфера массасига чизиқли экстрополяция қилиш билан топилади. Ўлчаш жараёнини куннинг биринчи ярмида олиб бориш маъқўлроқдир.

IV БОБ. ҚУЁШ ФОТОЭЛЕКТРИК ТИЗИМЛАРИ

Ер шароитида қўлланиладиган қуёш фотоэлектрик станцияларини уларнинг қўлланилишига мувофиқ ҳолда қуйидаги синфларга ажратиш мумкин. Бу тизимлар асосан 3 га бўлинади:

- 1) автоном қуёш фотоэлектрик станциялари (АФЭС);
- 2) резерв қуёш фотоэлектрик станциялари (РФЭС);
- 3) Электр тармоғи билан параллел уланган қуёш фотоэлектрик станциялари.

Локал электр тармоғи билан интеграллашган фотоэлектрик станциялар ўз навбатида аккумуляция тизимига эга ва аккумуляция тизими бўлмаган ФЭС ларга бўлинади. Резерв аккумуляторлар

билан таъминланган “тармоқ” ФЭС лар электр энергияси узулишлари, авария ҳолатларида истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлаш функцияси орқали афзалликларга эгадир.

4.1§.Фотоэлектрик батареяларни тайёрлаш технологияси

ФЭБ тайёрлаш технологияси бир қанча усулларда амалга оширилиши мумкин: автоматик, яримавтоматик ва механик усулда (қўлда).

1.Босқич. Қуёш элементларини тестдан ўтказиш ва саралаш.

Ушбу босқичда фотоэлектрик пластиналарнинг электрофизик параметрлари ўлчаш амалга оширилади. Қуёш иммитатори сифатида юқори қувватли ксенон лампадан фойдаланилиб ёруғлик берилгандан сўнг ҚЭ назорат параметрлари қайд қилинади. Ўтказилган ўлчашлар амалга оширилгандан сўнг фотоэлектрик пластиналар электрик характеристикаларига кўра сараланади. Бу босқичда фотоэлектрик пластиналар назоратидан ташқари уларнинг механик зарарланиши ҳам ҳисобга олинади. Электрик параметрлари ва характеристикалари кичик ва механик зарарланган ҚЭ дан кейинги жараёнларда фойдаланилмайди. Аммо уларни тестдан ўтказгунга қадар ҚЭ фронтал ва орқа томонларига қалинлиги кенглиги 0,05 – 0,1 мм, кенглиги 0,2 дан 1 мм бўлган ПОС-61 қалайида ботириб олинган мис шиналари пайванд қилинади. Пайвандлашда ҚЭ контакт қисмидаги каналларга флюс қўйилиб устидан мис шина паяёник ёрдамида қиздирилиб пайвандланади. Тайёр бўлган ҚЭ махсус қутиларга жойланади.



26-расм. Ясси ўтказгич билан пайвандланган ҚЭ (мис шинали ўтказгич)

Ишлаш жараёнида ўта эҳтиёткор бўлиш лозим, чунки кристалл кремний асосида ҚЭ мўрт, тез деформацияланадиган, паяльник узок муддат пластинада қиздирилган ҳолатда бўлмаслиги керак.

2.Босқич.Ультратовуш ёрдамида дистилланган сувда ҚЭ тозалаш.

Сўнгра 60 градус ҳароратли дистилланган сувда ультра товуш ёрдамида ҚЭ тозалаш амалга оширилади. Бу операцияда ҚЭ чангдан, ифлосланиш, ёғли ифлосланишлардан тозаланади. 42 кГц частотали юқори частотали ультратовуш тозалашда ҳаттоки одатий тозалашнинг икони бўлмаган майда ифлосланган зарралар ҳам йуқотилади. Тўлиқ тозаланган ва қуритилган ҚЭ йиғишга берилади.



27-расм. Ҳар хил электрон компонентларни тозалаш учун ультратовуш ваннаси

3-Босқич. ҚЭ секцияларга 9 та ёки 10 та бўлиб пайванлаш (4x9 ёки 6x10 тарзида занжир асосида йиғиш)

Ушбу босқичда фотоэлектрик пластиналар секциялар кўринишида бирига пайвандланади. Бунда текстолит, эбонит, дюралюминдан тайёрланган шаблон ёрдамида фотоэлектрик пластиналар занжири ҳосил қилинади (кетма-кет уланган фотоэлектрик пластиналар занжирда қатъий тартибда жойлашиши зарур). Фотоэлектрик пластиналарни четки қисмларини бир-бирига

яқин жойлаштиришда ўта эҳтиёткорлик талаб қилинади. 9 та кетма-кет уланган ҚЭ электрофизик параметрлари симуляторда текшириб олинади, чунки модулга йиғишдан олдин теширилмаса кейин кеч бўлиши мумкин.



28- расм. Модулга йиғиш олдидан ҚЭ занжири

Агар занжирда бирор ҚЭ ишламаса уни дарҳол алмаштириш ёки тузатиш мумкин. Ҳамма ҚЭ электрик параметрлари нормада бўлса, занжир пневматик босим билан кўтарилади. Бу ҚЭ юзасини ифлос қилмаслик ва йиғиш жараёнини енгиллаштириш учун хизмат қилади.

ҚЭ коммутация қилиш учун улар орқали металл лента ўтказгич сифатида амалга оширилади, 9 та кетма-кет уланган ҚЭ 4 та гуруҳ бўлиб шакллантирилади ва умумий ўтказгич орқали уланади.



29-расм. 36 та ҚЭ ташкил топган коммутацияланган занжир (чапдан), икки қатламли герметизация пленкаси (EVA) ва бир қатламли ҳимоя пленкаси (ПЭТ) (ўнгдан)

4 Босқич – Фронтал ва орқа томондан ФЭМ химоя қопламалари ламинациялаш ва йиғиш

ФЭБ учун шаффоф шиша асосий қўллаб турувчи асос бўлиб хизмат қилади. Бунда шиша текстураланган юзага эга бўлиб 92% дан ортиқ ёруғлик ўтказиш коэффициентиغا эга бўлади. Шаффоф шишадан сўнг герметик ламинация пленкаси (ЭВА-этиленвинилацетат) қўйилиб, унинг устидан 36 та кетма-кет уланган ҚЭ, сўнг яна ламинация пленкаси ЭВА йиғилади. ЭВА пленкаси ҚЭ шишага тўлиқ герметизация қилиш (ҳаво пуфакчалари қолдирмаслик) қўшимча ёруғлик синиши, қувват йуқотилишини олдини олади.

Бундан ташқари герметизация ҚЭ ҳар хил атмосфера таъсирлари ва юзага келиши мумкин бўлган каррозиядан асрайди.

Шунингдек фотоэлектрик модулни химоялаш учун махсус химоя пленкаси ҳам ёпиштирилади. Орқа химоя пленкаси сифатида РТ–полиэтилентерефталат, (polyethelenerfталate), ТРЕ - термопластик эластомердан пленка (thermoplastic elastomer film), ТРТ–тедлар-полиэстер-тедлар (Tedlar-Polyester-Tedlar) хизмат қилади.



30-расм. Ламинацияланган модуль

Химоя пленкаси ҳам элементларни атмосфера таъсирлари (қор, ёмғир, дўл) ва каррозиядан асрайди.

Модуль конструкцияси қўшимча қаттиқлик бериш, ламинация қилиш учун вакуумга эга ламинация қурилмасига жойлаштирилади, бунда 15 дақиқа ичида 138-150⁰С ҳарорат сақланади. Вакуум печидан олингандан сўнг модульнинг ҳамма компонентлари билан маҳкам ягона бўлиб қолади (30- расм).



31-расм. Фотоэлектрик модул ламинация печидан сўнг

Ламинациядан сўнг фотоэлектрик модул махсус симуляторга жойлаштирилади ва электрофизик параметрлари, характеристикалари олинади. Қуёш фотоэлектрик панелларининг параметрлари бутун дунёда ишлаб чиқарувчилар томонидан стандарт тест шароити (STC) да олиб борилади. Бунда қуйидагилар ҳисога олинади: ($E=1000 \text{ Вт/м}^2$, фотоэлектрик модул ҳарорати - 25°C , атмосфера массаси AM1).

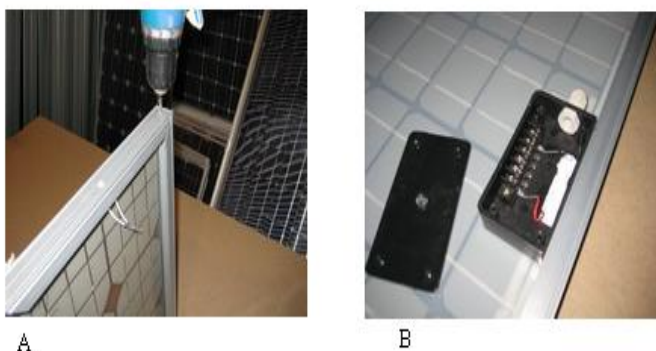
Олинган натижалар этикеткада (32-расм) акс эттирилган ҳолда фотоэлектрик модулнинг орқа томонига ёпиштирилади.

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

32-расм. Қуёш фотоэлектрик модулининг орқа томонида ёпиштирилдиган электрофизик параметрлари этикеткаси

Фотоэлектрик модули этикеткасида қуйидаги параметрлар ($U_{с.ю}$, $I_{к.т}$, $M\Phi H$, V_H , I_H , пик қуввати, модул оғирлиги, серияси ва бошқалар) акс этади.

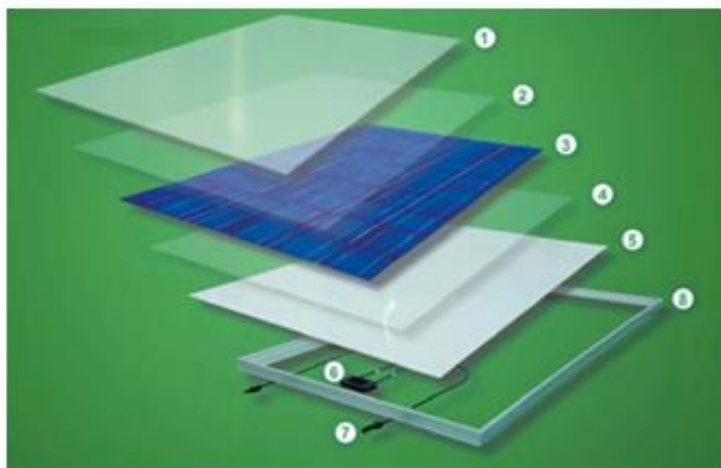
Тайёр фотоэлектрик модул махсус пластик рамасига ёки алюминий профиль рамасига жойлаштирилади. Алюминий профиль монтаждан сўнг ҳимоя диодларига, улаш кабелларига эга коммутацион қути модулнинг орқа томонига клемма чиққан жойга ўрнатилади (33-расм).



33-расм. А-алюминий каркасни монтаж қилиш; В-клеммали қутини ўрнатиш

Коммутацион қутида жойлашган ҳимоя (шунт) диодлари фотоэлектрик модулни қисман соя ҳосил бўлиши ва ўта қизиш ҳисобига элементларнинг ишдан чиқишини олдини олишга мўлжалланган. Уларсиз ҳамма модул элементлардан бирининг куйиши, ишдан чиқиши ҳисобига яроқсиз ҳолатга келиши мумкин.

Қуёш фотоэлектрик панели (9-расм) қуйидаги қисмлардан ташкил топган:



34-Расм.Қуёш фотоэлектрик панели структураси

1-химоя шишаси; 2-олд ламинация пленкаси (ЭВА - этиленвинилацетат); 3-қуёш элементлари занжиридан ташкил топган фотоэлектрик модул; 4-орқа ламинация пленкаси (ЭВА - этиленвинилацетат); 5-орқа химоя пленкаси (PET – Полиэтилентерефталат (polyethelenerftalate), TPE - Термопластик эластомердан пленка (thermoplastic elastomer film), TPT – тефлон-полиэстер-тефлон (Tedlar-Polyester-Tedlar); 6-химоя диодларидан ташкил топган клеммали қути; 7-коннекторлар; 8-алюминий рама.

ФЭБ тайёрлашнинг механик усули қўйидагича амалга оширилади: ламинацияловчи герметик қопламалар сифатида махсус силикон смолали ёки синтетик кауччик (СКТН - синтетический каучук термостойкий низкомолекулярный, ГОСТ 13835-73) фойдаланилади. Ламинация қилишдан олдин силикон смоласидан ҳаво пуфакчалари вакуум қурилмаси ёрдамида чиқариб юборилади. Бу герметик смола махсус тобланган шишага бир текисликда қуйилади, сўнгра 36 та кетма-кетликдан иборат ҚЭ занжири силикон смола устидан ётқизилади. Шиша ва ҚЭ ўртасида ҳаво пуфакчалари бўлмаслигига ҳаракат қилинади, кейинги жараён қуритиш ҳисобланиб (полимеризация жараёни), 30-35°C ҳарорат бир неча сутка давомида таъминланади. Бунда ҳамма технологик жараёнлар қўлда амалга оширилади. Фронтал томондан химоя қопламаси сифатида ўтказиш коэффиценти ~90% дан юқори бўлган, ҳар хил қалинликдаги МДХ давлатларида ишлаб чиқарилган тобланган шишалар ишлатилади.

ҚЭ силикон смола асосида ламинациялаш			ҚЭ ЭВА пленкаси ёрдамида махсус қурилмада ламинациялаш		
$I_{к.з.}$ А	$U_{xx.}$ В	Пик қувват Вт	$I_{к.з.}$ А	$U_{xx.}$ В	Пик қувват Вт
8,3	23,1	150	9,2	24,1	165,1
Смена давомидаги унумдорлик			Смена давомидаги унумдорлик		
300 Вт			1650 Вт		
Ламинациялаш жараёнида электр энергия харажатлари, кВт час/кун			Ламинациялаш жараёнида электр энергия харажатлари, кВт час/кун		
0			Более 150		

Бир хил қалинликда шишада фойдаланиш ҳолатида ФЭБ параметрлари механик усулда тайёрланган ҳолатда 3-5% га кичиклиги тадқиқотлар натижасида аниқланди. Шунингдек ҚЭ синиш каби ҳолатлар ҳам учрайди ва 6-% ни ташкил этади, бир вақтда силикон смоласининг ҳар хил қалинлиги, бир жинсли эмаслиги сабаб ФЭБ ток кўрсаткичи бўйича параметрларининг тушуви руй беради.

Афзаллиги, электр энергияси узулиш ҳолатларида ҳам лаборатория шароитида тайёрлаш мумкин. Қуйидаги 1-жадвалда ўлчамлари 156x156 мм² бўлган ҚЭ ламинациялашнинг 2 усулда тайёрлашдаги ФЭБ параметрлари келтирилган.

1-жадвалдан кўриниб турибдики, 2-ҳолатда тайёрланган текстура юзага эга модулдаги қисқа туташув токи 9 А дан юқори, салт юриш кучланиши эса 24 В дан ортиқни ташкил этади.

4.2§. Аморф ва кристалл қуёш фотоэлектрик панелларни таққослаш

Юпқа қатламли қуёш элементлари қуйидаги асосий турларда бўлади:

- 1).Аморф кремний (a-Si) ёки юпка қатламли кремний (TF-Si);
- 2). Кадмий-теллур асосида (CdTe);
- 3). Диселенид галлий-мис-индий(CIS или CIGS);
- 4). Органик қўшилмали синтетик материаллар асосида (dye-sensitized solar cell);

Юпка қатламли ҚЭ ўзига қуйида олти қатламни бириктиради. Шаффоф қопламадан иборат антиаксланувчи қатлам, сўнгра *p*- ва *n*-тур яримўтказгичлар, контакт қатлами ва таглик. Юпка қатламли ҚЭ иш жараёни худди кристалл ҚЭ каби бир хилдир.

Умумий ҳолатда юпка қатламли қуёш фотоэлектрик модуллари таннархи кристалл модулларга қараганда арзондир, бу тайёрлаш технологиясининг соддалиги, кремний сарфининг камлиги билан изоҳланади. Аммо амалда нархлар ўртасида унча тавофут йук, чунки охирги йилларда кристалл фотоэлектрик модулларнинг нархи сезиларли арзонлашди.

Иккаласининг ҳам тайёрлаш технологияси ривожланмоқда, нархларидаги фарқ ҳам камаймоқда. Юпка қатламли қуёш фотоэлектрик модуллари одатда шишанинг икки қатламидан фойдаланилмоқда, шунинг учун бир хил қувватда бўлса ҳам ҳатто қиммат туриши мумкин.

Юпка қатламли қуёш фотоэлектрик модулларининг бошқа турида яримўтказгичли қатлам эгилувчан асосга учириниш йули билан ҳосил қилинади. Бундай модуллар енгил ва уларни осонлик билан эгиш мумкин. Одатда улар кўчма тизимларда ва мураккаб шаклли ҳолатларда фойдаланилади. 12-жадвалда бу икки технологиянинг қисқача таққослаш ҳолати келтирилган.

12-жадвал

Параметр	Кристалл модуллар	Юпка қатламли модуллар
Технологиянинг ҳар хил кўриниши	Монокристалл кремний (c-Si). Поликристалл кремний (pc-Si/ mc-Si).	Аморф кремний (a-Si). Кадмий теллур (CdTe). Диселенид галлий-мис-индий(CIS ёки CIGS). Органик элементлар (OPV/ DSC/ DYSC).
Максимал қувват нуқтасидаги кучланишнинг салт юриш кучланишига	80%–85%	72%–78%

нисбати U_p / U_{xx}		
Ҳарорат коэффициентлари (юқори атроф муҳит ҳароратларида ҳарорат коэффициентининг кичик қиймати яхши кўрсаткич)	(-0,4%/градус, -0,5%/градус) дан юқори	(-0,1%/градус, (-0,2%/градус) дан кам
Вольт-ампер характеристикасининг тўлдириш коэффициенти	73%–82%	60%–68%
Модул конструкцияси	Алюминий профил асосидаги рама	Рамасиз, иккиталик шиша орасида –нархи арзон, вазни юқори, эгиловчан асосда енгил, арзон
Модул ФИК	15-19%	4-12%
Оммабоп қўлланилиши	Аҳоли яшайдиган уйлар, савдо объектлари, тармоққа генерациялаш	Аҳоли яшайдиган уйлар, савдо объектлари, тармоққа генерациялаш
Талаб қилинаётган майдон	150 Вт/м ² атрофида	Шу қувват учун 50% гача кўпроқ майдон талаб қилиниши мумкин

Кристалл ва юпқа қатламли фотоэлектрик модулларининг бир биридан фарқланиши уларнинг ФИК сабаблидир, шунингдек кристалл фотоэлектрик модулларнинг яроқлилиқ муддати ҳам каттадир. Кристалл модулларни ўрнатиш учун ҳаражатлар ҳам кам сарфланади ва деярли икки марта кам майдон ишлатилади.

Кристалл фотоэлектрик модулларнинг камчилигига бошланғич материалнинг юқори нархи, унинг мўртлиги ҳисобланади. Юпқа қатламли модулларни ўрнатиш монтажчилардан юқори малака талаб қилади. Аммо таъкидлаб ўтиш керакки, реал шароитларда аморф кремний моно ва поликристалл қуёш модулларига нисбатан кўпроқ энергия ишлаб чиқаради. 13-жадвалда моно ва поликристалл қуёш фотоэлектрик модулларини баъзи қиёслаш натижалари келтирилган.

Параметр	Монокристалл кремнийли модул	Поликристалл кремнийли модул
ҚЭ кристалл структураси	Ҳамма кристалллар битта йуналишда ориентацияланган, кристалл доналари параллел	Ҳамма кристалллар ҳар хил йуналишда ориентацияланган, кристалл доналари параллел эмас
ҚЭ ишлаб чиқариш технологияси	Монокристалл кремний цилиндрлари пластиналарга кесилади, сўнгра квадрат шаклда яна кесилади	Тўғри тўртбурчак шаклдаги поликристалл ишланмалар пластиналарга кесилади
ҚЭ тайрлаш ҳарорати	1400 °С	800–1000 °С
ҚЭ шакли	квазиквадрат, квази тўғри тўртбурчак	Тўғри тўртбурчак, квадрат
ҚЭ қалинлиги	≤300 мкм	300–500 мкм
ҚЭ ФИК	15%–23%	12%–17%
ҚЭ параметрлари барқарорлиги	Юқори барқарорлик	Юқори барқарорлик, аммо монокристалл кремний элементларидан кичик
Фотоэлектрик модул таннари	Нисбатан юқори	Нисбатан юқори, аммо монокристалл кремний элементларидан арзон

4.3§. Қуёш фотоэлектрик панеллари яроқлилик муддати

Қуёш фотоэлектрик модуллари кўпгина қурилмаларда дала шароитларида узоқ йиллар синовдан ўтказилди. Амалиёт шуни кўрсатдики, моно-поликристалл кремний асосидаги ФЭБ яроқлилик муддати 25 йилдан ортади.

Дунёда мавжуд ФЭБ конструкцияларининг ҳаммаси, материаллар ва қуёш модулларини тайёрлаш технологиясига қараб тропик иқлимларда 20 йил, муътадил иқлим шароитларида 25 йил бўлиб яроқлилик муддатининг охириги йилларида қувват йукотилиши 25% гача камайиши мумкин. Сабаби шиша қопламаси ва оптик полимер герметик материал —этиленвинилацетатнинг

ультрабинафша ва ҳарорат деградацияга учрашидир. Модуллар тайёрлашда фойдаланиладиган ламинация технологияси вакуум печиди 150 °C гача қизитиш ва 1 МВт қувватда қуёш модуллари тайёрлаш учун 80 000 кВтсоат электр энергияси ҳаражатларини талаб қилади. РФ Қишлоқ хўжалигини электрлаштириш умуммиллий тадқиқот институти олимлари томонидан таклиф қилинган янги технологияда этиленвинилацетат ва ламинация технологияси бутунлай янги силиконли композиция асосидаги полисилоксан гел билан ламинациялаш технологиясига алмаштирилган. Унга кўра ФЭБ яроқлилиқ муддати икки марта (40-50 йил) га ортади, бунда ҚЭ ишчи ҳароратининг камайиши ва гел юқори шаффофлиги ҳисобига электр қуввати ҳам ортади, модулни тайёрлаш учун энергия ҳаражатлари 70 000 кВтсоат/МВт га камаяди. Бундан ташқари яроқлилиқ муддатининг 2 марта ортиши 1 МВт пик қувватли ФЭС учун электр энергия ишлаб чиқаришни 20 млн. кВтсоатга оширади.

Шундай қилиб монокристалл кремнийли фотоэлектрик модуллارнинг реал яроқлилиқ муддати 30 йилга яқин. Поликристал кремнийли модуллар 20 йил ва ундан ортиқ муддат ишлайди. Аморф кремний асосидаги модуллар 7 йил яроқлилиқ (биринчи авлод юпқа қатламли технология), 20 йилгача (юпқа қатламли технологиянинг иккинчи авлоди) ташкил этади. Юпқа қатламли модуллар эксплуатациянинг биринчи икки йиллигида одатда 10% дан 40% гача қувват йуқотилади, шунинг учун фотоэлектрик модур бозорида 90% ортиғини кристалл кремнийли ФЭБ ташкил этади. Қуёш фотоэлектрик модуллариининг параметрларининг ёмонлашиши ва муаммолари қуйидаги сабаблар туфайли юзага юзага келади:

1) **ҚЭ сифати.** ҚЭ самарадорлиги кўпгина параметрларнинг тўпламига боғлиқ: шунт ва кетма-кетлик қаршилигига, шовқинли тоқларга, тесқари қаршилиқга, ҳароратга, чангланиш ва бошқалар. Кўпгина омиллар ҚЭ ишлаб чиқариш сифатига ва ундан материаллар, жиҳозлар тайёрлашга боғлиқ. Ишлаб чиқаришнинг ҳар бир босқичларида контакт ўтказиш, флюс сифати, микроёриқларни ҳисобга олиш зарур.

2) **ҚЭ пайвандлаш сифати.** ҚЭ да сифатсиз пайвандлаш олиб борилганда (яъни контакт қисмларида локал ўта қизиш, қуйиш) яроқлилиқ муддати камаяди. Фақат автоматлаштирилган

технологияда ҚЭ робот томонидан пайвандланганда сифат бир мунча яхши бўлади.

3) **Этиленвинилацетатной (EVA) нинг сифати.** Бу пленка шиша ва элементлар ўртасида жойлашади, ҚЭ эскириши асосан бу пленканинг хиралашиши ва ишдан чиқиши билан боғлиқ. Сифатсиз пленка бир неча йилдан сўнг оптик хусусиятлари ёмонлашиб, хиралашиб қолиши мумкин. Яхши пленка 30 йилгача хизмат қилиши мумкин.

4) **Модулни герметизациялаш сифати ва орқа ҳимоя пленкаси.** Орқа ҳимоя пленкаси модулга намлик киришини олдини олади. Исталган модулда пленка бўйлаб намлик диффузияси содир бўлади. Агар пленканинг сифати яхши бўлса панел ичига кирган намлик очик ҳаво бўлганда қизиб ташқарига чиқиб кетади. Агар пленка сифатсиз бўлса кўпроқ намлик кириб ҚЭ фронтал юзасидаги турли контакт, омик контактларда каррозияни чақириши мумкин.

5) **Алюминий раманинг сифати.** Сифатсиз алюминий профили ишлатилганда рама оксидланиш содир бўлиб каррозия юзага келади. Айрим ҳолатларда (модулар мачталарга ўрнатилганда, кучли шамол юкланмаларида металл каррозиясининг кучайиши сабаб) модулар парчаланиб кетиши мумкин.

Фотоэлектрик тизимнинг бошқа компонентлари ҳар хил яроқлилиқ муддатига эга: аккумулятор батареялари 2 йилдан 15 йилгача, электроник жиҳозлари 5 йилдан 20 йилгача бўлиши мумкин.

4.4§. Қуёш фотоэлектрик батареялари самарадорлигига атмосфера таркибидаги чангланганлик концентрациясининг таъсири

ФЭС одатда тўпроғининг унумдорлиги паст бўлган ярим чўл ва чўл ҳудудларида ўрнатилади. Атроф муҳит ҳароратининг юқори кўрсаткичи, шунингдек ФЭБ юзасига чанг қатламининг ўтириб қолиши сабабли ФЭС да ҚЭ нинг самарадорлиги кескин камаяди. ФЭБ ва Қуёш концентраторлари, гелиостатлар юзасида чангланганлик концентрацияга қараб самарадорлик 10% дан 50% гача камайиб кетади.

Ўзбекистон ҳудудида ҳам учта вилоят чангланганлик эррозияси билан зарарланган: Қашқадарё вилояти, Сурхандарё вилоятининг жануби-шарқий қисми, Фарғона вилоятининг ғарбий қисми.

Ўзбекистоннинг сўғориладиган Ерларида Фарғона ва Зарафшон водийларида ҳам чанг эррозияси тарқалган. Чанг эррозиясининг салбий таъсири бу ҳудудда атмосфера ҳавоси таркибида чангланганлик концентрациясининг ортиб кетиши ҳисобланади. Республика ҳудудларида чанг ва тузларнинг асосий кўчиб юриш ўчоғи юза қисми тузли кўллардан иборат Орол денгизининг қуриган қисми ҳисобланади.

Ўзгидромет илмий тадқиқот институтининг олиб борган таҳлилига кўра чўл ҳудудларида йилига 9 т/га, сўғорилиб деҳқончилик билан шуғулланадиган ҳудудларда йилига 0,1-1,2 т/га ташкил этган.

Метрологияда қабул қилинишича ёғин миқдори ўлчов бирлиги (ёғин массасининг бирлик юзага тушиши, яъни г/см^2) ФЭБ нинг асосий характеристикаларига ҳеч қандай боғлиқ эмаслиги аниқланди, шу сабабга кўра ФЭБ юзининг ифлосланиши даражаси критерияси сифатида фойдаланиб бўлмайди. ФЭБ ойнаси юзининг атмосфера ёғинлари билан ифлосланиш даражаси критериясига зарурат туғилади. ФЭБнинг асосий техник ва иқтисодий характеристикаси унинг иш самарадорлиги (ФИК) бўлганлиги учун, ФЭБ ойнаси юзининг ифлосланиш критерияси сифатида унинг ФИК нинг нисбий ўзгариши катталигини киритамиз:

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

η_1 - (чангланган ойнада) ФЭБнинг эксплуатация вақтининг, қандайдир вақтидаги ФИК; η_0 - (тоза ойнада) эксплуатация бошланишидан олдинги ФЭБ нинг ФИК. Агар ҚЭ ФИК формуласидан фойдалансак ифода:

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

Унда (81) қуйидагича ёзиш мумкин:

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

бу ерда $j_{sc,1}$ – қисқа туташув токи зичлиги, $j_{sc,0}$ – салт юриш кучланиши, ff - вольт-ампер характеристикасининг тўлдириш коэффиценти, W - ҚН оқими зичлиги, S – ҚЭ юзаси. Қисқа туташув

токи зичлигининг ҚЭ га ва антиакслантирувчи қатламдаги ойнанинг оптик хусусиятига боғлиқлиги қуйидаги кўринишда бўлади:

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

q-электрон заряди, h- Планк доимийси, c-ёруғлик тезлиги, λ - ҚН тўлқин узунлиги, $E(\lambda)$ - ҚН энергияси оқим зичлигининг спектрал тақсимоти, $T(\lambda)$ - шишанинг ўтказиш коэффиценти, $Q(\lambda)$ -йиғиш коэффиценти, $R(\lambda)$ - Шиша- антиакслантирувчи тизимнинг акслантириш коэффиценти, $\lambda_1 \lambda_2$ –ҚЭ спектрал сезувчанлик соҳасининг чегаралари. Шундай қилиб спектрнинг қуёшли соҳасида (0,4-2,55мкм) шишанинг синдириш кўрсаткичи дисперсияси сезиларсиз бўлгани учун (89) даги ўтказиш коэффицентини ўртача қиймат билан алмаштириб, интегралдан чиқарсак, унда (88) қуйидагича ёзилади:

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

бу ерда T_0 , T_1 – тоза ва ифлосланган шишаларнинг ўтказиш коэффицентининг ўртача қийматлари.

ЎзР ФА “Физика-Қуёш” ИИЧБ Физика техника институтида тадқиқот олиб борилиб 4.06.2014 дан 24.09.2014 йил вақт оралиғида Тошкент шаҳри марказидаги кўчаларга ўтказиш коэффиценти 88,6% бўлган учта шиша жойлаштирилди.

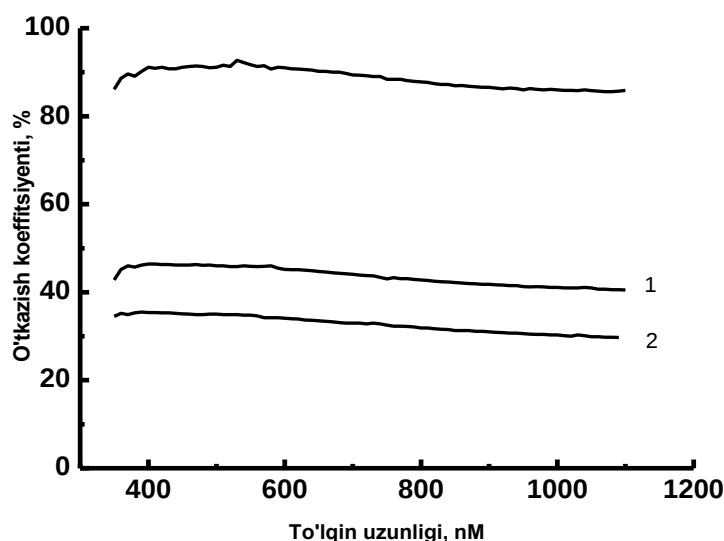
Бу учта шишанинг фотопластинканинг ёруғлик ўтказиш коэффиценти Lambda EZ-150 спектрофотометрда ўлчанди. Ўлчаш натижалари 35 расмда келтирилган. (90) бўйича ҳисоблаш натижалари 14 жадвалда келтирилган. Тоза пластинканинг ўтказиш коэффицентининг ўртача қиймати 88,6%.

14 Жадвал

Спектр рақами	T, %	γ , %
1	43,6	50,8
2	32,7	63,1

Натижаларга асосланиб хулоса қилишимиз мумкинки, 80 кун ойна юзи тозаланмаса, ФЭБ қуввати ~50% га камаяди. Тадқиқот

давомида Тошкент шаҳри шароитида кузатиш (текшириш) давомида хаво очик, кун тун ҳароратлари максимал яқин бўлганлигини қайд қилиш жоиз, ёғинлар кузатилмади.



35-расм. Тоза фотопластинканинг (рақамсиз) ва кўчада 80 кун (1), 110 кун (2) давомида экспозициядан кейин фотопластинкаларнинг ўлчанган нур ўтказиш спектрлари.

4.5§.Қуёш фотоэлектрик модули ҳароратига конвектив иссиқлик алмашинувининг таъсири

ФЭБ термодинамик модели – термодинамик мувозанатда бўладиган ясси параллел тизим бўлиб чегар элементлари шиша ва химоя пленкаси ҳисобланади. Термодинамик мувозанат ҳолатида ФЭБнинг ҳарорати доимий ва T га тенг.

ФЭБ нинг юзига тушувчи ҚН оқими зичлиги Q_s (аксланишни ҳисобга олганда) хусусий иссиқлик нурланиши оқими зичлиги Q_r ва конвектив иссиқлик алмашинуви зичлиги Q_c йиғиндисига тенг бўлади.

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

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

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

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

бу ерда T_0 – атроф –муҳит (ҳавонинг) ҳарорати; ε_1 -шишанинг нурланиш қобиляти; ε_2 -ЭВА нинг нурланиш қобиляти; σ -Стефан-Болцман доимийси; α -иссиқлик бериш коэффиценти; λ - ҚН тўлқин узунлиги; $R(\lambda)$ -юзанинг аксланиш спектр коэффиценти; $E(\lambda)$ -ҚН оқим зичлиги.

Иссиқлик узатиш коэффиценти учун ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади:

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

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

бу ерда Nu - Нуссельт критерияси (сони) l -характерли узунлик, γ ва ν - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти ва ҳавонинг кинематик ёпишқоқлиги ; ν - ҳавонинг ҳаракат тезлиги.

Қуёш нури спектр диапазонида шиша ёруғлик нури ютилмаслиги сабабли, n - шишанинг синдириш кўрсаткичи катталигини, у ҳолда (94) қуйидагича ёзиш мумкин.

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

Шишада кўп қаррали аксланишларни ҳисобга олганда ўтказиш коэффиценти τ -ифодаси қуйидаги кўринишга келади.

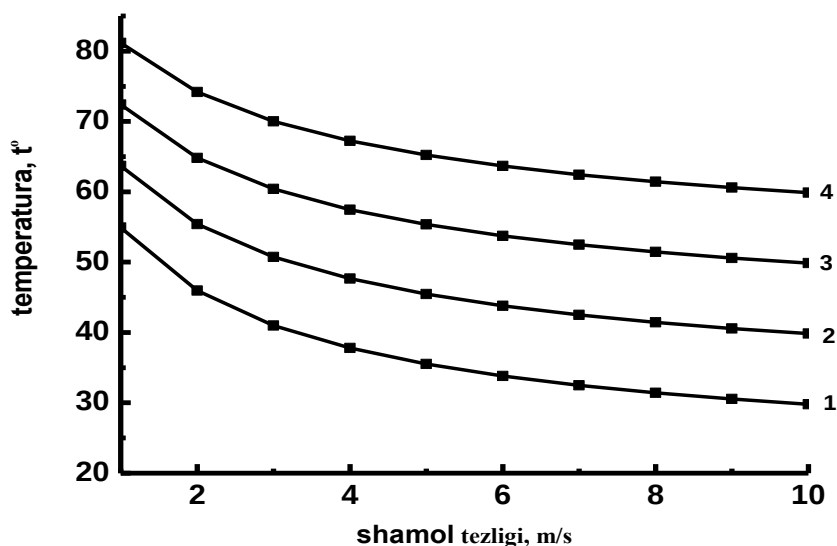
$$\tau = \frac{2n}{n^2 + 1} \quad (98)$$

Синдириш кўрсаткичи 1,48-1,53 бўлган шишалар учун ўтказиш коэффицентининг ўртача қиймати τ -0.92 га тенг. АМ1,5D модели учун $\lambda_1=0,4$ мкм дан $\lambda_2=2,55$ мкм гача ораликда интеграл катталиги 961,0 Вт/м² га тенг. Агар $x=T/T_0$ ўлчамсиз ўзгарувчи киритилса, унда (91) ни (92) -(98) гача бўлган ифодаларни ҳисобга олиб қуйидаги тенглама кўринишида ёзиш мумкин:

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

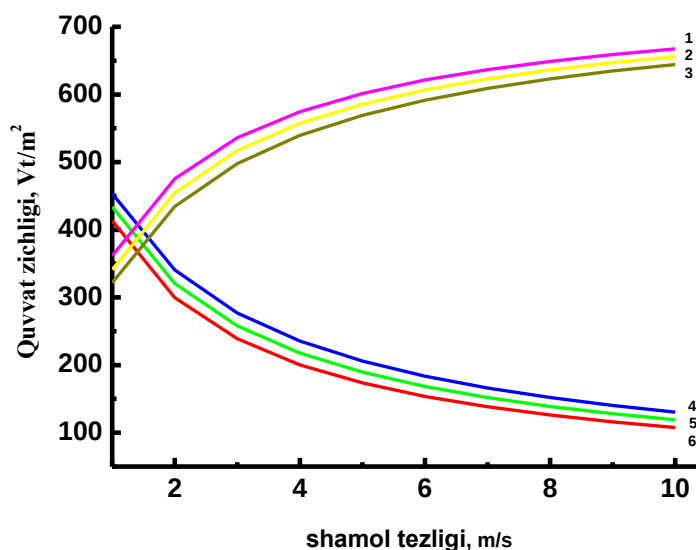
Бошланғич маълумотлар: шишанинг нурланиш қобилияти $\varepsilon_1=0,937$, кремнийда ЭВА пленкасининг нурланиш қобилияти $\varepsilon_2=0,72$ терморadiометр (ТПМ) ёрдамида ўлчанган, γ, ν қийматлари илмий маълумотномалардан олинди.

Атроф-муҳитнинг ҳар хил ҳарорати учун $\eta=16\%$ ФЭБ ҳисобга олиб (99) тенгламанинг учун ечими 36-расмда келтирилган.



1 - 20 °C; 2 - 30 °C; 3 - 40 °C; 4 - 50 °C;

36-расм. ФЭБнинг ҳарорати ўзгаришининг шамол тезлиги ва атроф – муҳит ҳароратига боғлиқлиги



1, 4 - 30 °C; 2,5 - 40 °C; 3,6 - 50 °C.

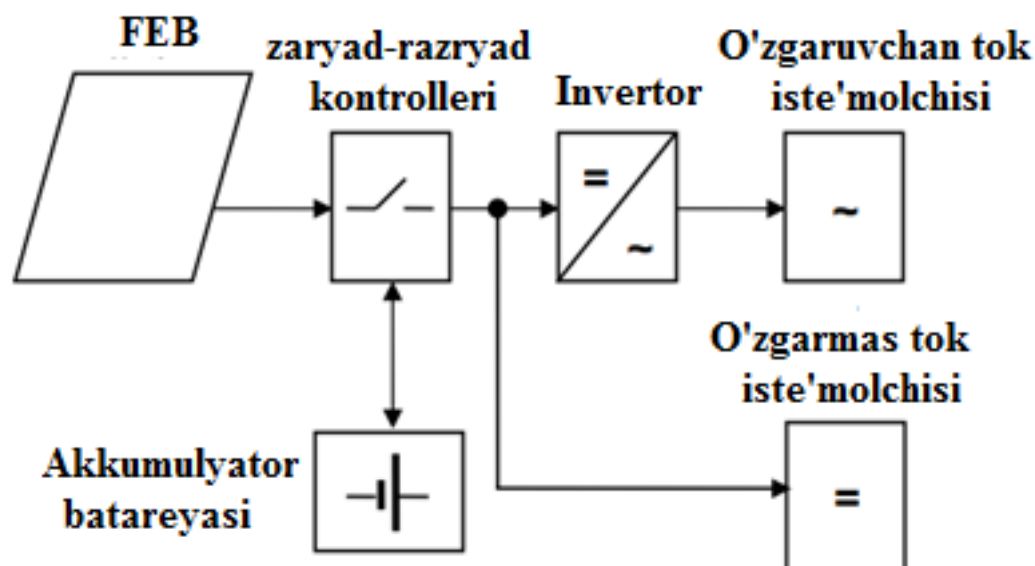
37-расм. Хусусий конвектив иссиқлик алмашинуви ўзгариши (1, 2, 3) ва иссиқлик нурланиши (4,5,6) нинг шамол тезлиги ва атроф – муҳит ҳароратига боғлиқлиги.

Агар атроф-муҳит ҳарорати 30⁰C дан кичик бўлса, ФЭБнинг ҳарорати шамол тезлигига қаттиқ боғлиқ бўлади. Шамол тезлиги 10 м/с га етганда ҳарорат – 40% га камаяди. Бундай ҳолларда Фотоэлектрик иссиқлик қурилмасидан фойдаланиш яхши самара бермайди. Агар атроф-муҳит ҳарорати 30⁰C дан юқори бўлса, шамол тезлиги ортиши билан ФЭБ нинг ҳарорат ўзгариши сезиларсиз (~20%) бўлиб ФЭБнинг самарали ишлаши учун уни совутиш керак бўлади.

37-расмда хусусий иссиқлик нурланиши оқими Q_r ва конвектив иссиқлик алмашинуви Q_c нинг шамол тезлиги ва атроф-муҳит ҳароратига боғлиқлиги ҳисоби натижалари келтирилган. Шамол тезлиги 2 м/с дан кам бўлганда ФЭБ ҳам конвектив, ҳам радиацион иссиқлик алмашинуви ҳисобига совутилади. Шамолнинг 2 м/с дан юқори тезлигида конвектив иссиқлик алмашинуви радиацион иссиқлик алмашинувидан устун бўлади. Комбинациялашган гелиотехник қурилмаларни лойиҳалашда унинг конвектив иссиқлик алмашинуви ҳароратига у фойдаланиладиган ҳудуднинг иқлимий шароитларини ҳисобга олган маъқул.

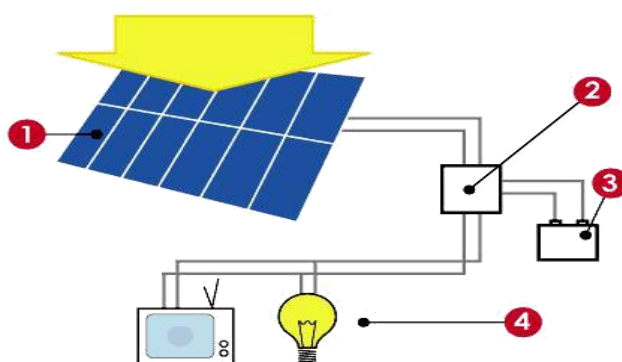
4.6§.Автоном фотоэлектрик станциялар

Электр узатиш линияларидан узоқда жойлашган электр таъминоти учун мўлжалланган қуввати 0,01...100 кВт бўлган содда АФЭС ларнинг структуравий схемаси 38-расмда келтирилган.



38-расм. АФЭС нинг соддалашган структуравий схемаси

Автоном фотоэлектрик тизимлардан марказлаштирилган электр таъминоти мавжуд бўлмаган жойларда фойдаланилади. Сутканинг тунги вақтларида энергия таъминоти ва қуёш яхши нур сочмаган вақтлар учун аккумулятор батареяси (АБ) зарур. Автоном фотоэлектрик тизимлар алоҳида уйларнинг электр таъминоти учун тез-тез қўлланилади. Кичик тизимлар асосий юклamani таъминлаши мумкин (ёритиш манбаи, баъзан телевизор ёки радио), ўта қувватли тизимлар сув насоси, радиостанция, музлатгич, электрожиҳозлар ва бошқалар. Бундай тизим қуйидагилардан ташкил топган (39-расм).



39-расм. Автоном фотоэлектрик тизим:

1 – қуёш панели; 2 – контроллер; 3 – АБ; 4 – юклама

Таянч конструкция

Қуёш фотоэлектрик тизимлари муҳим қисми сифатида қуёш панеллари учун қўллаб қувватловчи конструкция хизмат қилади. У ҳамма тизим учун зарурий мустаҳкамлик ва қуёш панели учун тўғри қиялик бурчагини таъминлайди. Қуёш панели билан таянч конструкциянинг бирикуви ҳар хил шамол тезликларига ва бошқа атроф муҳит таъсирларига бардошли бўлиши керак.

Йирик фотоэлектрик тизимлар учун кичик нусхадан саноат даражадаги нусхасигача тайёрланадиган конструкцияларнинг турли хиллари мавжуд. Бундай конструкция металлдан ёки синтетик материалдан тайёрланади. Фотоэлектрик тизимларни ўрнатиш вақтидаги ҳолатга қараб таянч конструкцияларнинг турли хил турлари мавжуд. Тармоқ билан боғланган тизимлар учун таянч конструкцияларнинг ясси ёки томда кичик бурчак остида, шунингдек уй фасадлари учун турлари мавжуд. Тармоқ билан боғланган тизимлар бино конструкциясининг элементи ҳам бўлиши мумкин (интеграциялашган қуёш тизимлари)

Заряд-разряд контроллерлари

Автоном фотоэлектрик тизимларда заряд-разряд контроллерлари ортқча энергия сарфи бўлганда аккумулятор батареясини (АБ) чуқур разряддан ҳимоя қилиш ва АБ тўлиқ заряд ҳолатида қуёш панели электр энергия генерация вақтида АБ ни қайтадан зарядланиш ҳолатидан асрайди. (40-расм). Заряд-разряд контроллерида фойдаланишда афзалликларидан бири шуки, АБ разряд ҳолатида юкклани дарҳол узади. Одатда фотоэлектрик тизимлар заряд-разряд контроллерлари билан таъминланади. Шунинг учун юклама ҳеч қачон тўғридан тўғри АБ га уланмайди, бунда АБ ишдан чиқиши мумкин.



40-расм. Заряд-разряд контроллерлари

Кенг –импульсли модуляцияли заряд токига эга контроллерлар

Оддий контроллерлар АБ кучланиш 14,4 В га етганида энергия манбаи (куёш батареяси) ни узади (АБ номинал кучланиш 12 В). АБ да кучланиш $\approx 12,5\text{--}13$ В га камайганида куёш панели қайтадан уланади ва заряд АБ да тикланади. Шунинг учун АБ максимал разрядланиш даражаси 60–70% ни ташкил этади. Мунтазам равишда тўлиқ зарядланиш бажарилмаса, АБ нинг яроқлилик муддати камаяди.

Замонавий контроллерлар заряднинг тугаш босқичида кенг импульс модуляцияли заряд токи (КИМЗТ) деб номланадиган жараёндан фойдаланилади. Бунда АБ заряди 100% гача зарядланади. 41- расмда куёш панели ёрдамида АБ зарядлашнинг 4 та босқичи кўрсатилган.

1). Максимал ток билан зарядлаш. Бу босқичда АБ куёш панелидан келаётган ҳамма токдан фойдаланади.

2). КИМЗТ дан фойдаланиш. АБ да кучланиш аниқ сатҳга чиққанида контроллер доимий кучланиш билан КИМЗТ ҳисобига таъминлай бошлайди. Бу АБ да газ ажралиб чиқиши ва ўта қизишни олдини олади. АБ зарядланиш сатҳига қараб ток камайиб боради.

3). Тенглашиш. Кўпгина суюқ электролитга эга АБ газ ҳосил бўлишигача даврий зарядланиш давомида иш жараёни яхшиланади, электролит аралашиб пластиналар тозаланади, АБ ҳар хил банкаларида кучланиш тенглашади.

4). Таянч заряд. АБ тўлиқ заряд ҳолатида бўлса ҳам, заряд кучланиши батареяда газ ажралиб чиққанда ёки унинг қизиши вақтида камаяди, бу вақтда АБ заряд ҳолатида ушлаб турилади.



41-расм. Қуёш панелидан АБ зарядлашда босқичлар

Максимал қувват нуқтасини кузатишга мўлжалланган контроллерлар

Қуёш батареялари ишлаб чиқараётган энергия миқдорини ошириш керак бўлса, қўшимча қуёш панеллари қўшмасдан ҳам оддий контроллерни махсус «Maximum Power Point Tracker» (MPPT) деб номланадиган қуёш батареясида максимал қувватни (ТММ) кузатишга мўлжалланган контроллер билан алмаштириш керак.

MPPT-контроллер қуёш батареясидаги кучланиш ва токни доимо кузатиб боради, унинг қийматларини купайтириб, қуёш батареяси қуввати максимал бўлгандаги ток кучланиш жуфтлигини аниқлайди. Ўрнатилган процессор АБ нинг заряд босқичини кузатади (тўлиши, ўта тўйиниши, тенглашиш, таянч) ва шу асосида унга қандай миқдордаги ток берилишини аниқлайди. Процессор бир вақтда таблодаги параметрлар индикациясига ҳам команда беради (маълумотларни сақлаш ва бошқ.)

Максимал қувват нуқтаси ҳар хил усуллар билан ҳам ҳисобланиши мумкин. ТММ ни қидирув усуллари ҳам ҳар хилдир.

1). Одатда «Perturb and Observe» усулидан фойдаланилади. Яъни қуёш батареясининг вольт-ампер характеристикасини ТММ билан даврий равишда тўлиқ сканерлаш (2 соатда 1 марта) олиб борилади. Навбатдаги сканерлаш жараёнигача контроллер қидиришда давом этиб, қуёш батареясининг қувват тебранишини ҳисоблайди ва агар унда қувват катта бўлса янги ишчи нуқтага, янги кучланишга силжитади. Амалий жиҳатдан ҳамма контроллерларда ушбу усул қўлланилади.

Унинг камчилики шундан иборатки, доимо ўлчаш ишларини олиб бориш ва бу вақтда панелдан келаётган энергиянинг узилиши ҳисобланади. Ҳар хил ишлаб чиқарувчилар қуёш батареяси максимал қувват нуктасини оптимал кузатиш учун Қуёшдан келаётган оптимал миқдордаги энергияни частота итерациялари, тўлиқ сканерлаш даврийлиги ва қидирув чуқурлиги параметрларини танлашади.

2). Иккинчи усул. – «Scan and Hold». Биринчи сканерлаш жараёнидан сўнг топилган нукта даражасида кучланиш аниқланади ва навбатдаги тўлиқ сканерлаш ҳолатигача ушлаб турилади. Бундай усул қуёш панелида соя ва булутлар пайдо бўлмаганда яхши ҳисобланади. Афзалликлари – ишнинг юқори тезлиги, ўлчаш жараёнида генерация вақтида узилишлар бўлмайди.

3). Учинчи усул – «Percentage of open circuit voltage». Салт юриш кучланиши ва ($U_{xx} \cdot k$) даражасидаги ишчи нукта ўлчанади. Бу ерда k - 0 дан 1 гача бўлиши мумкин (k -0.8). Нукта навбатдаги сканерлаш жараёнигача ушлаб турилади. Бундай усул панелларда соя тушиши ва булут бўлмаган ҳолатлар учун яхшидир. Афзалликлари – ишнинг юқори тезлиги, ўлчаш вақтида генерацияда узилишлар бўлмайди.

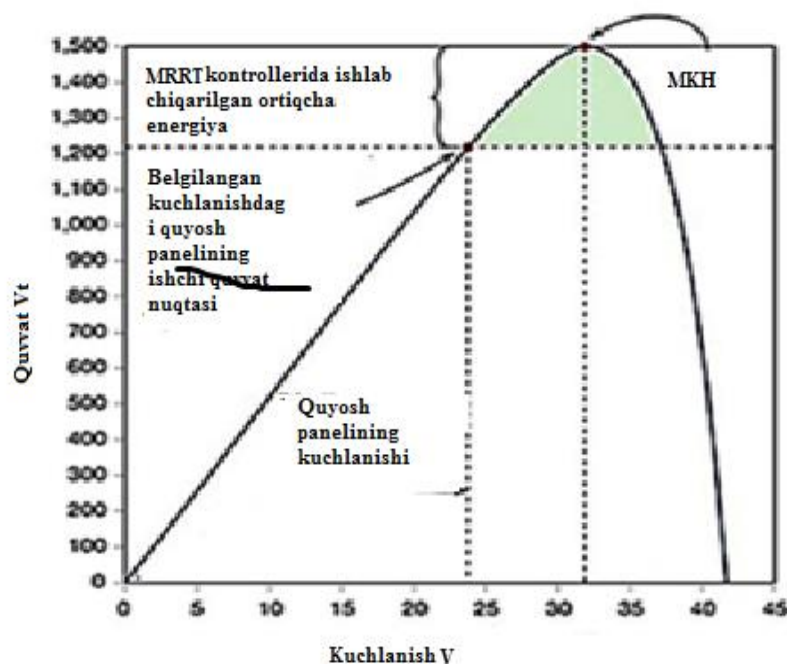
4). Тўртинчи усул – ишчи нуктани қатъий равишда танлаш. Контроллер қўллаб турадиган исталган кучланиш белгиланади. У ҳеч қандай ўлчаш ва ҳисоблашларни бажармайди, доимо ишлаб туради. Камчиликлари – танланган кучланиш ҳақиқий ТММ дагидан узок бўлиши мумкин. Аммо, аниқ маълум бўлса қандай кучланишда батарея максимал қувват ишлаб чиқаради ва қуёш батареяси амалиётда доимо очик ҳавода ишлаганда ушбу усулдан фойдаланган маъқулроқ.

Тизим ишга туширилганда контроллер қўллаб турадиган кучланиш берилади, яъни у қуёш батареясининг аниқ параметрлари бўйича ҳисобланади.

ТММ нинг ҳолати панелларнинг ёритилганлигига, ҳароратига, фойдаланадиган панелларнинг ҳар хиллигига ва бошқ. боғлиқдир. Контроллер даврий равишда ўтган босқичдаги нуктадан “ўзгаришга” ҳаракат қилади, бунда қуёш панелининг қуввати кўтаралиши лозим, шунда у янги нуктадаги ишга ўтади. Назарий жиҳатдан олганда, ТММ ни қидириш вақтида бир оз энергия йуқотилади, лекин бу энергия қўшимча равишда МРРТ-контроллер таъминлаган энергия билан таққослаганда жуда ҳам камдир. Қўшимча равишда олинган энергияни бу ҳолатда аниқлаш жуда қийиндир. Қўшимча равишда

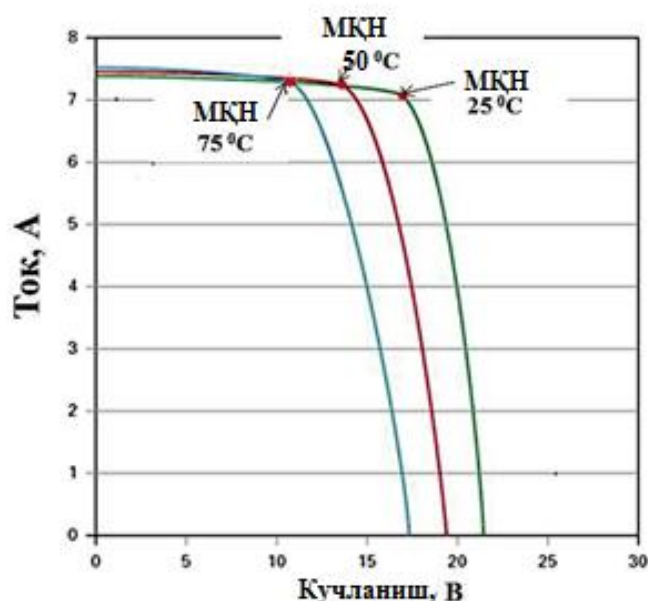
ишлаб чиқариш жараёнига таъсир қилувчи омиллар бўлиб ҳарорат ва АБ зарядланиш даражаси сабаб бўлади.

Ишлаб чиқариш жараёнига энг кўп ҳисса асосан, панелларнинг паст ҳароратларида ва разрядланган АБ содир бўлади.



42-расм. МРРТ – контроллердан фойдаланганда қўшимча равишда олинган энергия миқдори

Максимал қувват нуқтасида қуёш панелининг кучланиши панелнинг ҳар хил ҳарорат катталикларида ўзгаради (42- расм). Қуёш панели қанчалик қизиса, кучланиши камайиб қуёш батареясининг ишлаб чиқариш самарадордлиги ҳам кам бўлади. Қандайдир вақтларда ТММ нинг катталиги АБ даги кучланишдан ҳам кичик бўлиши мумкин, бу ҳолатларда оддий контроллер билан таққослаганда ҳеч қандай ютуқ бўлмайди. Бу қуёш батареясига қисман соя тушган вақтларда юз беради. МРРТ-контроллерларнинг жорий нархи уларни 200 Вт қувватдан бошлаб қуёш панелларида ёки ностандарт кучланишланишга эга панелларда қўллаш имконини беради.



43-расм. Панел ҳароратига боғлиқ равишда максимал қувват нуқтасида қуёш панели кучланиши

Фотоэлектрик тизимлар учун инверторлар

Инверторлар АБ да доимий токни ўзгарувчан токка ўзгартириш ёки қуёш панелларида доимий токни марказий электр таъминоти тармоқларидаги аналог ток каби ўзгартиради.

Тармоқ билан боғланган тизимларда инверторлар (тармоқ инверторлари) қуёш панелларидан энергияни қабул қилиб уларни ўзгарувчан токка айлантиради, сўнгра тармоққа ҳам узатади.

Кўпчилик қуёш панеллари доимий ток ишлаб чиқаради. Интеграциялашган инверторлар билан қўлланиладиган панеллар ҳам бўлиб улар микроинверторли АС панеллар деб номланади (44-расм).



44- расм. Қуёш панелининг орқа томонида микроинвертор

Уларнинг афзалликлари шундаки, осон созлаш, бундай панелларни фотоэлектрик тизимга осон қўшиш йули билан масштабини кенгайтириш имкониятидир. Бундай инверторлар фақат тармоқ билан боғланган тизимларда ишлатилади.

Автоном тизимларда стандарт маиший қурилмаларни 220 В ўзгарувчан кучланиш билан таъминлаш учун АБ ёки қуёш панелларидаги токни ўзгартириш лозим бўлади.

Шунингдек, резерв тизимларда ҳам ушбу муаммо – АБ даги доимий токни ўзгартириш ва одатий жиҳозларни таъминлаш. Кўпгина инверторлар мавжуд бўлиб улар қуввати ва турлари билан фарқланади. Улардан баъзилари – юқори самарадорикка эга. Агар инвертор кўп ҳолларда юкламасиз бўлса, кутиш режимида истеъмол қилинадиган кичик қувватни бериш керак. Агар у кўп ҳолларда юкламани таъминлайдиган бўлса, унда максимал ФИК га эга инвертор танлаш керак бўлади.

Қуёш панели домий ток ишлаб чиқаради, АБ эса доимий ток кўринишида энергияни сақлайди, лекин кўпчилик жиҳозлар 220 В ёки 380 В ўзгарувчан ток кучланишини талаб қилади. Инвертор домий токдаги кичик кучланишлар 12, 24, 32, 36, 48, 96, 120 В ни юқори кучланиш 220 В га ўзгартириб беради. Ўзгартириш вақтида энергиянинг бир қисми йўқолади, яъни 5% дан – 20 % гача, бу эса унинг иш режими вақтида сифатининг даражасига боғлиқ бўлади.

Инверторлар ҳар хил қувватда бўлиб уларнинг тури қўллаш ҳолатига қараб танланади. Кичик автоном тизимларда камқувватли инверторлар (100-1000Вт) телевизор, радио, лампочкалар ва бошқа жиҳозларни таъминлаш учун фойдаланилади. Бу инверторларда кириш кучланиши 12 В ёки 24 В чиқиш кучланиши эса 220 В

бўлади. Катта қувватли инверторларда кириш кучланиши 24 В, 48 В ёки 96 В ёки юқори бўлиши мумкин. Арзон иинверторлар генерация вақтида энергияни босқичли ёки тўғри тўртбурчакли шаклда ёки умумий ном билан квазисинусоидал ёки модификациялашган синусоида сигнал шаклида ўзгартиради. Кучланишнинг бундай шакли ҳар доим ҳам ҳамма жиҳозларга тўғри келмайди. Соф синусоидал инверторлар тармоқдаги каби сифатли ток каби исталган юклamani муаммосиз таъминлай олади.

Замонавий инверторлар функцияси

- Ўлчаш. Инвертор дисплейида кучланиш, ток, частота ва қувват тасвирланади.
- Генераторни автоматик қўшиш имконияти. Инверторда АБ кучланишга боғлиқ равишда резерв генераторни тўхтатиш ёки автоматик қўшиш учун қўшимча реле мавжуд. Бу функция кўпчилик ҳолларда инверторга алоҳида блок кўринишида бириктирилади. Замонавий инверторлар тармоқдан АБ аниқ вақтда зарядлай олиш мумкин, генераторни қўшиш кундузи бажарилиши мақсадга мувофиқ (шовқин туфайли).
- Тармоқ билан параллел ишлай олиши. Тармоқ инверторлари тўғридан тўғри қуёш батареясида энергияни АБ сиз тармоққа ўзгартириб йуналтиради. Бу анчагина тизимнинг таннарини камайтиради, яъни электр энергиясини арзонлаштиради.
- Ўрнатилган заряд қурилмаси. Бундай инверторлар генератордан ёки тармоқдан фойдаланиб АБ ни зарядлаши мумкин. Бир вақтда улар энергияни бевосита истеъмолчиларга ҳам узатиши мумкин.
- Параллел улаш. Баъзи инверторлар қувватни ошириш учун параллел уланиши ҳам мумкин.

Автоном ФЭС асосий камчилиги шундаки кичик юкланма режимларида ортиқча энергиянинг кўп йуқолиши ҳисобланади. Кўпчилик стандарт автоном фотоэлектрик станцияларда аккумуляторлар тизими зарядланиб бўлинганидан сўнг ФЭБ узиб қуйилади. Ортиқча энергия энергияни балласт қаршиликларида ҳаво ёки сувни қиздириш учун фойдаланиш мумкин, бу эса генерация қилинган энергиядан мақсадли фойдаланишни билдиради, аммо муаммо ҳанузгача ечилмаяпти.

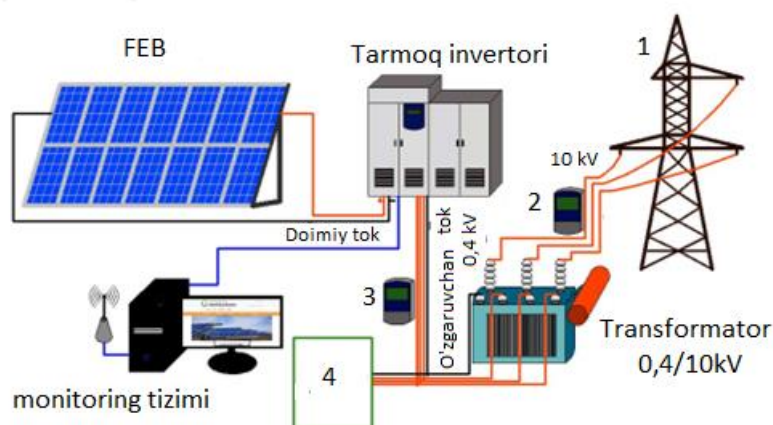
Автоном ФЭС нинг жиддий камчилиги циклик режимда ишлайдиган АБ фойдаланиш зарурияти ҳисобланади. Энг кўп тарқалган кўрғошин-кислотали АБ ишчи цикли (1500-2000) дан кўп эмас, шунинг учун уларни тезда алмаштириш лозим бўлади. Катта яроқлилиқ муддатига эга саноат аккумуляторларидан фойдаланиш (масалан, никель-кадмийли ёки литий-ионли) энергетик тизимни куришда катта капитал молиявий маблағларни ошишига сабабчи бўлади.

Бундан ташқари шуни назарда тутиш керакки, АБ ҳам энергия йуқотилиш бўлади. Аккумуляторларда заряд-заряд жараёнлари самарадорлиги ~90% атрофида бўлиб у вақт ўтиши билан эскириб боради.

4.7§. Локал электр тармоғи билан интеграллашган фотоэлектрик станциялар

ФЭС лардан электр тармоғи мавжудлигида фойдаланиш автоном ФЭС даги камчиликларни бартараф этишга ёрдам беради. Моҳиятан электр тармоғи 100% ФИК га эга ҳамма ишлаб чиқарилган ортиқча энергияни қабул қилувчи катта аккумулятор ҳисобланади.

“Тармоқ” ФЭС нинг структуравий схемаси 45-расмда келтирилган.



45-расм. Электр тармоғи билан интеграллашган ФЭС нинг структуравий схемаси

1-Ташқи электр тармоғи; 2- кириш ҳисоблагичи; 3- яшил ҳисоблагич; 4-хусусий истеъмолчилар.

“Тармоқ” ФЭС таркибига ФЭБ ташқари қуйидагилар киради:

- Тармоқ инверторлари, яъни ФЭБ ёрдамида доимий токни (DC) ўзгарувчан токга (AC) ўзгартириб бериш вазифасини баджаради;
- ФЭС иш режимлари параметрларини кузатишга имкон берувчи мониторинг тизимлари;
- “Яшил тариф” бўйича электр энергиясини сотиш ва ишлаб чиқариш тизимини мониторинг қилиш учун мўлжалланган ҳисоблагичлар;
- Ерда, бино томида ФЭБ ни жойлаштириш учун таянч металл конструкциялари ёки қўзғалмас Қуёшни кузатиш тизимлари;
- Марказлаштирилган тармоқ – Электр станцияси уланган электр узатиш линиялари;
- Электр энергиясининг хусусий истеъмол қилувчилар (саноат ёки маиший электр жиҳозлари).

46-расмда “Тармоқ” ФЭС нинг умумий кўриниши келтирилган.



46-расм. а- “Тармоқ” ФЭС нинг умумий кўриниши

“Тармоқ” ФЭС ўз навбатида лойиҳалаш усулига қараб икки турга бўлинади:

- Аккумулятор тизими бўлмаган ҳолда;
- Аккумулятор тизимли;

Амалиётда ФЭС нинг аккумулятор тизими қўлланилмаган ҳолатдаги вариантлари кўп тарқалган. Аккумулятор тизимсиз ФЭС жуда ишончли ҳисобланади, амалий жиҳатдан шахс хизматини талаб қилмайди. Бундан ташқари, улар ФЭБ энергиясидан максимал фойдаланиш - 90÷98% самарадорлигига эга. Бундай тизимларда

махсус инверторлар ишлатилиб улар тармоқ билан интеграллашади ва тармоқни таянч кучланишни шакллантириш, ишга тушириш ва синхронизациялашда фойдаланади.



46-расм. б – Алоҳида кўринишдаги ҳолатлари

Бундай тизимларнинг камчилиги шундаки, марказий электр тармоғида узилишлар бўлганда истеъмолчиларнинг энергия истеъмоли тўхтаб қолиши ҳисобланади. Шундай қилиб тармоқ инверторлар электр тармоғига ўхшаш кучланиш ишлаб чиқаради, электр тармоғидаги кучланиш йуқолганда у ҳам иш режимини тўхтатади. Электр тармоғида кучланиш тўхтатилганда тармоқ инверторларининг генерацияси тўхтатилиши тармоқда таъмирлаш ишларини олиб бориш билан боғлиқ хавфсизликни таъминлаш билан боғлиқ.

Берлин консорциуми Prethezm Solutions/BAE Batterien ва Dena энергетика агентлиги (Германия) томонидан беғараз мақсадда 2016 йил 23 сентябрда Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида қуввати 20 кВт бўлган қуёш ФЭС ўрнатилган эди (47-расм).



47-расм. 20 кВт қувватли қуёш фотоэлектрик станциясининг умумий кўриниши

ФЭС 60 та кетма-кет ва параллел уланган фотоэлектрик панеллар (ФЭП), қуввати 22 кВт бўлган уч фазали тармоқ инвертори (SMA, Sunny Tripower 22000TL), умумий қуввати 9.9 кВт бўлган 3 дона аккумулятор кучланиш инвертори (SMA, Sunny Island invertors), эрувчан сақлагич (Batfuse–B.03), сиғими 660 А·соат ва йиғинди кучланиши 48 В бўлган 24 та кетма-кет уланган электр энергиясини аккумуляция қилиш тизими, электр ҳисоблагичи, SMA Energy meter ва дистанцион бошқариш ускунасидан ташкил топган. Шунингдек унинг таркибига яна Wi-Fi-Router, қуёшли уй регулятори (Sunny Home Manager) ва маълумотларни тақдим этиш учун монитор киради.



48-расм. 20 кВт қувватли ФЭС энергетик бошқарув блоки ва назорат қурилмалари

ФЭП Германияда тайёрланган бўлиб ФИК 19% ли кремний монокристалли асосидаги 60 та кетма-кет уланган қуёш элементларидан иборат. Sky (AR) 290 Вт қувватдаги ФЭП характеристикалари ва параметрлари тўғрисидаги маълумотлар унинг паспортида акс этган:

Стандарт тест шароитида (STC) унинг электрик характеристикалари қуйидагича олинган (Қуёш нурланиши оқим зичлиги 1000 Вт/м^2 , ФЭПнинг ҳарорати $T=25^{\circ}\text{C}$ ва атмосфера массаси АМ 1,5 га тенг). Мос келувчи маълумотлар 15 жадвалда келтирилган.

15-жадвал

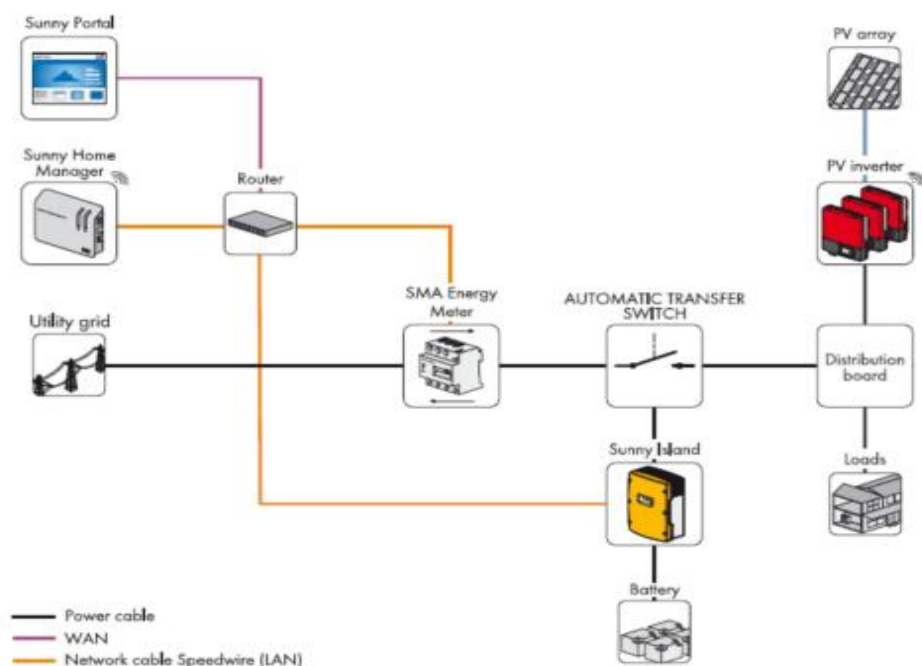
Қисқа туташув токи $I_{к.з.}$	Салт юриш кучланиши $U_{х.х.}$	Номинал қувватдаги ток $I_{н.м}$	Номинал қувватдаги кучланиш $U_{н.м.}$	Токнинг максимал қиймати I_{max}
9,6 А	39,8 В	9,1 А	32,2 В	18 А

Ҳамма ФЭП ҳаво оқими циркуляцияси ҳисобига уларнинг совутилиши таъминланадиган махсус стационар конструкцияларда ўрнатилган. ФЭП максимал энергия ишлаб чиқариши учун фотоэлектрик батареяларнинг фронтал юзаси жанубга томон қиялатиб қуёш нурланиши оқимининг тушишига перпендикуляр жойлашиши лозим. Одатда ФЭП таянч конструкциясида йилига уч хил ҳолатда ўзгартириладиган қилиб тавсия этилади. ТошДТУ Энергетика факультети биносининг томида ФЭС ёзги ҳолат учун (горизонтга - 20° қия бурчак остида) жойлашган, шу сабабли йил давомида фотоэлектрик батареялар нисбатан кам миқдорда электр энергия ишлаб чиқаради.

Фотоэлектрик модулларни қиялик бурчагининг ўзгаришини кўзда тутмаган тизимлар учун йил давомида максимал энергия ишлаб чиқариш модуллар ҳудуднинг кенглик бурчагини ҳисобга олиб (Масалан, кенглик Тошкент ш. – $41,26405^{\circ}$) ўрнатилганда амалга ошириш мумкин.

49-расмда тасвирланган 20 кВт қувватга эга ФЭС иккита турдаги инверторлар базасида қурилган бўлиб юқори ишончилилик ва самарадорликни таъминлайди. Sunny Island маркасидаги аккумулятор инвертори аккумулятор батареяларини зарядлашда

ишончли ҳисобланади. Sunny Tripower тармоқ инвертори иккита MPPT-трекердан ташкил топиб электр тармоғига уланган ҳолда ФЭС ишлаб чиқараётган доимий токни уч фазали ўзгарувчан токга ўзгартиради ва электр таъминотининг тармоғига узатади. Sunny Tripower маркали инвертор фақат сифатли фотоэлектрик батареялар, яъни қўлланилиш синфи А, IEC 61730 стандартидаги ва ҳимоя синфи II бўлганда фойдаланиш мумкин.



49-расм. Резерв истеъмол функциясига эга фотоэлектрик электр таъминот тизимининг структуравий схемаси

Сутканинг кундуз вақтида электр тармоғида кучланиш мавжудлигида ФЭС тармоқ инвертор орқали истеъмолчиларни (Controllable loads) электр энергияси билан таъминлайди. Агар юкланма фотоэлектрик батареялар ишлаб чиқараётган энергиядан камроқ энергияни истеъмол қилса ортиқча электр энергияси аккумуляторларни заряд қилиш учун йўналтирилади, тўлиқ зарядланиб бўлингандан сўнг локал электр тармоғига узатилади. Агар юкланма фотоэлектрик батареялар ишлаб чиқараётган энергиядан кўп энергия истеъмол қилса, керакли энергия локал электр тармоғидан олинади. Локал электр тармоғида узилишлар бўлганда (авария ҳолатларида) аккумулятор инверторлари электр энергия узатишни аккумуляция тизимидан ола бошлайди, бунда тармоқ инвертори учун таянч кучланишни шакллантириб беради. ФЭС дан олинadиган энергиянинг ортиқча қисми аккумулятор

зарядланган ҳолатида аккумулятор инвертори аккумулятордаги кучланиш маълум чегарага тушмагунча тармоқ инверторини ўчириб қуяди.

Ушбу структурадан автоном энергетик тизимларини лойиҳалашда ҳам фойдаланиш мумкин, лекин бу ҳолатда аккумулятор инверторининг қуввати юкламанинг тўлиқ қувватигача кўтарилиши зарур.

ФЭС нинг Sunny Home Manager деб номланган махсус қурилмаси бўлиб у ёрдамида тизимнинг параметрлари назорати ва мониторинг амалга оширилади, қисман аккумулятор инверторларининг параметрларини дистанцион бошқаришни таъминлайди. Электр тармоғидан ва ФЭС ишлаб чиқараётган электр энергиясини қайд этиш учун электрон ҳисоблагич хизмат қилади. Хизмат кўрсатилаётган хавфсизликни таъминлаш учун тизимнинг бош электрик занжирига авария ҳолатларида тармоқнинг узилишини таъминлайдиган автоматик узиб улагич ўрнатилган.

SMA Solar Technology AG компаниясининг маҳсулотлари ҳақида батафсил маълумот олиш, қурилмаларнинг техник характеристикалари ҳақида компания сайтида танишиш мумкин (SMA Solar Technology AG – URL: www.SMA.de).

Бундай ФЭС лар энергетиканинг глобал муаммолари ва локал энергетик вазифаларни ечиш учун фойдаланиш мумкин. 20 кВт қувватли ФЭС Энергетика факультетининг локал электр тармоғига параллел уланган бўлиб ишлаб чиқарилган энергия факультет электр тармоғига узатилмоқда.

ФЭС ишлаб чиқарган электр энергияси, аккумуляцияланган энергия, истеъмол қилинган электр энергия электр ҳисоблагичида қайд этилиб сўнгра “Электроника ва автоматика” факультети биноси кириш қисмидаги мониторга узатилади.



50-расм. ФЭС суткалик ва ойлик параметрларини тасвирлаш учун монитор

Махсус дастур ёрдамида эквивалент ҳолда аънанавий ёқилғи ресурсларини тежашни ҳисоблаб беради. Масалан (ўтин, кўмир ва мазут), шунингдек захарли газ CO_2 чиқиндиларини олдини олишни аниқлаб беради.

Электрон ҳисоблагич ёрдамида ФЭС техник кўрсаткичларини даврий равишда ёзиб олинганда қуйидаги натижалар олинди. Мониторинг натижалари (51-Расм) 2017 йил декабрдан 2018 йил майгача амалга оширилди.

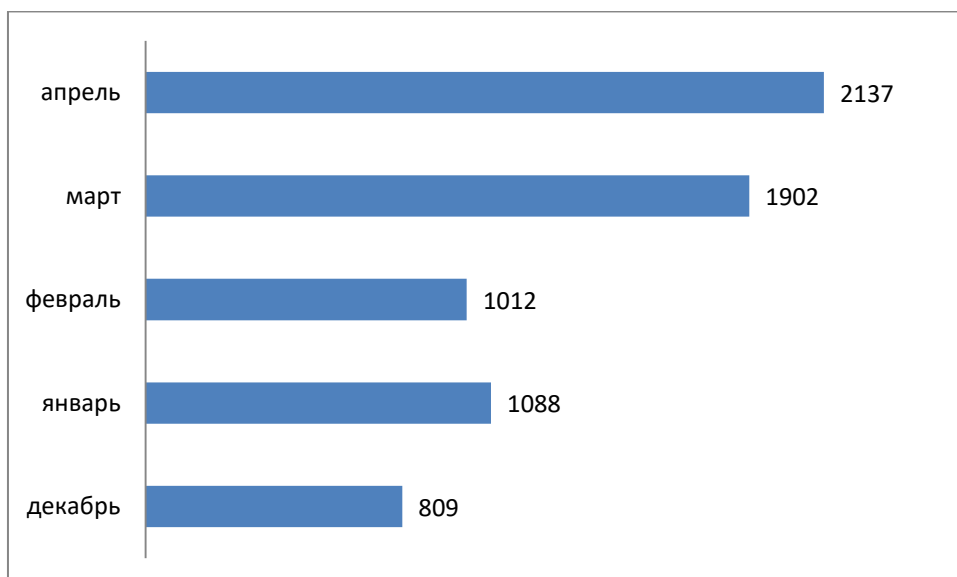
Декабрь 25734

Январь 26543

Февраль 27631

Март 28643

Апрель 30545



51-расм. ФЭСнинг электр энергия ишлаб чиқариш кўрсаткичлари (ойига кВт*соат).

50-Расмдан ва ФЭС иш мониторинг таҳлилларидан кўриниб турибдики, ФЭП юзасига тушаётган қуёш радиациясининг ортиши билан электр энергияси ишлаб чиқариш ортмоқда. Бир вақтда ФЭС электр энергия ишлаб чиқариши кўрсаткичининг кичиклиги Тошкент шаҳри ҳудудида атмосфера таркибидаги чангланганлик концентрациясининг юқорилиги, Қуёшни кузатиш тизимларининг йуқлиги (трекерлар), ёз ойларида атроф муҳит ҳароратининг юқори кўрсаткичининг таъсири ҳисобланади.

Таъкидлаб ўтиш керакки, станциянинг иш режими ҳақида батафсил маълумот олиш учун камида бир йил давомида мониторинг кузатиш ишларини олиб бориш керак.

Ушбу ФЭС станциянинг иш ҳолатини баҳолаш, оптималлаштириш ва илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш учун экспериментал тажрибавий ва намоёиш мажмуаси, шунингдек келгусида локал тармоғи билан интеграллашган ФЭС ларни лойиҳалаш жараёнлари ва қуриш учун асос бўлиб хизмат қилади.

4.8§. Қуёш фотоэлектрик станциялари учун таянч конструкцияларни тайёрлаш

Таянч конструкция: Қуёш фотоэлектрик тизимлари муҳим қисми сифатида қуёш панеллари учун қўллаб қувватловчи конструкция хизмат қилади. У ҳамма тизим учун зарурий мустаҳкамлик ва қуёш панели учун тўғри қиялик бурчагини таъминлайди. Қуёш панели билан таянч конструкциянинг бирикуви ҳар хил ша мол тезликларига ва бошқа атроф муҳит таъсирларига бардошли бўлиши керак.

Қуёш фотоэлектрик станцияларини қуриш ва монтаж қилиш: Йирик фотоэлектрик тизимлар учун кичик нусхадан саноат даражадаги нусхасигача тайёрланадиган конструкцияларнинг турли хиллари мавжуд. Бундай конструкция металдан ёки синтетик материалдан тайёрланади. Фотоэлектрик тизимларни ўрнатиш вақтидаги ҳолатга қараб таянч конструкцияларнинг турли хил турлари мавжуд. Тармоқ билан боғланган тизимлар учун таянч конструкцияларнинг ясси ёки томда кичик бурчак остида, шунингдек уй фасадлари учун турлари мавжуд. Тармоқ билан

боғланган тизимлар бино конструкциясининг элементи ҳам бўлиши мумкин (интеграциялашган қуёш тизимлари).

Қуёш фотоэлектрик станцияларини қуриш ва монтаж қилиш ишлари малакали, тажрибали мутахассислар ҳамда техниклар ёрдамида амалга оширилиб, уларнинг ҳар бири ўз йўналиши бўйича мутахассислигига эга бўлиши керак:

1. Ўрнатиладиган майдонни лойиҳалаш бўйича ишлар, геодезия соҳа мутахассислари.
2. Металл конструкцияларни ер монтажи ишлари.
3. Қуёш модуллари, инверторлар ва бошқа электр жихозларини монтаж қилиш ҳамда уларни улаш.
4. Кабель линияларини ўтказиш, кабель — ўтказгич қурилмаларини монтаж қилиш, трансформатор подстанциясига уларни улаш.



52-расм. Қуёш фотоэлектрик станциясининг каркас қисмини ўрнатиш



53-расм. Қуёш фотоэлектрик станциясида қуёш панелларини мухандислар томонидан ўрнатиш

Юқоридаги 52-53 расмларда Наманганнинг Поп туманида қурилган қуввати 130 кВт бўлган қуёш фотоэлектрик станциясининг қурилишидан лавҳалар келтирилган. Мазкур станция Ўзбекистон Республикасининг иқтисодиёт Вазирлиги ҳамда Корея Республикасининг савдо, саноат ва энергетика Вазирлиги ўртасида ўзаро ҳамкорлик тўғрисидаги Меморандумини ижросини амалга ошириш доирасида қурилган.

“Ўзбекенерго” ДАК Корея Фотоэлектрик Саноати Ассоциацияси билан биргаликда Наманган вилояти Поп туманида 130 кВт қувватга эга бўлган қуёш фотоэлектрик станциясининг қурилиш, монтаж ва созлаш ишлари ниҳоясига этказилди, ҳамда синов тартибида фойдаланишга туширилди. Фотоэлектрик станцияда “Hanhwa”, “JSPV”, “S-Energy” va “TopSum” компанияларининг ускуналари ўрнатилган.

Ушбу синов тартибидаги фотоэлектрик станцияни ишга тушириш қуйидаги имкониятларни яратади:

- Кандигон маҳалласидаги аҳолини электр энергия таъминотининг мустаҳкамлигини ошириш;
- Кореянинг қуёш модулларини амалий унумдорлигини жойларда синаш йўли билан республикада қуёш энергиясини ривожлантириш бўйича истиқболдаги ва кенг қамровли лойиҳаларни текширувдан отказиш учун фойдаланиладиган маълумотлар билан таъминлаш;
- Ўзбекистоннинг табиий шароитларида Кореяда ишлаб чиқарилган қуёш модулларининг унумдорлигини синаб кўриш;

- Корея технологияларини Ўзбекистон Республикасида қуёш фотоэлектрик станцияларни қуриш ва ривожлантиришда қўмаклашиш ва қуёш энергияси соҳасида миллий мутахассисларни таёрлашга ёрдам бериш ҳисобланади.

Бундай ишларни амалга оширишда ҳамма жалб қилинган мутахассислар, объектда ишлаш учун махсус ижозатномага эга ходимлар бирдамликда фаолият олиб боришлари зарурдир. Барча бажариладиган ишлар ва ўрнатиладиган қурилмаларга кафолат бериладиган ҳолатда бўлгани учун қурилмаларни ишлашига ва паспорт таснифларига жиддий эътибор бериш керак.

Қуёш панелларини ўрнатиш жараёнида мутахассислардан, яратилаётган қуёш электр станциясининг жойлашиш ўрни, энг қулай қурилмаларни танлаш, монтаж ва лойиҳалашда мураккаб жараёнларни ўз ичига олаганлиги учун бирма бир ўрганиб чиқиш талаб этилади.

Биринчи ўринда қуёш фотоэлектрик станциясининг лойиҳадаги қуввати аниқланади. Бу бизга зарур бўлган қуёш модуллари сонини ҳисоблаш, ҳудуд майдонини аниқлашда имкон беради, сўнгра мутахассислар сизга маҳкамлаш тизимининг оптимал чизмасини таклиф этадилар. Албатта тақдим этилган чизмада, кам чиқим сарфлаб максимал миқдордаги электр энергия олиш имконини берувчи, фотоэлектрик станция ориентацияси танланган бўлиши шарт.



54-расм. Бир ўқли трекерга эга қуёш фотоэлектрик станцияси

Таянч тизимининг иккита асосий кўриниши мавжуд: **статик ва динамик**. Статик тизимнинг асосий элементларига бу маҳкамлаш тизимидаги юқори сифатли алюминий профилдан, таянч

элементлари руҳ жимояси билан қопланган пўлатдан тайёрланади. Статик тизимнинг характерли томони шундаки, қуёшга нисбатан ориентация қилинган модулларнинг қиялик бурчагини ўзгартириб бўлмайди. Мантиқан, қуёш модуллари сутканинг ёруғ вақтида максимал даражада ёритилган бўлиши ва жанубга қараб ориентация қилинган бўлиши зарур. Қуёш фотоэлектрик станцияларини қуришда дарахтлар, электр энергия ва телефон кабел линиялари, телевизор антенналаридан узоқда бўлиши керак. Шунини айтиш лозимки, вақтинчалик соя ҳосил бўлиши, атроф муҳит чанги ва қуш ахлатлари шу каби бошқа ҳолатларда фотоэлектрик модулларнинг электрофизик параметрларига салбий таъсир кўрсатади. Шунингдек яна бир ҳолат, фотоэлектрик панеллар орасидаги масофага ҳам эътибор бериш лозим, чунки улар бир бирига соя солмаслиги ва ер силкинишлари юзага келганда бир бирларига тегиб ишдан чиқиш ҳолатларини камайтиради.

Яна статик тизимлар ҳақида қисқача қисқача тўхталамиз: модуллар столда горизантал ва вертикал равишда (1-5) бир қанча қатордан жойлашиши мумкин. Конструкция оғирлиги ва бошқа бир қанча таснифларига боғлиқ ҳолда, стол (каркас) бир ёки икки таянчли бўлиши мумкин. Конструкция маҳкамланган тизим тупроқли жойга икки усулда бириктирилади:

- 1) Ўрнатилаётган жойга тўғридан-тўғри қозик орқали бириктириш.
- 2) Ўрнатилаётган жой майдонини бетон қоришма орқали бириктириш.

Бу параметрлар биринчи навбатда, тупроқнинг геодезияси ва геологиясига ҳамда станциянинг лойиҳадаги қувватига қараб аниқланади.

Динамик тизим – бундай тизим инглизча (трекер), яъни ўзбекчада “*қузатувчи мослама*” деб номланади. Унинг иш жараёни жуда оддий бўлиб, қурилманинг ФИК ошириш учун, қуёшни максимал даражада қузатишга мўлжалланган. Уларнинг икки тури мавжуд бўлиб, биринчиси *бир ўқли* ва иккинчиси *икки ўқлидир*.



55-расм. Икки ўқли трекерга эга қуёш фотоэлектрик станцияси

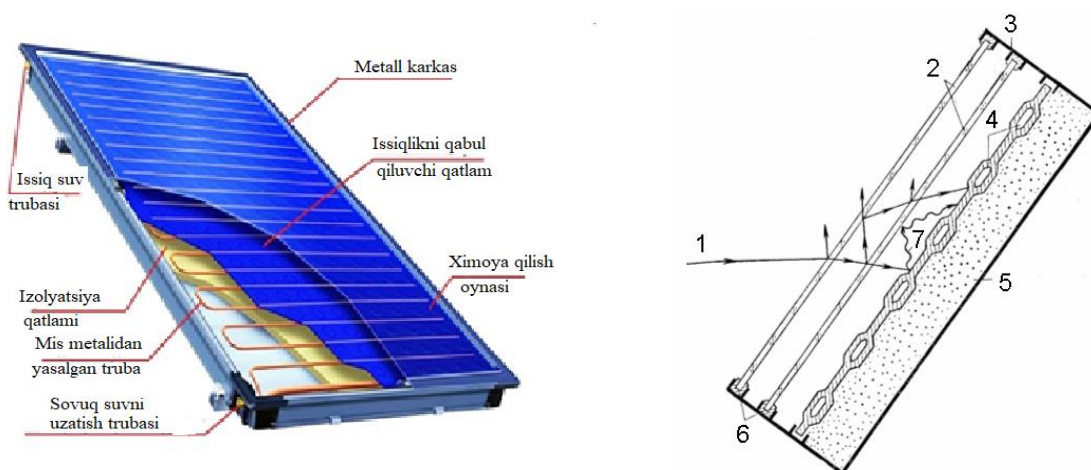
Бир ўқли трекер ўз ҳолатини фақат бир ўққа нисбатан ўзгартиради. Одатда бундай трекер ташқи кўринишидан статик конструкцияга ўхшаб кетади ва эътибор бериб қаралганда бу конструкция актуатор билан таъминланган бўлиб, қурилма қиялик бурчагини ўзгартириб туради. Актуатор ўз навбатида, мотор – редуктор ва штокдан иборат. Шток столни ўзига бириктириб юқорига ёки пастга ҳаракатлантиради. Бир ўқли трекер бир йилда қуёшга нисбатан бурчагини бир қанча марта ўзгартиради. Бу йилига 2 дан 20 гача бўлган ўзгаришларни амалга оширадиган дастурий таъминот орқали бошқарилади.

Икки ўқли трекер – икки хил текисликда ориентация қилинадиган, мураккаб муҳандислик конструкция ҳисобланади. Икки ўқли трекетнинг, бир ўқли трекердан фарқли томони шундаки қуёш чиққанидан ва ботғунига қадар кун давомида қуёш нурларини максимал йиғиб, чекланмаган 180^0 бурчакда столни айлантиради. Шунингдек у горизонтал ҳолатда ҳавфсиз режимга эга бўлиб, кучли шамол эсганда ҳам бардошли ҳисобланади. Улар қуёш ёруғлигини максимал даражада қабул қилишга мўлжалланган автоматик тарзда тизимни бошқаради. Бундай тизимнинг самарадорлиги статик тизимга кўра 30-40 % кўпроқдир. Бир таянчли тизимга кўра 15 % га юқорироқдир.

V.БОБ. ЕР ШАРОИТИДА ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИК ҚУРИЛМАЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ УСУЛЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ЭНЕРГЕТИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

5.1§.Ясси қуёш коллекторлари

Кенг тарқалган суюқликли ясси қуёш коллектори (56-расм) иссиқлик ташувчи циркуляцияси учун махсус иссиқлик ютувчи металл лист ва унга бириктирилган каналлар (абсорбер) дан ташкил топади. Қуёш иссиқлик нурланишини ютувчи абсорберни юқори қисмида (бир қанча ораликда) селектив шаффоф шиша қопламаси бўлади. Конструкция ҳамма қисми корпусга бириктирилиб пастки ва ён томондан иссиқлик изоляцион материал билан таъминланади.



56-расм. Ясси қуёш коллекторининг конструктив тузилиши

1 – қуёш нури; 2 – ойнали қобиф; 3 – корпус; 4 – иссиқлик қабул қилгич юзаси (абсорбер); 5 – иссиқлик изолятори; 6 – маҳкамлагич; 7 – хусусий тўлқин узунлиги.

Бундай қуёш коллекторининг иш жараёни селектив шиша қопламасининг хоссаларига боғлиқ бўлиб қисқа тўлқинли қуёш нурларини ўтқазиб ва қизиган юзадан (абсорбер) нурланаётган узунтўлқинли радиацияни ушлаб қолишга асосланган бўлиб содир бўлаётган ҳодиса “парник эффекти” деб номланади. Бундай қуёш нурланишини селектив ўтқазиб натижасида абсорбер қизиб узун тўлқинли нурланишни чиқара бошлайди. Шиша қопламасининг узун тўлқинли нурланишни ушлаб туриш ҳисобига шиша-абсорбер ўртасидаги фазода ҳароратнинг сезиларли кўтарилиши руй беради.

Шишанинг нур ўтқазуш хоссасининг яхшиланишига шиша юзасини текстуралаш, таркибида темир материалыни камайитириш ёрдам беради, узун тўлқинли нурланишни ушлаб туришга эса қўшимча равишда шишага қилинган селектив қопламалар кўмак беради.



57-расм. Ясси қуёш коллекторининг умумий кўриниши

Одатда абсорбер панели юқори иссиқлик ўтказувчанликка эга материаллар (мис, алюминий) дан тайёрланади ёки қора рангга буялади, шунингдек юқори қуёш энергиясини ютилиш коэффициентига эга қора материал билан қопланади.

Агар иссиқлик ташувчи абсорбер билан контактда бўлса, унда у бу энергияни олади. Қуёш коллектори чиқиш қисмидаги фойдали энергия 3 та параметрга боғлиқ: коллектор юза текислигидаги тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлиги (қуёш радиацияси) I_T , коллекторга кириш қисмида иссиқлик ташувчининг ўртача ҳарорати T_{in} ва атроф муҳит ҳарорати T_a .

Вақт бўйича коллекторнинг юза бирлигидан олинадиган фойдали энергия қуйидаги ифодадан топилади (Вт).

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

Бу ерда A -коллекторнинг майдони (m^2); F_R -коллектордан иссиқлик узатиш коэффициенти I_T - коллектор юза текислигидаги

тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлиги (қуёш радиацияси) Вт/м^2 , τ -қуёш нурланишига нисбатан шаффоф қопламанинг ўтказиш коэффициентлари, α - қуёш нурланишига нисбатан шаффоф қопламанинг ютиш коэффициентлари, U_L - коллекторда тўлиқ иссиқлик йуқотилиши коэффициентлари, бу коэффициентлар шомол тезлигига, шаффоф қопламалар сонига ва изоляцион материалларнинг хоссасига боғлиқ.

Соддалаштирилган варианты:

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

Бу ерда G - иссиқлик ташувчининг солиштирма масса сарфи ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^2\text{с}}$), C_p - иссиқлик ташувчининг иссиқлик сифими ($\frac{\text{Дж}}{\text{кгК}}$). Мос равишда гелиоколлекторнинг ФИК қуйидаги формуладан аниқланади:

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

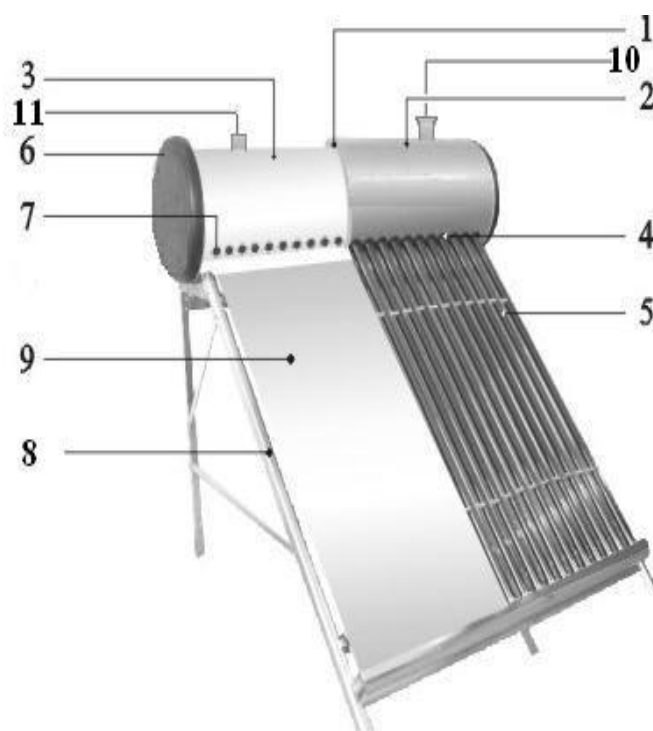
Иссиқ сув таъминоти учун истеъмол қуввати қуйидагича аниқланади:

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

5.2§.Вакуум трубкали коллекторлар

Қуёш сув иситиш (коллектори) қурилмалари 2 та турдан: бутун ва алоҳда турдаги конструкцияларга бўлинади.

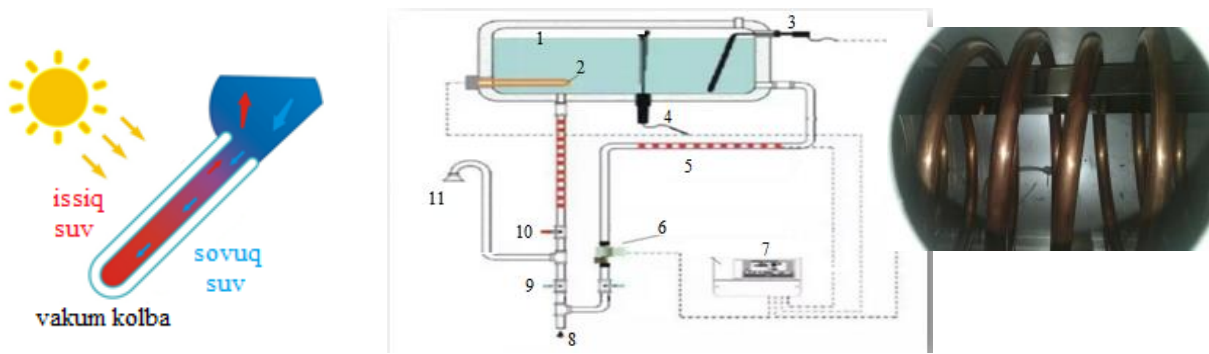
Бутун турдаги коллектор (моноблок) вакуум колбалар, бак (термос) - иссиқ сув резервуари, шунингдек гальваник қопламали таянч ости металл рама ёрдамидаги ягона конструкцияга маҳкамланган тизимдан ташкил топган.



58-расм. Бутун турдаги вакуум трубкали коллектор

1 – Сув учун бак; **2** – бакнинг ташқи қатлами; **3** – бакнинг ички қатлами; **4** – ташқи маҳкамлагич; **5** – вакуум трубкалар; **6** – сув учун бак қопқоқлари; **7** – резинали маҳкамлагич; **8** – таянч ости рама, материал – гальваник қопламали пўлат ёки зангламайдиган пулат; **9** – акслантирувчи пластина – қўшимча вариант; **10** – авария ҳолатида ҳаво клапани; **11** – контроллер датчиги.

Моноблок-коллектор асосан уй ёки бинонинг томида ўрнатилиб истеъмол манбаигача бўлган зарур иссиқ сув босими таъминланади. Бак ички қисмида циркуляция табиий жараёнлар ҳисобига амалга оширилади. Жамланмага шунингдек рама-таянч тизими, смарт (ақли) контроллер, электромагнит клапан ва электр тен ҳам киради. Танлов учун бакнинг 2 тури: оддий ва змеевик иссиқлик алмашингичли турлари тақдим этилади. Змеевик иссиқлик алмашингич билан таъминланган коллекторинг самарадорлиги оддийсига нисбатан ~30% га юқорилиги иссиқлик алмашингич орқали ўтаётган оқар сувнинг қиздириш моментига бакда турган иссиқ сув қуёш энергияси ҳисобига ҳам қизийди. Истемол қилиш даражасига қараб бакдаги сувнинг миқдори 100 л, 150 л, 200 л, 250 л, 300 л бўлади.



1-Suv uchun bak, 2-Elektr isitgich, 3-Yuqori sath datchigi, 4-Quyi sath datchigi, 5-Qizdiruvchi kabel, 6-elektromagnit klapan, 7-Aqlli controller, 8- Sovuq suvning kirish qismi, 9- sovuq suv krani, 10-Issiq suv krani, 11-Iste'molchi

59-расм. Вакуум трубкали коллекторнинг муҳим компонентлари

Бак аккумулятор 3та қатламдан ташкил топган:

1. Бакнинг ички қисми занглмайдиган пўлат маркаси М-304 дан тайёрланади, бу эса унинг гигиеник режаларда юқори хавфсизлик шунингдек каррозияга барқарорлек, узоқ муддатли амалий фойдаланишда мустаҳкамликни таъминлайди.
2. Бакнинг ўрта қатлами иссиқ сув ҳароратини узоқ муддат сақлашни таъминлайдиган юқори аккумуляциялаш функциясига эга, юқори сифатли полиуретан, қалинлиги 55 мм бўлган утеплителдан иборат. Қиш вақтлари, атроф муҳим ҳарорати 0°C дан кичик бўлганда иссиқлик йукотилиши жами бўлиб $\sim 3-6^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этади. Масалан, кечкурун коллекторда сувнинг ҳарорати $+60^{\circ}\text{C}$ бўлса, эрталаб бу ҳарорат кўрсаткич 5°C га камаяди, яъни $+55^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этади.
3. Бакнинг ташқи металл қопламаси махсус ҳимоя буёқли бўлиб ташқи таъсирлардан (куёш нурланиши, ёғинлар, яъни қор, ёмғир дўл) ҳимоя қилишни таъминлайди.

Қолган қисмлари резина, пластик ташқи таъсирларни ҳисобга олиб тайёрланади. Вакуум колбалар ёруғлик ютувчи қатламга эга,

мустаҳкам борсиликатли тобланган шишалардан тайёрланган бўлиб қуёш нурланишини иссиқлик энергиясига ўзгартириб сувни қиздиради. Табиий циркуляция сабаб колбада қизиган сув юқорига кўтарилиб бакда аккумуляцияланади. Смарт-контроллер коллекторининг ҳамма иш жараёнларини (бакда сувнинг ҳарорати, бакда сувнинг сатҳи, бакга сувнинг қуйилиши учун электромагнит клапаннинг иш режими, зарурият туғилганда 1,5 кВт қувватдаги тэн қўшиш ва ажратиш) бошқаради. Бу коллектордан фойдаланиб 9 ой давомида сувни қиздиришга бўлган 100% энергияни тежаш мумкин.



Смарт контроллер



Электромагнит клапан



Электр тен

150 л сув сиғимига эга қуёш вакуум трубкали коллекторнинг техник характеристикалари.

Бакнинг ташқи қопламаси: Буялган пўлат 0,4 мм
 Бакнинг ички қатлами: SUS 304-0,5мм зангламайдиган пўлат
 Вакуум колбалар: 58мм/1800мм
 Рама: Рухланган гальваник пўлат-1,5мм
 Иссиқлик изоляция материали-Полиуретан
 Изоляция қалинлиги: 50 мм
 Раманинг қиялик бурчаги: 35-45 градус
 Бакнинг диаметри: 375мм/475мм.

Вакуум колба 58мм/1800мм нинг характеристикалари.

16-жадвал

Таркиби	Концентрик тўлиқ шишали қуёш колбалар
Узунлиги	1800±5мм
Колбанинг ташқи диаметри	58±0.7мм
Колбанинг ташқи шишасининг қалинлиги	1.8±0.15мм
Колбанинг ички диаметри	47±0.7мм
колбанинг ички шишасининг қалинлиги	1.6±0.15мм
Шишанинг материали	Бор силикат шиша 3.3

Ютувчи қопламанинг унумдорлиги	
Колбанинг ички қисми қопламаси	Бирқатламли ёки уч қатламли
Вакуум колбанинг учқатламли қопламаси таркиби	Қуёш нурларини селектив ютувчи қоплама: композит мис – зангламайдиган пўлат – алюминий - CU/SS-ALN(H)SS/ALN(L)/ALN
Пуркаш (учириш) усули	DS реактив пуркаш
Ютиш даражаси	> 91%
Қуёш нурланиши йуқотилиши	< 8% (80°C±1,5 °C)
Вакуум даражаси	$P \leq 5 \times 10^{-3}$ Па
Макс. ҳарорат	270 - 300°C
Номинал босим	0.6МПа
Иссиқлик йуқотилишлари ўртача коэффиценти	$\leq 0.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$
Ёғинларга барқарорлик	< 35 мм
Ўта қизишга барқарорлик	300°C
Кичик ҳароратларда иш жараёни	0°C - 10°C
Яроқлилик муддати	~15 йил

Алоҳида турдаги қуёш вакуум трубкали коллектор

Алоҳида турдаги гелиотизимда қуёш коллектори бинонинг томига ўрнатилиб, аккумуляция баки эса алоҳида бинонинг ички қисмида ўрнатилади. Шундай қилиб, коллектор ва бак қисми алоҳида бўлади. Сувнинг қизиши эса коллекторга насос орқали ҳаракатга келтириладиган иссиқлик ташувчи (антифриз, пропиленгликоль)нинг бакга жойлашган иссиқлик алмашингич орқали сувга ҳарорат узатилишига асосланган. Бак узок муддат қайноқ сув ҳароратни ўзида сақлаб термос функциясини бажаради. Унинг сув ҳажми истеъмолчилар талабидан келиб чиқиб аниқланади. Қўшимча равишда қурилманинг бўтловчи қисмлари сифатда смарт контроллер, электрик тэн, насос ва иситиш қурилмалари киради. Қуёш коллекторларнинг алоҳида турдаги конструкцияси гибрид тизим сифатда қўлланилиши мумкин, бунда қуёш коллекторлари газ ёки электрик қозонлар билан мужассамлашган ҳолатда бўлади .



60-расм. Алоҳида турдаги қуёш вакуум трубкали коллектор

Қуёш коллекторларининг самарадорлиги коллектор юза бирлиги текислигига тушаётган қуёш нурланиши қуввати, атроф муҳит ҳарорати ва коллектордан ўтаётган иссиқлик ташувчининг ҳароратига боғлиқдир.

Бизнинг тажрибаларимизда вакуум қуёш коллекторининг самарадорлиги қурилмадан олинаётган фойдали иссиқлик энергиясининг коллектор юза бирлигига тушаётган қуёш нурланиши қувватига нисбатига тенг:

$$\eta_{\text{в.т.к}} = \frac{Q_k}{I_T F_k} \quad (99)$$

Қуёш коллекторидан олинган фойдали энергияни иссиқлик йуқотишлари ва оптик ФИК таъсирини ҳисобга олиб қуйидагича ёзиш мумкин:

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

(1) ва (2) боғлиқликдан келиб чиқиб қуёш коллекторининг ФИК ҳисоблаш учун ифодани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\eta_{\text{в.т.к}} = (\tau\alpha) - \frac{U_k (T_k - T_a)}{I_T} = G \cdot c_p \cdot (T_k - T_{ch}) \quad (101)$$

бу ерда I_T -коллектор абсорбери m^2 майдонига тушаётган қуёш нурланиши оқим зичлиги; $(\tau\alpha)$ — коллекторнинг самарали оптик ФИК, яъни τ — вакуум колбанинг нур ўтказиш коэффициентлари; α — абсорбернинг ютиш қобилияти; F_k — коллекторнинг майдони; U_k — коллекторда иссиқлик йўқотишлари умумий коэффициентлари; T_k — иссиқлик ташувчининг кириш вақтидаги ҳарорати; T_a — атроф муҳит ҳарорати; G - issiqlik tashuvchining massa sarfi ($\frac{kg}{s}$), C_p - issiqlik tashuvchining issiqlik sig'imi ($\frac{J}{kgK}$); T_{ch} — иссиқлик ташувчининг чиқиш вақтидаги ҳарорати.

Бир қанча ҳолатларда ҳар хил турдаги қуёш коллекторининг иш самарадорлиги иссиқлик йўқотишларининг йиғинди коэффициентлари билан баҳоланади. Айрим адабиётларда шишасиз қуёш коллекторлари учун $U_k \approx 21 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$, шишали ясси қуёш коллекторлари учун $U_k \approx 4 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$, вакуум турдаги қуёш коллекторлари учун $U_k \approx 1,5 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$ ни ташкил этади дейилган.

5.3§. Ҳаво коллекторлари

Ҳаво коллекторлари деганда қуёш энергиясидан фойдалананиб ишлайдиган ва иссиқлик ташувчи сифатида ҳаводан фойдаланилади. Ҳозирги вақтда улар АҚШ, камроқ миқдорда Европанинг марказий қисмларида тарқалган. Жуда ҳам кам ҳолларда сув иситиш учун ҳаво коллекторлари ишлатилади. Энг катта ҳаво қуёш коллектори Европада Ошац шаҳрида Лейпцига яқинида жойлашган бўлиб майдони $1175 m^2$ ни ташкил этади.

У тайёр маҳсулотлар ва қурилиш материаллари омборини иситиш учун мўлжалланган.

Ҳаво коллекторларини иссиқ ҳаво олиш учун (иссиқ сув эмас) фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Ҳаво коллекторларини фойдаланиш учун намуналар:

- Ҳаво билан иситиш тизимига эга бинолар, масалан, спорт заллари, омборлар, цехлар, ташқи ҳавони юқори даражада истеъмол қилувчи бинолар ва аҳоли яшаш уйлари. Қисман, ғарбий Европада энергияни кам истеъмол қилишга стандарт киритилганидан сўнг вентиляция тизимида ҳавони қиздиришга иссиқликни истеъмол қилишдаги улуши иссиқликнинг умумий истеъмолига нисбатан муҳимроқ бўлиб қолди. Назорат қилинадиган вентиляция ва ҳаво коллектори билан биргаликда фойдаланадиган тизим талаб

қилинадиган иссиқликнинг муҳим қисмини қоплаши мумкин. Ҳаво қуёш коллекторлари ёрдамида иссиқлик билан қиш мавсумларида тўлиқ таъминлаш албатта имконсиз, бунга сабаб, тушаётган қуёш энергияси миқдори ва иситиш учун талаб қилинган иссиқлик миқдори ўртасидаги ноқулай муносабатдир.

- Қишлоқ хўжалиги ва саноат маҳсулотларини қуритиш учун бинолар, шунингдек дон, уруғ, дори ва табобат ўсимликлари, ёғоч ва қурилиш материаллари. Ҳаво қуёш коллекторининг қуритиш потенциали тахминан 1 м^2 коллектор юзаси учун соатига 0,2 дан 0,7 кг сув буғланишини ташкил этади.

- Қуёш совитиш тизимларида.

Айтиш жоизки, ҳаво коллекторлари суюқлик билан ишлайдиган коллекторларга нисбатан кам тарқалган, лекин уларнинг суюқлик иссиқлик ташувчи коллекторларга нисбатан муҳим афзалликлари бор:

- Ҳаво коллекторлари қиш ойида музламайди;

- Ёз ойида ўта қизиқда иссиқлик ташувчилар сизиб чиқиш хавфи бўлмайди;

- Каррозия билан боғлиқ муаммолар жуда кам;

- Ҳаво коллекторлари материалларга нисбатан камроқ талабчан, анча арзон;

- Коллекторларда бевосита қизиган ҳаводан фойдаланилганда иссиқлик алмашингичда иссиқлик йўқотиши бўлмайди;

- Ёнғин хавфсизлиги.

Ушбу ютуқлар туфайли улар ҳар доим алоҳида қурилишлар учун мос тушади, ўрнатиш вақтида осон йиғиш мумкин, кам чиқим талаб қилади. Шунингдек ҳаво коллекторлари ишлаб чиқариш биноларини, гаражларни, уй олди кичик биноларини иситиш учун самарали ҳисобланади. Шу билан биргаликда ҳаво коллекторлари қуйидаги камчиликларга эга:

- Ҳаво туйнуклари бинода фойдали майдонни қисқартириши мумкин;

- Уларда самарали иссиқликни аккумуляция қилишга эришиб бўлмайди;

- Иссиқлик ташувчи ҳавонинг зичлиги кам бўлгани учун суюқликда ишловчи коллекторларга нисбатан тизимнинг иссиқлик ишлаб чиқариш самарадорлиги кам;

- Одатда ҳаво коллекторларининг иш жараёнида ҳавони ҳайдаш учун катта электрик қуввати сарфланади;

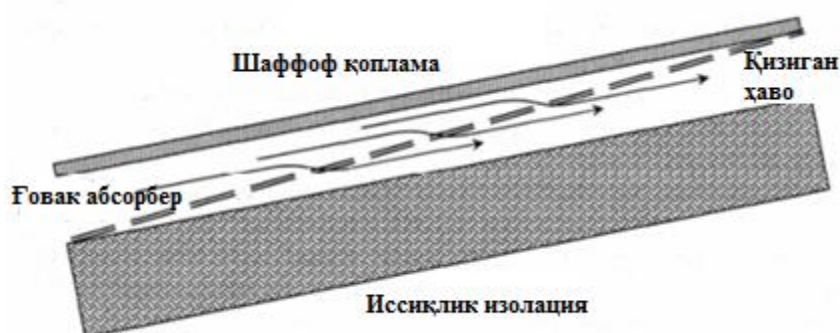
— Ҳаво коллекторининг фойдали иш коэффициенти суяқлик коллекторига нисбатан қараганда фойдали иш коэффициенти кичик, бу ҳавонинг физик хоссаларига боғлиқ ҳолда аниқланади.

Ҳаво коллекторларининг икки хил конструкцияси

Ҳаво коллекторлари асосан ясси кўринишда тайёрланади. Улар қуйи ва ён девор корпусида жойлашган иссиқлик изоляцион материал, абсорбер, юқори шаффоф қоплама ва корпусдан ташкил топади. Атмосфера ва бошқа таъсирларга чидамлиликини ҳисобга олиб ҳар хил компонентлар, корпус ва бошқа материалларни танлашда суяқликли коллекторлар каби асосий қоидаларга риоя қилинади.

Ҳаво коллекторларининг абсорбер конструкциясига қараб 2 та синфга бўлинади:

- ҳаво ўтказувчи матричный абсорбер кўринишида (61- расм);
- ҳаво ўтказмайдиган ясси абсорбер кўринишида (орқа томондан) (62- расм).



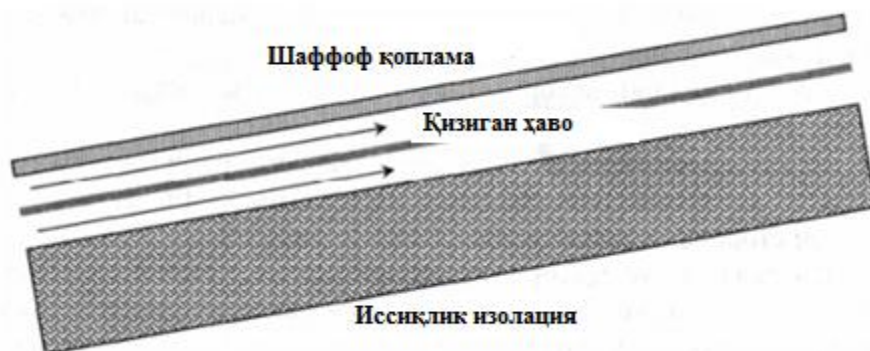
61-расм. Матрицали абсорберли қуёш ҳаво коллектори

Ҳаво ўтказувчи матрицали абсорберли ҳаво коллектори (келгусида қисқача қилиб матрицали абсорбер ҳақида гапирилади) очиқ ғовакларга эга ғовак материалдан ташкил топади (бу ерда “матрица” атамаси ишлатилган). Мисол учун, бу ҳаво йулига ҳаво фильтри сифатида қўйиладиган пенопластли пластиналар ёки тўқувчиликда ишлатиладиган қора ғовак материал бўлиши мумкин. Қуёш нурланиши нафақат абсорбер қатламининг юзасида, балки унинг ички қисмида ҳам ютилади. Шаффоф қоплама билан абсорбер

ўртасига ўзгарувчан кенгликка эга тирқиш қўйилади, бу абсорберга ҳаво узатиш учун хизмат қилади. Ҳаво абсорбер орқали филтрланиш жараёнида иссиқликни ҳам ўзига олади.

62-расмда кўрсатилганидек ҳаво абсорберга параллел ҳолда, ёки абсорбер икки юзаси бўйлаб ёки унинг орқа томони бўйлаб ҳаракатланади. Иссиқлик ҳавога абсорбер девори бўйлаб конвекция ёки иссиқлик ўтказувчанлик усули ёрдамида берилади. Ташқи ҳавони иситиш учун коллектор фойдаланилганда одатда ҳаво ўтказувчи матрицали абсорберли коллектор самаралироқдир. Гап шундаки, ташқи ҳаво паст ҳароратда бўлганида юқори шаффоф қоплама совуқ бўлади, икки абсорбер юза бўйлаб ҳаво ҳаракатланувчи, ҳаво ўтказмайдиган абсорберли конструкциядан фойдаланилганда шаффоф қоплама орқали иссиқлик йуқотишлар юқори бўлади. Бу ҳолатда, одатий шароитда ҳавони юқори ҳароратгача қиздириш талаб қилинса, энг аввало ҳаво ўтказмайдиган абсорберли конструкциянинг орқа томонидан ҳаво ҳаракати мавжуд конструкция афзал ҳисобланади.

Қизиган ҳаво совуқ ҳароратдаги шаффоф юқори қоплама билан контактда бўлмайди, иссиқлик узатиш коэффициенти кичик бўлади.



62-расм. Ҳаво ўтказмайдиган абсорберли қуёш ҳаво коллектори

Абсорбердан иссиқлик ташувчига иссиқликни яхши узатилишини кўриб чиқиш керак ва суюқликли коллекторларга нисбатан ҳаво коллекторларини лойиҳалашда абсорбернинг етарли даражада юқори самарадорлик коэффициенти кўриб чиқиш керак. Ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлики сувникидан 24 марта кичикдир. Шунинг учун иссиқлик алмашилиши учун катта юзани ҳосил қилиш ва тор кўндаланг кесимдаги ҳаво оқимини яратиш керак. Шу билан биргаликда, иссиқлик ташувчини ҳаракатини таъминловчи вентиляторларнинг ишига сарфланадиган электр энергия чиқими ва

гидравлик қаршиликни кўриб чиқиш керак. Каналда ҳавонинг ўртача тезлиги ортиши билан гидравлик қаршилик ҳам тезда ортади. Умуман олганда, абсорбердан ҳавога нисбатан иссиқлик узатиш коэффиценти секинлик билан ортиб боради. Коллекторда аниқ конструкцияларда ҳаво каналларини оптималлаштириш лозимдир. Оптималлаштиришдан мақсад шундан иборатки, самарали иссиқлик узатишда ҳаддан зиёд ҳавонинг босими тушмаслиги учун абсорбер билан катта юзадаги контакт ҳосил қилиш имкониятини ошириш керак.

Шунингдек ҳозирда фотоэлектрик батареялар билан ҳаво коллекторларининг комбинацияси асосида ҳаво фотоиссиқлик қурилмаси (PV-T коллектор) конструкцияси ҳам яратилган. Одатда бино фасадларида ва томларида ўрнатилган фотоэлектрик модулларни орқа томонида совутиш учун табиий конвекция ёки мажбурий ҳаво циркуляциясини ҳосил қилиб қуёш элементлари совутилмоқда (63-расм.)

SolarVenti компанияси 2001 йилда жаҳон бозорига худди шундай конструкцияни (64-расм.) таклиф қилди. Конструкция компания томонидан ишлаб чиқилиб фотоэлектрик модулларни совутиш орқали дача типдаги уйларни автоматик шамоллатиш бўлган. SolarWall компаниясининг бирқанча ишланмалари ҳам савдода ўз ўрни топиб ривожланиб кетди. Фотоэлектрик модулларнинг орқа қисмидан ажралиб чиқаётган иссиқлик вентиляция ёки кондиционерлаш ёрдамида бинонинг иссиқлик таъминоти учун йўналтирилган.



63, 64-расмлар. SolarWall компанияси томонидан яратилган ҳаво фотоиссиқлик қурилмалари

5.4§. Минора туридаги Қуёш электр станциялари ва уларнинг энергетик хусусиятлари

Минора типдаги Қуёш электр станциялари (МтҚЭС) технологик цикллари асосидаги ғоя бундан 370 йил олдин таклиф қилинган эди. МтҚЭС амалий ривожланиши XX асрнинг 1965 йилларида бошланиб 1980 йилларида бу тип бошқа турдаги ҚЭС қараганда анча ривожлана бошлади (17- жадвал).

МтҚЭС асосида машхур термодинамик цикл ётади, бунда ИЭС даги органик ёқилғиларни (газ, нефть, кўмир, торф ва бошқ.) ёқиш ҳисобига бўғ қозони ўрнига шунга ўхшаш қозон бўлиб қуёш энергияси иссиқлиги ҳисобига ҳар хил буғсимон ва суюқ иссиқлик ташувчилар ишлатилади (65- расм. а ва б).

Дунёда XX аср охирида қурилган МтҚЭС

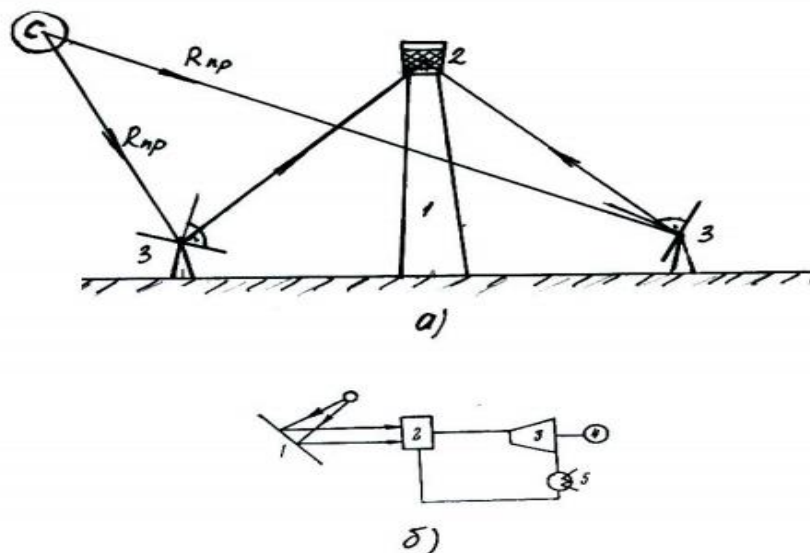
17-жадвал.

БСЭС	Место расположения	Страна	Пуск в эксплуатацию	N (МВт) электрическая	Теплоноситель
SSPS	Алькерия	Испания	1981 г	0,5	жидкий натрий
EURELIOS	Сицилия	Италия	1981 г	1,0	водяной пар
SUNSHINE	Nio Town	Япония	1981 г	1,0	-
CESA-1	Алькерия	Испания	1983 г	1,0	-
THEMIS	Targasonne	Франция	1982 г	2-2,5	расплав солей
Solar One	Барстоу	США	1982 г	10	водяной пар
Solar Two	-	-	1999 г	10	жидкий натрий
СЭС-5	Крым	СССР	1986 г	5,0	водяной пар

Қуёш энергиясини қабул қилгич (қозон) Ердан юқори баландликда минорада жойлашади, унга кўплаб автоматик бошқариладиган ойна акслантиргичлар (гелиостатлар) ёрдамида қуёш нурланиши акслантирилади. Бошқача айтганда, Сиракуза шаҳри аҳолисига Архимед қадимий ғояси ёрдами ёдга тушади. Унга кўра Сиракўза портида душман кемалари кўзгуларни акслантириш орқали ёниб кетганлиги айтиб ўтилади.

Қуёш нурланиши зичлаштирилиб бир нуқтага йиғилиб буғ-иссиқлик ташувчи ҳосил бўладиган қозоннинг иссиқлик ютувчи

юзасига берилади, сўнгра бўғ тўғридан тўғри иссиқлик алмашингич ёки бўғ турбинасига келиб тушади. Бўғ турбинасининг валига маҳкамланган генератор ротори жойлашиб у маълум частота ва кучланишдаги электр энергиясини ишлаб чиқаради.



65-расм. а) МтҚЭС нинг асосий иншоотлари:

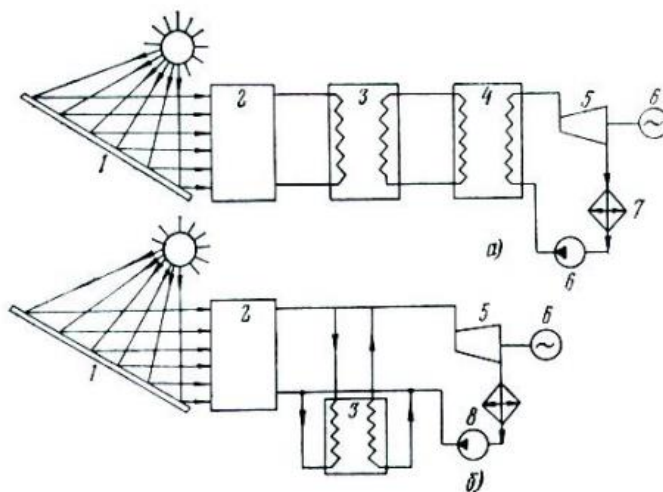
1 – минора, 2 – қуёш нурланишини иссиқлик қабул қилгич-қозон; 3 – гелиостатлар;

б) қуёш энергиясини электр энергиясига айлантиришнинг принципиал схемаси:

1 – гелиостатлар, 2 – қозон, 3 – турбина, 4 – генератор, 5 – конденсатор

Кўпинча МтҚЭС қуввати кўпсонли гелиостатлардан йиғилган қуёш энергияси қозон-қабул қилгич жойлашган миноранинг баландлиги орқали аниқланади. Бу ҳолатда миноранинг юқори баландлиги гелиостатларнинг бир бирига соя бериш хавфини олдини олади. Масалан, қуввати 50÷100 МВт бўлган МтҚЭС да миноранинг баландлиги 200÷300м, фойдаланиладиган гелиостатларнинг майдони 2÷3 км² (15÷25 мингга) бўлиши зарур. 150÷200 МВт қувватдаги МтҚЭС учун 350÷400 м баландликдаги минора керак бўлади, лекин амалиётда бундай станцияларни қуриш жуда қийин ҳисобланади. Шунга асосланиб айтиш мумкинки, қурилган МтҚЭС қуввати 5,0÷10,0 МВт ва минорасининг баландлиги 70÷100 м билан чеклангандир. МтҚЭС учун асосан

1981 йилдан Сицилия оролида (Италия) қуввати 1 МВт, минорасининг баландлиги 50 м бўлган БСЭС EURELIOS минорали қуёш электр станцияси ишлай бошлаган. Унинг иссиқлик қабул қилгичида ҳарорати 600°C бўлган сув буғи ҳосил қилиниб, тўғри аънанавий бўғ турбинасида фойдаланилади. Шунингдек Испаниянинг жануби Алькерияда 1981 йилдан қуввати 0,5 МВт ҚЭС ишлаб келади, унда дастлабки иссиқлик ташувчи сифатида суяк натрий бўлиб у иссиқлик алмашингич орқали ўз иссиқлигини сув бўғига беради. Натрийли иссиқлик ташувчи бир вақтнинг ўзида вақт бўйича иссиқлик аккумулятори ҳисобланади. Шунга ўхшаш ҚЭС да қуёш нурланишининг тасодифий ва цикл характериани ҳисобга олиб энерготизимда қўшимча қувват манбаи бўлибдефицит бўлган органик ёқилғиларни иқтисод қилиш имконини беради. Бу каби ҚЭС иш самарадорлигини ошириш учун уларнинг технологик схемаларига энергия йиғувчиларни қўшиш мумкин, бу сутканинг ёруғ қуёш шуълаланиши вақтида тушадиган қуёш энергиясининг вақт бўйича қайта тақсимланишига ёрдам беради. Юқоридагиларни 66-расм ифодалайди, а ва б ҳолатларда иккита энг кўп ишлаб чиқилган иссиқлик аккумуляторига эга МтҚЭС тасвирланган. 64-расмда а) МтҚЭС да қуёш нурланишини айлантиришнинг умумий технологик занжирига иссиқлик аккумулятори кетма-кет уланган. Б). Иссиқлик аккумуляторига ҚЭС минорасида қизиган ишчи жисмнинг фақат бир қисми ажратилади.



140

1 – гелиостатлар, 2 – қабул қилгич (қозон), 3 – иссиқлик аккумулятори, 4 – иссиқлик алмашингич, 5 – буғ турбинаси, 6 – генератор, 7 – конденсатор, 8 – насос

Минора типдаги ҚЭС фойдали иссиқлик қуввати $N_{\text{ҚЭС}}$ куйидаги формула орқали аниқланади.

$$N_{\text{ҚЭС}}(t) = R_{\Sigma}(t)F_{\Gamma}r_{\Gamma} \sin \theta K_{\text{зат.}} K_{\text{бл.}} K_{\text{ТП}} K_{\text{зап}} r_k \quad (102)$$

бу ерда $N_{\text{ҚЭС}}(t)$, кВт; $R_{\Sigma}(t)$ -1 м² юзага эга тўғри келган қуёш радиацияси (кВт/м² да); F_{Γ} -гелиостатларнинг майдони (м²); r_{Γ} -гелиостатларнинг акслантириш қобиляти (0,75); $\sin \theta$ -0.75-0.8-гелиостатларга қуёш нурланишининг реал тушиш бурчаги; $K_{\text{зат.}}$ -гелиостатларда соя ҳосил бўлиш коэффиценти; $K_{\text{бл.}}$ -гелиостатларни блокировкалаш коэффиценти (одатда $K_{\text{зат.}} K_{\text{бл.}}$ -1); $K_{\text{ТП}}$ -иссиқлик йуқотиш коэффиценти 0.85; $K_{\text{зап}}$ -чангланиш коэффиценти 0.95; r_k -қозон иссиқлик қабул қилгичи томонидан қуёш нурланишини ютиш коэффиценти 0,93÷0,95.

$\eta_{\text{ҚЭС}}^{\text{терм.}}$ да ҳамма энергия йуқотиш турларини ҳисобга олиб куйидагича ёзиш мумкин:

$$N_{\text{ҚЭС}}(t) = R_{\Sigma}(t)F_{\Gamma}\eta_{\text{ҚЭС}}^{\text{терм.}} \quad (103)$$

бу ерда $\eta_{\text{ҚЭС}}^{\text{терм.}}$ - Минора типдаги ҚЭС умумий ФИК.

1985 йилда собиқ СССР нинг Қрим области Щелкино поселкаси Керченский яриморолида биринчи тажрибавий электрик қуввати 5 МВт бўлган МтҚЭС “СЭС-5” ишга туширилди. Буғ генератори сифатида хизмат қилувчи 89м баландликдаги очик цилиндр кўринишидаги минорага қуёш энергияси концентрацияланади. Қозоннинг қиздириш юзаси 154 м² бўлиб у соатига 28 т тўйинган бўғни 4 МПа босим ва 250⁰С ҳароратда ишлаб чиқаради. Қуёш нурланишининг иссиқлик оқим зичлиги 130 кВт/м² бўлиб 1600 та ясси шиша квадрат кўринишидаги майдони 25,5 м², акслантириш коэффиценти 0,71 га тенг гелиостатлар томонидан амалга оширилади. Бу минора типдаги ҚЭС нинг режали соати -

йилига 1920 соатдир. Гелиостатлар умумий майдонининг қозон юзасига нисбати 211 ни ташкил этади. СЭС-5 да 500 м^3 сиғимга эга сув –буғ иссиқлик аккумуляторини ўрнатиш лойиҳаланди.

5.5§. Қуёш ҳовузлиари ва уларнинг энергетик хусусиятлари

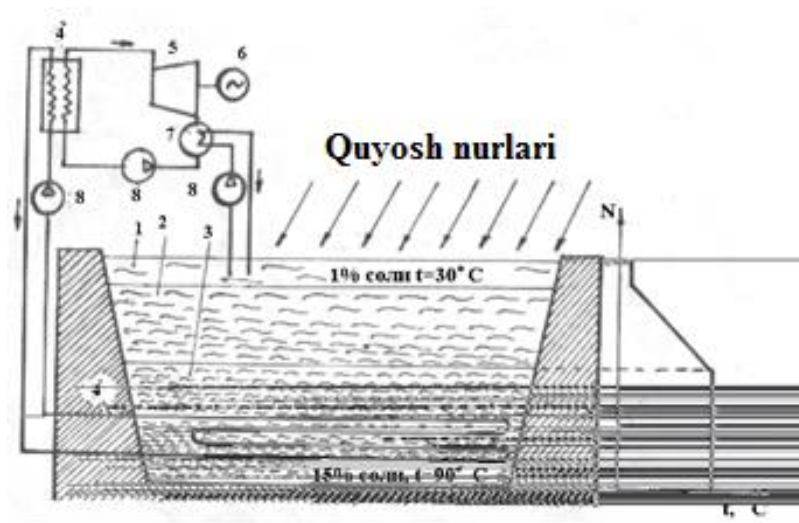
Ичимлик суви одатдаги сув омборларида ютилаётган қуёш энергияси асосан юқори қатламни илитади ва бу ичимлик айниқса тунги соатларда, ҳаво бузилганда, сувнинг буғланиши оқибатида, атроф ҳаво ҳароратини ўзгаришида тез йўқолади. Туз эритмали NaCl ош тузи ёки магний хлор MgCl_2 таркибли сув омборларида қуёш энергияси ютиш механизми мутлақо бошқача содир бўлади. Бундай ҳолда сувнинг тузлик даражасига қараб у қатламларга бўлинади ва туз таркибини юқоридан пастга йўналган ҳарорат градиенти бутун суюқлик ҳажмини уч зонага бўлади, улардаги туз таркиби юзадан тубга қараб ортиб боради. Дастлабки юпқа юқори қатлам (10-20 мм) деярли ичимлик сув бўлиб, катта қалинликдаги суюқликнинг ноконвектли иккинчи қатлами билан чегараланади, ундаги туз таркиби чуқурлик бўйлаб аста-секин ортиб ортади ва кучли даражада NaCl учун 15-25% ва MgCl_2 учун 30% гача энг юқори даражага етади. Бу қатлам қалинлиги сув омбор умумий чуқурлигининг $2/3$ қисмини ташкил қилади. Учинчи, қуйи конвектли қатламда туз таркиби энг юқори даражада бориб, суюқлик қисмида тенг тақсимланган. Қўл чуқурлиги бўйлаб туз эритмаси таркиби градиенти суюқликнинг илиган қатламнинг тубдан юзага қараб бемалол – конвектив ўтишига босим беради, шу тариқа иссиқликнинг тубга яқин жойда тўпланганини таъминлайди.

Сувнинг тузли қуйи қатламлари ўта зичлиги қуёш энергиясининг яхши ютилишига имкон беради, буни оқибатида қуйи қатламлар юзадагига қараганда купроқ исийди.

Шу сабаб айрим табиий тузли кўлларда тубдан сув ҳарорати 70°C гача кўтарилади. Бу туз таркибининг юқори даражадалигидан дарак беради.

Қуёш энергияси бутун сув орқали ўтган ва қора бўёқли тубга ютилган ҳолларда эса сувни тубга яқин жойлари $90-100^\circ\text{C}$ гача исийди, бу вақтда қатлам юза ҳарорати 20°C да қолаверади.

Қуёш сунъий кўли (сув омбори) кесими энергиядан фойдаланиш таъминоти ва суюқликнинг кўл баландлиги бўйича ҳарорати ўзгариши 65-расмда кўрсатилган.



67-расм. Қуёш сунъий кўли (сув омбори) кесими энергиядан фойдаланиш таъминоти ва суюқликнинг кўл баландлиги бўйича ҳарорати ўзгариши.

1- чуқуқ сув; 2- қимояловчи қатлам; 3- иссиқ аралашма қатлами; 4- иссиқ алмаштиргич; 5- турбина; 6- генератор; 7- конденсатор; 8- насос.

Олинадиган термал градиент энергиясидан фойдаланиш таъминоти оддий кўл пастки қатламларидаги 60-90°C ҳароратли сув 4 иссиқлик алмашувхонасига насосда ва паст ҳароратда қайнайдиган фреон, аммиак каби суюқликларни буғлантиришда фойдаланилади.

Бу суюқлик буғлари биланодатдаги буғ турбинлаш кесим бўйича турбогенератор ҳаракатга келтиради. Суюқликнинг ишлатилиш буғлари сувнинг анча совуқ юзаси билан совутилади, конденсация қилинади ва яна олдингидан фойдаланилади.

Катта миқдорда ишлатилган сувли қуёш сунъий кўллари яхшилигича иссиқлик манбаи ҳисобланади, бу иссиқлик тўплаш мосламасини нисбатан осон ҳал қилишга имкон беради. Масалан, 2 м чуқурликка эга кўл изоляция тўхтаб қолганда электр генераторнинг бир ҳафтагача узлуксиз ишлашини таъминлайди. Тегишли чуқурликдаги кўллар ясалаётганда ҳатто иссиқлик тўпламларини мавсумий қилиниши таъминласа бўлади. Қуёш кўллари асосида олинадиган электр энергияси нисбатан арзон ва 1

кВт.с учун 0,1 долларни ташкил этади. Қуёш кўллари бўлган ҚТЭМ самарадорлиги бир неча фоиздан иборат. Кўл майдонининг бир гектаридан 200-300 кВт гача электр энергияси олиш мумкин.

Қуёш кўллари бўлган ҚТЭМ қатор мамлакатларда бор: Исроилда 300 кВт ва 5 МВт қувватлиси, АҚШда 5 МВт қувватлиси. Австралия, Ҳиндистон, Италия, Япония, Мисрда уларни барпо этиш ва фойдаланиш бўйича самарали изланишлар олиб борилмоқда. Ўзбекистонда ҳам бу борада яхши ишлар қилинмоқда, бу ерда Қорақалпоғистоннинг Оролбўйи зонасида катта миқдорда юзага келган табиий тузли кўллардан фойдаланилмоқда.

VI БОБ. ИССИҚЛИК АККУМУЛЯТОРЛАРИ

Гелиотизимларда иссиқликни аккумуляция қилиш зарурияти йил давомида суткалик вақтда қуёш энергияси оқимининг ўзгаришига асосланган. Аккумулятордаги энергия захираси қисқа муддатли аккумуляция жараёнларида суткага ёки бир қанча соатга, мавсумий аккумуляциялашда бир қанча ойларга ҳисобланган бўлади. Умуман олганда, иссиқлик аккумуляторларининг кўлланилиши гелиотизимларнинг самарадорлигини ва иссиқлик таъминотининг ишончлилигини оширади.

Паст ҳароратли иссиқликни аккумуляция қилиш тизимлари 30 дан 100°C гача бўлган ҳарорат диапазонини қамраб олади ва ҳаво (30°C) ва сув иситиш тизимида (30–90°C), шунингдек иссиқ сув таъминотида (45–60°C) фойдаланилади.

Қоидага мувофиқ, иссиқликни аккумуляция қилиш тизими кўйидагидан иборат:

- Резервуар;
- Иссиқлик энергиясини сақлаш ва йиғишни амалга ошириш учун иссиқлик аккумуляцияловчи материал;
- Аккумуляторни заряд –разряд қилишда иссиқликни келтириш ва узатиш учун иссиқлик алмашинувчи қурилма;
- Иссиқлик изоляцияси.

Иссиқлик аккумуляция қилувчи материалда (ИАМ) кечадиган физик-кимёвий жараёнлар хараектерига кўра аккумуляторларни кўйидагича синфларга ажратиш мумкин:

- Сифимли турдаги аккумуляторлар, яъни уларнинг агрегат ҳолатини ўзгартирмасдан қиздириладиган (совутиладиган) аккумуляцияловчи материалнинг иссиқлик сифимидан

фойдаланилади (табiiй тош, галька, сув, тузларнинг сувдаги эритмалари ва бошқалар);

- Фазовий ўтиш ҳолатига эга моддалардан иборат аккумуляторлар, буларда модданинг эриш (қотиш) иссиқлигидан фойдаланилади;

- Қайтар кимёвий ва фотокимёвий реакцияларда иссиқликнинг ютилиши ва ажралишига асосланган энергия аккумуляторлари.

Биринчи гуруҳ аккумуляторларида қуёш энергияси ҳисобига иссиқлик алмашингич орқали иссиқлик аккумуляцияловчи материални совуш ёки қизиш жараёнлари бир вақтда ёки кетма-кет содир бўлади. Бу усулдаги иссиқликни аккумуляциялаш жараёни кенг тарқалган. Бу турдаги аккумуляторларнинг камчилиги шундан иборатки, улар катта массага эга, бунинг оқибатида катта жойнинг талаб қилиниши, 1 гЖ аккумуляцияланган иссиқлиги ҳисобида эса қурилиш ҳажмидаги майдон ҳам керак бўлади. Ҳар хил иссиқликни аккумуляция қилувчи материалларнинг қиёсий жадвали келтириб ўтилган.

Баъзи иссиқлик аккумуляцияловчи материаларни таққослаш

18-жадвал

ИАМ характеристикалари	Гранит, галька	Сув	Глабер тузи		Парафин
Зичлиги ρ	1600	1000	1460 ^ж	1330 ^ж	786 ^т
Иссиқлик	0,84	4,2	1,92 ^т	3,26 ^ж	2,89 ^т
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент	0,45	0,6	1,85 ^т	1,714 ^ж	0,498 ^т
$\Delta T=20K$, да 1ТЖ иссиқликни аккумуляциялаш учун ИАМ массаси, кг	59500	11900	3300		3750
Сув массасга нисбатан ИАМ нисбий массаси, $\frac{кг}{кг}$	5	1	0,28		0,32
$\Delta T=20K$, да 1ТЖ иссиқликни аккумуляциялаш учун ИАМ ҳажми, м ³	49,6 ^ж	11,9	2,26		4,77
Сув массасига нисбатан ИАМ нисбий ҳажми м ³ /м ³		1	0,19		0,4

Изоҳ:

1. Даражаларнинг белгиланиши қўйидагича:

т — қаттиқ ҳолат; ж — суюқ ҳолат; — бўшлиқ ҳажмини назарда тутган ҳолда — 25%.

2. Эриш иссиқлиги ва ҳарорати: парафин — 47°C ва 209 кЖ/кг; глауберова тузи — 32°C ва 251 кЖ/кг.

6.1§. Сиғим турдаги аккумуляторлар

Бу иссиқлик энергиясини аккумуляция қилиш учун энг кенг тарқалган қурилма ҳисобланади. Иссиқликни аккумуляция қилиш қобиляти ёки иссиқлик миқдори (кЖ), сиғим туридаги иссиқлик аккумуляторларида қўйидаги ифодадан аниқланади:

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

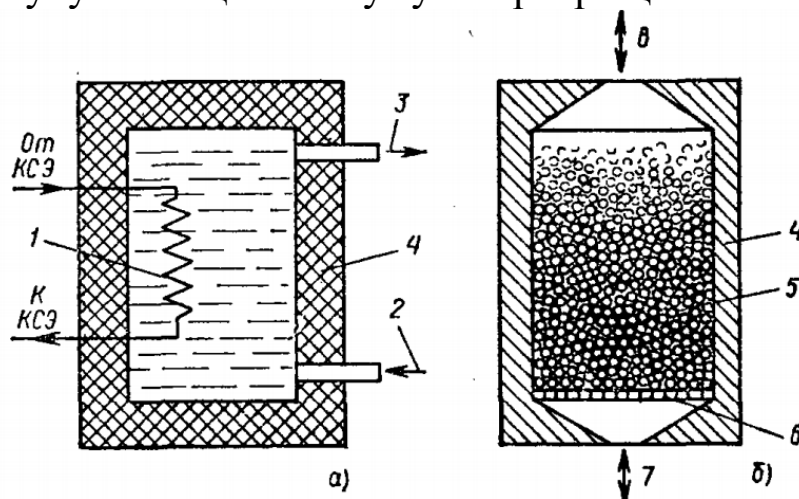
бу ерда: m — иссиқликни аккумуляцияловчи модданинг массаси, кг; C_p — модданинг солиштирма изобар иссиқлик сиғими, кЖ/(кг·К); T_2 ва T_1 — иссиқлик аккумуляция қилувчи модданинг бошланғич ва охирги ҳароратлари ўртача қиймати, °С.

Суюқ қуёшли тизимларнинг иссиқлик таъминотида энг самарали иссиқлик аккумуляцияловчи материал бўлиб сув хизмат қилади. Мавсумий вақтлар учун иссиқликни аккумуляция қилиш, асосан ер ости ҳовузларидан, грунтлардан, тоғ жинсларидан ва бошқа табиий ҳосил бўлган жинслардан фойдаланиш истиқболли саналади. Йирик масштабли тизимларда 100000 м³ сув сиғимига эга темирбетонли ва пўлат резервуарларда маълум иссиқлик сиғимига эга иссиқ сув 85-95⁰С ҳароратда 8000 ГЖ иссиқлик энергиясини сақлаб туриши мумкин. Уларнинг эксплуатацияси жуда содда бўлсада, қуриш вақтида капитал қўйиш суммаси юқоридир.

Уларни иссиқлик насослари билан биргаликда фойдаланиш мақсадга мувофиқ саналади, чунки бунинг натижасида уларнинг

иссиқлик аккумуляция қилиш қобилияти резервуарда сувни 5°C гача совутиш ҳисобига 2 баробар ошиши мумкин.

Мавсумий равишда иссиқликни аккумуляция қилишнинг ижобий тажрибаси Швецияда¹ тўпланган бўлиб, у ерда бутун поселкаларни иссиқлик таъминотида йирик гелиоиссиқликнасосли тизимлардан фойдаланилади. Аммо, индивидуал фойдаланиш учун ўта қизиқиш иситиш ва иссиқ сув таъминотида катта бўлмаган қуёш қурилмалари учун иссиқлик аккумуляторлари ҳисобланади.



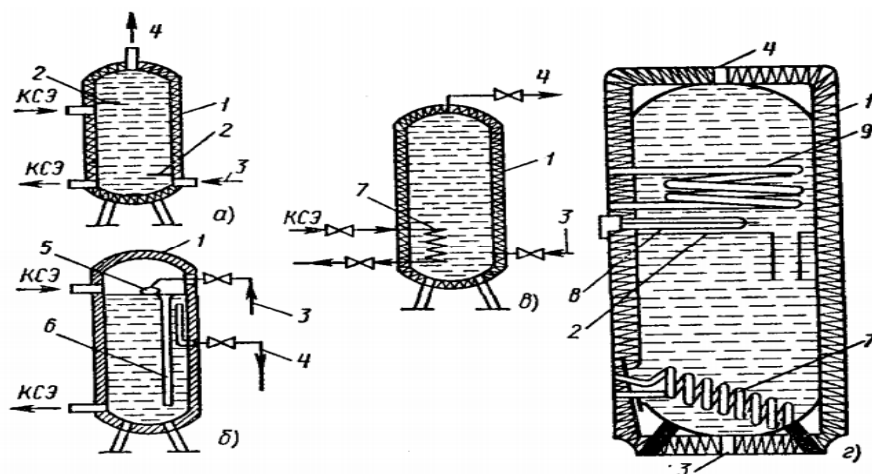
68-расм. Сифим туридаги иссиқлик аккумуляторлари— сувли (а) ва майда гранит тошли (б):

1 — иссиқлик алмашингич; 2 — совуқ сув; 3 — иссиқ сув; 4 — иссиқлик изоляцияланган бак (бункер); 5 — майда гранит тошлар катлами; 6 — панжара; 7, 8 — ҳаво келтириш ва узатиш.

69-расмда табиий ва мажбурий циркуляцияли сув иситиш қурилмаларида қўлланиладиган 200-500 л сифимли аккумуляторларнинг бакларини конструктив тайёр намуналари кўрсатилган. Бакнинг иссиқлик йуқотишлари қалинлиги 50 мм кам бўлмаган стекловата иссиқлик изоляция сифатида қоплаш натижасида камайтирилмоқда. Сув ўтказувчи қувур билан контактда бўлган бакнинг ички юзаси каррозиядан ҳимояланган бўлиши зарур. Бунинг учун бак зангламайдиган пўлатдан тайёрланиши, эмал қопламага эга бўлиши ёки магнийдан анод, ёки ташқи электр манбаидан ҳимояланиш мақсадида анод ҳимояга эга бўлиши зарур. Бакда иситиш тизимига иссиқлик узатиш учун иссиқлик алмашингич (69 расм, г), электр иситгичдан иссиқлик ҳайдаш учун

¹ Қуёш энергетикасига нисбатан жиддий муносабатга мисол сифатида Швециянинг қонуний нормаларини мисол келтириш мумкин.

икки контурли тизимда иссиқлик алмашингич (69-расм, в,г), бак қуйи қисми учун қувур, совуқ сувни ҳайдаш учун сузгич клапан (69-расм, б), горизонтал **тўрпарда** (69-расм, а ва г) кўзда тутилган бўлиши зарур. Перегородка бакнинг ички қисмини сувнинг баландлиги бўйича ҳар хил даражага эга секцияга бўлади, бунда бакнинг юқори қисмида пастки қисмига қараганда ҳарорат юқори бўлади. Бу иссиқликнинг аккумуляция қилишнинг самарадорлигини оширади. КСЭ да а ва б схемаларда иссиқлик ташувчи сифатида сув хизмат қилади, а, в схемаларда ва в, г схемаларда антифриз, шунинг учун иссиқликни антифриздан сувга узатиш учун иссиқлик алмашингич ишлатилади.



69-расм. Иссиқ сув аккумуляторлари - баклар

а— Ички перегородкали пастдан совуқ сувни ҳайдаш баки; б— Совуқ сувни ҳайдаш учун поплавковый клапанли бак; в— Иссиқлик алмашингич орқали КСЭ дан иссиқликни ҳайдовчи бак; г— электр иситгичли секцияларга бўлинган бак;

1 — иссиқлик изоляцияли бак; 2 — **тўрпарда**; 3 — совуқ сувни ҳайдаш; 4 — иссиқ сувни узатиш; 5 —сузувчан клапан; 6 — **қуйи туширилган қувур**; 7 — иссиқлик алмашингич; 8 —электр иситгич; 9 — иссиқлик алмашингич.

Иссиқлик таъминоти куёш ҳаво тизимларида заррачаларнинг зич қатламидан иборат насадка кўринишидаги 20-50 мм ўлчамга эга галькалардан ташкил топган доиравий ёки тўғри тўртбурчак

кесимидаги сиғимли галькали иссиқлик аккумуляторлари қўлланилади. Бу турдаги аккумуляторлар бир қанча афзалликларга эгадир, сувли аккумуляторлар билан таққослаганда улар катта ҳажмни эгаллайди. Галькали аккумуляторлар вертикал ёки горизонтал жойлашиши мумкин. Кундуз куни қуёш коллекторидан чиқаётган иссиқ ҳаво аккумуляторда ўз иссиқлигини галькага беради ва шундай қилиб аккумулятор зарядкаси амалга оширилади. Тунда ёки булутли об-ҳавода аккумулятор разрядланиб ҳаво оқими тескари йўналишда ҳаракатланиб иссиқликни истеъмолчига олиб кетади. Аммо, бир хил энергия сиғимида галькали иссиқлик аккумуляторининг ҳажми сувли бак аккумуляторининг ҳажмидан 3 марта катта бўлади.

6.2 §.Фазовий иссиқлик ўтиш аккумуляторлари

Фазовий иссиқлик ўтиш аккумуляторининг асосий афзаллиги шундаки, улар юқори солиштирма энергия зичлигига эгадирлар, шу сабаб сиғим аккумуляторлари билан қиёслаганда аккумуляторнинг массаси ва ҳажми камаяди. Иссиқлик таъминотида паст ҳароратли қуёш тизимлари учун фазовий иссиқлик ўтиш аккумуляторларида қуйидаги органик моддалар яроқлидир (парафин ва баъзи ёғли кислоталар) ва ноорганик тузлар кристаллгидратлари, масалан $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ гексогидрат хлорли кальций ёки 29 ва 32⁰С да алангаланувчи глаубер тузи $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Кристалли гидратлардан фойдаланилганда, аралашмаларга ажралиши ёки уларнинг қайтадан совуши ишчи циклларнинг сонининг камайиши ва барқарор бўлмаган моддалар ҳосил бўлишига олиб келади. Бу камчиликларни бартараф этиш учун иссиқлик аккумуляция материалига махсус модда қўшилади, бу аралашманинг бир хил даражада кристалланишини таъминлашга ва материалдан узоқ фойдаланиш жараёнида эриш-қотиш кўп қиррали цикларида ёрдам беради. Самарали иссиқлик алмашинувини ташкил этиш учун иссиқлик аккумуляцион материал билан қопланган оребрэн юзага эга капсулалардан, шунингдек иссиқлик ўтказувчи матрицалардан (ячейкали структуралардан) фойдаланилади. Органик моддалардан биринчи навбатда, жуда кичик иссиқлик ўтказиш коэффициентига эга [0,15 Вт/(м•°С)] фойдаланиланиш зарур.

6.3§. Биноларни иситиш учун қуёший иссиқлик таъминот тизимлари

Бизнинг шимолий кенгликларда биноларнинг иссиқлик таъминоти (иситиш) учун ҳамма истеъмол қилаётган ёқилғи энергетик ресурсларининг анчагина қисми сарфланади. Бу мақсадда қуёш энергиясидан фойдаланиш кўп миқдорда энергияни иқтисод қилиш имконини беради. Биноларнинг қуёший иссиқлик таъминотида актив ва пассив тизимлар фарқланади.

Актив тизимларнинг характерли фарқли жиҳатлари шундаки, уларда қуёш энергияси коллектори, иссиқлик аккумуляторлари, қўшимча энергия манбалари, қувур ўтказгичлар, иссиқлик алмашингичлар, насослар ёки вентиляторлар ва автоматик бошқариш ва назорат қурилмаларидан иборат бўлади. Пассив тизимларда қуёш коллектори ва иссиқлик аккумуляторлари функцияси одатда тўсувчи бино конструкция вазифасини бажариб иссиқлик ташувчининг (ҳаво) ҳаракати вентилятордан фойдаланилмасдан табиий конвекция ҳисобига амалга оширилади. Бино конструкциясининг ишланмасини яратиш вақтида иссиқлик энергиясининг камайишига қўйиладиган талаблар ҳисобга олинади, шунда самарали гелиотизимдан иборат иссиқлик таъминоти яхши ишлайди. Бу айниқса энергия самарали ёки (ташқи изоляция қилинган) уйларда, яхши иссиқлик изоляцияга эга деворлар, потолок, пол ва ташқи тўсиқлар максимал герметик конструкцияга эга уйларда эришиш мумкин. Бундай уйларда деворларнинг иссиқлик йўқотиш коэффиценти жами бўлиб $0.15 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ташкил этади ва ташқи ҳавонинг бинога кириши камайтиради.

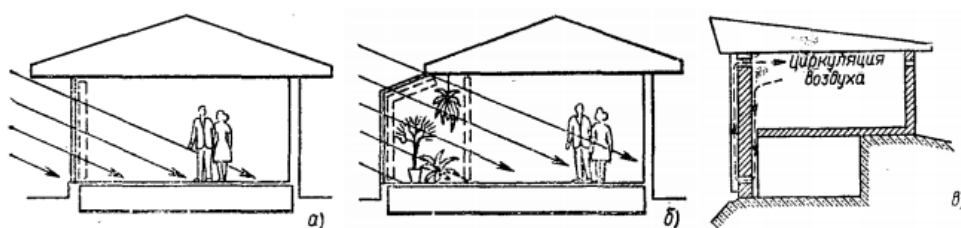
Эътиборни қаратиш керакки, бошқа жиҳатларидан бири, масалан, 2 та шиша орасида жойлашган полимер пленкалар ёки шишага махсус қопланган юқори самарали қопламага эга деразалардан фойдаланиш мақсадга муфовикдир. Шунингдек қуёш энергиясига нисбатан юқори ўтказиш қобилиятини таъминловчи қопламалар ва иссиқлик нурланиши учун паст нурлантириш қобилиятига эга қопламалардан фойдаланиш зарур. Бундай ромларни қўллаганда ички юзадаги ҳарорат кўтарилади, шу туфайли шишада сув буғларининг конденсацияси камаяди ва қулайлик ҳисси ортади. Иккита шиша қопламаси оралиғида вакуумга эга герметик ром, яъни махсус деразанинг қўлланилиши иссиқлик йўқотилишини

камайтиради ва бир вақтда кираётган шовқин даражасини камайтиради. Шундай қилиб, қуёш энергиясидан самарали фойдаланишда, айниқса совуқ иқлим шароитларида энергияни сақлашнинг юқори даражаси таъминланиши зарур. Бунда гелиотизимнинг қуввати ва қўшимча энергия манбалари, шунингдек уларнинг ўлчамлари ва нархи минимал бўлиши зарур.

Биоларни иситишнинг пасив гелиотизимлари

Биоларни иситиш учун қуйидаги пасив гелиотизимлар қўлланилади:

- Бинонинг жанубий фасадидаги катта майдондаги шиша юза орқали қуёш нурланишини тўғридан тўғри тутиш орқали (70-расм, а) ёки қуёш иссиқхонаси биносининг жанубий деворига сингиб кириш(қишги боғ, оранжерия) орқали (70- расм, б);
- Жанубий фасад шиша қатлами оралиғида иссиқлик аккумуляция деворидан иборат, яъни қуёш нурланишини ҳар хил тутиш орқали(70- расм, в)
- Галькали иссиқлик аккумулятори ва конвектив ҳаво циркуляцияли контур билан;



70-расм. Биоларни иситишнинг пасив гелиотизим турлари

а). Қуёш нурланишини тўғридан тўғри тутиш орқали; б)махсус қурилган иссиқхонада; в).иссиқлик аккумуляцига эга девор орқали.

Бундай тизимдаги уй 71- расм, а кўрсатилган. Бундан ташқари пасив ва актив гелиотизимлар элементларини бириктирувчи гибрид тизимлардан ҳам фойдаланилади.

Иситиш учун қуёш энергиясидан самарали фойдаланишни таъминлашда пассив тизимлар бинонинг бир қисмини ташкил этиб лойиҳаланиши зарур. Қуёш нурланишини тутиш учун жанубий фасад шиша юзаси ва ром билан бир қаторда томда шиша проём ва бинонинг юқори қисмидаги қўшимча ойна инсон учун қулайлик даражасини кўтариб, юзга тўғридан тўғри қуёш нурланиши тушишидан асрайди. Пассив гелиотизимларнинг самарали ишлашининг муҳим шартларидан бири қиш ойларида қуёш нурланишини тутиш ва максимал тушиши учун бино ориентацияси ва жойни тўғри танлашдан иборат.

Пассив тизимлар жуда оддийдир, лекин уларнинг самарали ишлаши учун ёруғ шаффоф юзаларнинг иссиқлик изоляциясини ҳолатини бошқарувчи қурилма, шторлар, иссиқлик аккумуляцияловчи деворда ҳаво циркуляциси учун тешикларда заслонкалар керак бўлади. Қуйидаги шартларга тўлиқ риоя қилинганда қуёш энергиясини тўлиқ тутиш самарали амалга оширилиши мумкин:

1. Уйнинг оптимал жойлашуви — шарқ ўқи бўйлаб— ғарб ёки бу ўқдан 30° гача оғиш орқали;

2. Уйнинг жанубий томонида камида 50–70% ром, шимолий томонида эса 10% дан кўп бўлмаган ромга эга, жанубий ромлар минумум 2 қатламли шишадан, шимолий ойналар эса камида 3 қатламли бўлиши зарур;

3. Бино яхши иссиқлик изоляциясига ва ташқи ҳавонинг филтрацияси натижасида кам иссиқлик йуқотилишига эга бўлиши зарур;

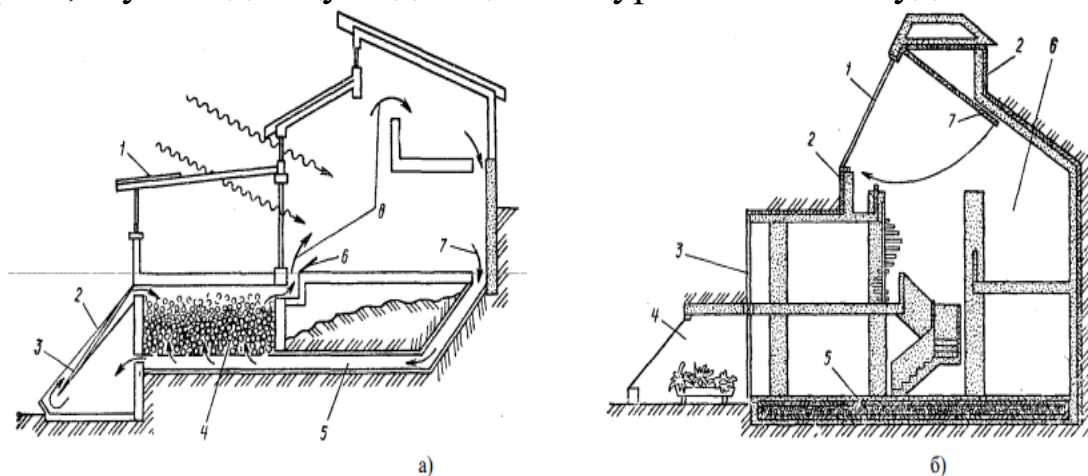
4. Бинонинг ички лойиҳаси яшаш хоналарини жануб томондан ва қўшимча хоналарни шимолдан жойлашишини таъминлаши зарур.

5. Қуёш энергияси иссиқлигини аккумуляциялаш ва ютилиши учун пол ва ички деворларнинг иссиқликни аккумуляция қилиш қобилияти етарли даражада бўлиши зарур.

6. Биноларнинг ўта қизиб кетишини олдини олиш учун ромлар устида навеслар, козыркалар бўлиши керак. Бундай тизимнинг ФИК 25-30% ни ташкил этади, айниқса қулай иқлим шароитларида бу кўрсаткич юқори, яъни 60% га етиши мумкин. Бу тизимнинг камчилиги шундаки, бинонинг ичида ҳаво ҳароратининг юқори суткалик тебраниши бўлиб туради. Қайта қуриладиган бинолар учун (иқтисодий нуқтаи назардан) қуёш энергиясини тўғридан тўғри тутишда пассив тизимлар энг фойдали ҳисобланади. Пассив

тизимлар худди бино каби яроқлилик муддатига эга, паст эксплуатацион чиқимларга эга. Бу тизимларда иссиқликни олиш билан бир қаторда кун давомидаги самарали ёритишни таъминлайди, шу туфайли электр энергия истеъмоли камаяди. Уйнинг жанубий фасади шиша майдони ҳисога олинishi зарур, чунки у қуёш энергияси улушидан олинадиган иссиқлик нагрукасини қоплаш ва куннинг узок қисмида қуёш нурлари уларга узок тушиб туриши учун иссиқлик аккумуляция элементлари (иссиқлик массаси) қулай жойда жойлаштирилиши зарур. Қуёш нурлари уларга тўғри тушиши ва ҳар доим одамлар бўладиган биноларда ҳаддан зиёд ўта қизиқ кетишга йул қўймаслик керак. Пассив тизимларга қўйиладиган муҳим талаблар шундан иборатки, биноларда ҳарорат режимини бошқариш ва иссиқлик комфортини таъминлашдир. Пассив тизимга эга биноларда қуёш энергиясидан фойдаланилганда оддий бинолар билан қиёслаганда камфорт паст ҳаво ҳароратларида таъминланади, шунингдек ҳамма ва кўпчилик ички биноларнинг ҳарорати ҳаво ҳароратидан юқори ва улар инсонларга иссиқлик нурлантиради, натижада камфорт ҳис қилиш ортади. Аммо, қуёш энергиясини тўғри тутишда пассив тизимлардан фойдаланилганда иссиқлик аккумуляция элементларида юқори иссиқлик инерцияси туфайли биноларда ҳаво ҳароратини бошқариш қийин кечади. Биноларнинг ҳарорат режимларини лойиҳалашда ҳар бир элементларнинг жойлашуви ва массани оптималлаштириш, шунингдек навеслар ва козиркалардан фойдаланиш, тунги вақтларда ёруғ шаффоф юзалардан, ҳавонинг кириши ва чиқишини, ромларнинг очилиш ва ёпилишини, фарточка ва фрамугларни ташкиллаштириш учун автоматик бошқариладиган заслонкалар бўлиши зарур. Бундай тизимларда уйнинг жанубий томонида деворларда катта майдондаги шишаланган юзалар ва ромлардан фойдаланилади. Бинонинг иситиладиган майдони ва иситиш иссиқлик нагрукасини шишаланган майдон аниқлайди. Бинонинг иссиқлик нагрукасини камайитириш учун энг яхши иссиқлик изоляциясини қўллаш орқали бино қурилган бўлиши ва бошқа чора тадбирлардан фойдаланиб энергияни сақлаш лозим. Шу мақсадда тунги вақтларда ёруғ шаффоф ташки юзаларга эга иссиқлик изоляторларидан фойдаланилади, булар иссиқлик изоляцион щитлар, ставни, зич шторлар ва бошқалар бўлиши мумкин. 71 а Расмда кўрсатилган уйда қуёш энергиясини тўғри тутиш кўзда тутилган, шунингдек коллекторда қизиган галька қатламида

иссиқликни аккумуляция қилиш орқали ҳавонинг табиий конвектив циркуляцияси контури ва клапан ёрдамида ҳаво ҳаракатини бошқариш, шунингдек қуёшдан ҳимоя қурилмаси мавжуд.



71-расм. Қуёшли уй:

а) Тош қатламида иссиқликни аккумуляция қилиш ва ҳавони қиздириш учун қуёш энергиясини тўғри тутиш билан конвектив контур ҳосил қилиш; б) гравийли иссиқлик аккумуляторлари

а) 1 — қуёшдан ҳимоя қурилма; 2 — ҳаво коллектори; 3 — қора металл лист; 4 — тошлар; 5 — ҳавони қайтариш; 6 — ҳаво оқимини бошқариш; 7 — тоза ҳаво; 8 — иссиқ ҳаво

б) 1 — шиша қопламаси; 2 — иссиқлик изоляцияси; 3 — ойна; 4 — сочмали; 5 — гравий; 6 — ошхона; 7 — клапан

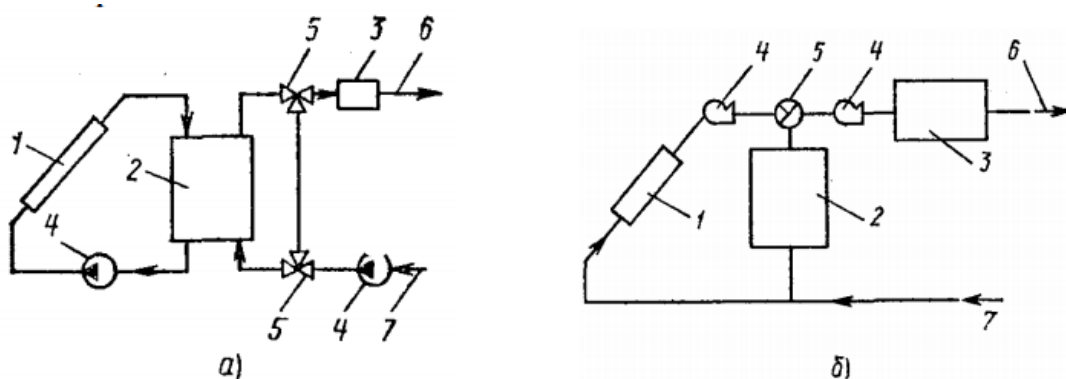
Қора ёки бошқа тўқ рангга бўялган жанубий девордаги шиша қопламасига эга иссиқлик аккумуляцияловчи пассив гелиотизимлар юқори самарадорлигига эгаллиги билан фарқ қилади ва бир қанча конструктив вазифаларни бажариши мумкин.

Бошланғич вариант сифатида ҳаво циркуляцияси учун тешиklar мавжуд бўлмаган тўқ рангдаги тошли девор ёки жанубий шиша бетон ҳисобланади. Қуёш нурланиши бир ёки икки қатламли шиша қопламасини сингиб ўтиб тўқ матовой ранг бўёққа буялган девор юзасида ютилади ва ҳарорат кўтарилишини ҳосил қилувчи девор массасида аккумуляция бўлади. Кундуз куни аккумуляция бўлган иссиқлик конвекция ва нурланиш ёрдамида бинонинг ички қисмига кечикиб узатилади. 200 мм бетон деворининг қалинлигида бу кечикиш 5 соатни ташкил этади. Энг етук варианты ҳаво циркуляцияси учун қуйи ва юқори сатҳларда тешиklarга эга девор конструкцияси ҳисобланади. Бунда бинода иссиқликни узатиш анчагина яхшиланади. Ҳавонинг ҳаракатини бурилувчан

заслонкалар ёрдамида амалга ошириш мумкин, шунингдек катта қувватга эга бўлмаган вентилятордан ҳам фойдаланиш мумкин.

Биноларни иситишнинг актив гелиотизимлари

Қуёший иситиш актив тизимларига қуёш коллектори, иссиқлик аккумулятори, қўшимча (резерв) энергия манбаи, КСЭ дан аккумуляторга иссиқлик узатиш учун иссиқлик алмашингич, насослар, вентиляторлар, арматурали қувурўтказгичлар ва тизимнинг ишини бошқариш учун комплекс қурилмалар киради.



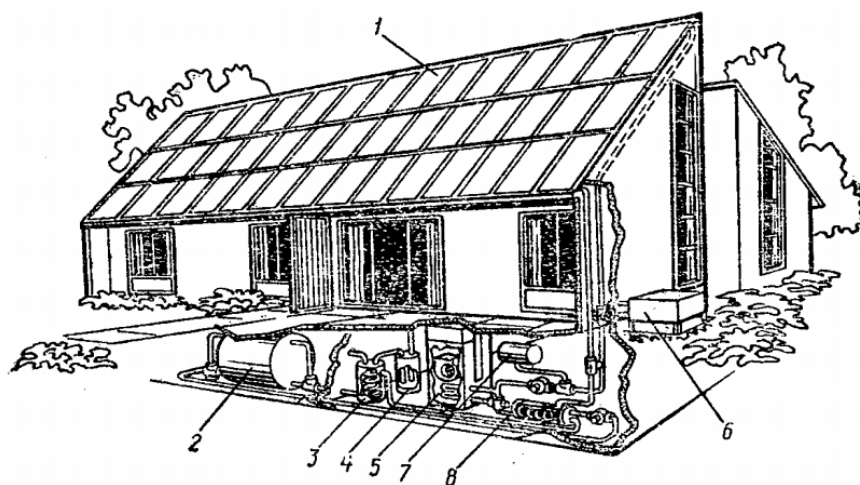
72-расм. Қуёший иситишнинг сувли (а) ва ҳаво асосидаги (б) актив тизимлари.

1 — қуёш энергияси коллектори; 2 — иссиқлик аккумуляторлари; 3 — қўшимча энергия манбаи; 4 — насос(вентилятор); 5 — бошқаришга асосланган клапан; 6 — қиздирилган иссиқлик ташувчини ҳайдаш; 7 — совутилган иссиқлик ташувчини қайтариш.

Иссиқлик бинода ҳаво тизимларида ҳаво йулакчалари ва вентиляторлар ёрдамида тақсимланади ёки паст ҳароратли иссиқлик ташувчиларга ҳисоб қилинган (суюқликли тизимларда) конвекторлар, радиаторлар ва нурлантирувчи панеллар воситасида ҳам амалга оширилади. Агар қиздиришнинг иссиқлик нагрузкаси $45-60 \text{ Вт/м}^2$ бўлса, унда иситишнинг пол тизимидан фойдаланилганда (полнинг пастдан иссиқлик изоляция қилинган юзасига қувур ётқизилган ҳолда циркуляцияланиб иссиқ сув ёрдамида қизитилади) бинодаги ҳаво ҳарорати 18°C бўлиши учун пол юзасидаги ҳарорат

22-24⁰С, сувнинг ҳарорати эса 30⁰С бўлиши керак. Пол одатда бетондан тайёрланиб унинг ичида иссиқлик ташувчи учун Ø20 мм бўлган полиэтилен қувурлар йиғилади, унинг таг қисмидан тош засыпкаси қопламасидан гидроизоляция қиладиган иссиқлик изоляция қатлами жойлашади. Бошқа вариантида қаттиқ пенополиуретан қатлами устида жойлашган 0,5 мм алюминий листга бириктирилган мис қувурлардан фойдаланилади.

73-расмда аҳоли яшайдиган уйнинг томига ўрнатилган суюқлик қуёш коллектори тасвирланган. Иситиш ва иссиқ сув таъминотида гелиотизимнинг қолган жиҳозлари уйнинг подвалида жойлашган. У ерда асосий иссиқлик аккумуляторлари, сув иситиш учун иссиқлик алмашингич (3), иссиқ сув аккумуляцияси учун бак, уйни иситиш ва ҳавони қиздириш учун иссиқлик алмашингич (5), кенгайиш баки ва антифриздаги иссиқликни сувга узатиш учун иссиқлик алмашингич ўрнатилган. Уйнинг ташқарисида иссиқлик алмашингич (6) бўлиб у ёз ойларида ортиқча йиғилган қуёш иссиқлигини ташлаб юбориш учун хизмат қилади.



73-расм. Актив гелиотизимли иссиқлик таъминотида эга уй

1 — қуёш коллектори; 2 — иссиқлик аккумулятори; 3 — сувни қиздириш учун иссиқлик алмашингич; 4 — иссиқ сув бак аккумулятори; 5 — ҳавони қиздириш учун иссиқлик алмашингич; 6 — ортиқча иссиқликни ташлаш учун иссиқлик алмашингич; 7 — кенгайиш баки; 8 — сув иситиш учун иссиқлик алмашингич

Илова. ГЛОССАРИЙ-ИЗОХЛИ ЛУҒАТ

Умумий тушунчалар.

3.1. Қуёш энергетикаси. Қуёш энергиясини электр ва иссиқлик энергияларига айлантириш билан боғлиқ энергетика соҳаси.	Solar power engineering
3.2. Қуёш электростанцияси (ҚЭС); Қуёш энергиясини электр энергиясига ўзгартириш учун мўлжалланган электр станция.	Solar power plant
3.3. Қуёш-ёқилғили электростанцияси (ҚЭС); Ягона технологик схема бўйича қуёш нурланиши энергиясини электр ва иссиқлик энергияларига айлантирадиган электр станцияси.	Solar-fuel power plant
3.4. Қуёш иссиқлик таъминоти Қуёш нурланиши энергиясидан иситиш, иссиқ сув таъминоти ва бошқа истеъмолчиларнинг технологик эҳтиёжларини таъминлаш мақсадида фойдаланиш.	Solar heat supply
3.5. Қуёш иссиқ сув таъминоти Қуёш нурланиши энергиясидан коммунал, маиший ва истеъмолчиларнинг технологик эҳтиёжларини таъминлаш мақсадида сувни иситиш учун фойдаланиш.	Solar hot water supply
3.6. Қуёшли совитиш Қуёш нурланиши энергиясидан хавони совутиш, озиқ-овқат маҳсулотларини сақлаш ва бошқа мақсадларда совуқлик олиш учун фойдаланиш.	Solar cooling
3.7. Қуёш иссиқлик ва совуқлик таъминоти Қуёш нурланиши энергиясидан иситиш, иссиқ сув ва совуқлик таъминоти тизимларида фойдаланиш.	Solar heat and cool supply
3.8. Қуёш элементи Турли физик тамойиллари асосида тузилган, қуёш нурланиши энергиясини тўғридан-тўғри электр энергиясига ўзгартиргич.	Solar cell
3.9. Қуёш фотоэлектрик ўзгартиргичи Фотоэффект асосида ишлайдиган қуёш элементи.	Solar photovoltaic cell
3.10. Икки томонли қуёш элементи Икки томонли фотосезувчан қуёш элементи.	Bifacial solar cell
3.11. Термоэлектрик қуёш элементи Қуёш нурланиши энергияси иссиқлик манбаи бўлган ҳолда термоэлектрик ҳодиса асосидаги қуёш элементи.	Solar thermoelectrical element
3.12. Қуёш термоион ўзгартиргич Қуёш нурланиши энергияси иссиқлик манбаи бўлган ҳолда термоэлектрон эмиссия ҳодиса асосидаги қуёш ўзгартиргичи.	Solar thermoionical convertor

3.13. Қуёш коллектори	Solar collector
Қуёш нурланиши энергиясини ютувчи ва уни иссиқлик энергиясига ўзгарувчи қурилма.	
3.14. Қуёш нурланиши концентратори	Solar radiation concentrator
Нурнинг қайтиши ва синиши ҳодисаларига асосланган қуёш нурланиши зичлигини оширувчи оптик қурилма.	
3.15. Қуёш спектри	Solar spectrum
Қуёш нурланиш энергиясини нурланиш тўлқин узунлиги функцияси сифатида тақсимланиш тўплами.	
3.16. Нурланиш интенсивлиги	Radiation intensity
Нурланаётган юза бирлигига ташаётган энергия оқими сиртий зичлиги.	

Қуёш электр станциялари билан боғлиқ тушунчалар

4.1. Қуёш термодинамикавий электростанцияси	Solar thermodynamic
Қуёш нурланиши энергиясидан иссиқлик манбаи сифатида фойдаланиб, термодинамик цикл ёрдамида аввал уни механик, кейин электр энергиясига айлантирувчи қуёш электр станцияси.	
4.2. Қуёш фотоэлектрик станцияси	Solar photovoltaic power plant
Қуёш нурланиши энергиясини бевосита фотоэлектрик усулда электр энергиясига айлантирувчи қуёш электр станцияси	
4.3. Минора туридаги қуёш электростанцияси	Solar tower power plant
Оптик жамловчи гелиостатлар майдонидан аксланган қуёш нурланишини минорага ўрнатилган иссиқлик қабул қилгичга йўналтирувчи қуёш электр станцияси.	
4.4. Икки контурли қуёш электростанцияси	Double-loop solar power plant
Ютилган қуёш нурланиши энергиясини биринчи контурдаги иссиқлик ташувчидан иссиқлик алмаштиргич орқали иккинчи контурга узатувчи термодинамик қуёш электр станцияси.	
4.5. Модулли қуёш электростанцияси	Modular solar power plant
Бир хил турдаги концентраторлар ва қуёш нурланиши энергиясини қабул қилгичларни ўз ичига олган такрорий тузилмалар модуль элементидан иборат қуёш электр станцияси.	
4.6. Қуёш нурланишини термохимёвий ўзгартириш цикли	Thermochemical cycle conversion of solar radiation
Қуёш энергиясидан эндотермик реакциянинг биринчи босқичдан сарфлаб, экзотермик реакциялар вақтида чиқадиган энергияни истеъмолчиларга узатилишда кетма-кет амалга ошириладиган қайтар эндотермик ва экзотермик	

реакциялардан иборат қуёш нурланиши энергиясини ўзгариши цикли.

4.7. Қуёш энергиясини қабул қилгич

Жамланган қуёш нурланиши энергияси оқимини қабул қилувчи таркибий элемент.

4.8. Оптикавий концентрациялаш тизими

Бир ёки бирлашган жамлагичлардан ташкил топган қуёш энергияси қабул қилгичдан қуёш нурланиши энергиясини бевосита жамловчи тизим.

4.9. Кўзгули концентратор

Аксантирувчи (кўзгу) қопламали қуёш нурланиши жамлагич.

4.10. Параболацилиндрик концентратор

Ўзаро параллел силжувчи параболик ясовчидан иборат кўзгули қуёш нурланишини жамлагич.

4.11. Параболик концентратор

Параболанинг ўз ўқига атрофида айланишдан ҳосил бўлган ясовчидан иборат кулгули шаклга эга аксантирувчи параболоцилиндрик жамлагич кўзгули қуёш нурланишини жамлагич.

4.12. Фатцет кўзгули концентратор

Умумий қайтарувчи юзани ташкил қилувчи алоҳида ойнали ясси ёки эгри чизиқли шаклдан ташкил топган, қуёш нурланишининг кўзгули жамлагичи.

4.13. Гелиостат

Қуёш нурланишини қабул қилгичга индивидуал йўналтирилган тик тушаётган қуёш нурланишини йўналтирувчи (қайтарувчи) оптик йиғувчи тизим ясси ёки фокусловчи элемент.

4.14. Гелиостатлар майдони

Қуёш нурланишини қабул қилгичга нисбатан турлича жойлаштирилган гелиостатлардан ташкил топган оптик жамловчи тизим.

4.15. Вакуумли қабул қилгич

Қуёш нурларини ютувчи юзаси шаффоф қобиқли ҳавоси сийраклаштирилган (вакуумланган) муҳитда жойлашган қуёш нурланишини қабул қилгич.

4.16. Марказий қабул қилгич

Минора туридаги қуёш электростанцияларидаги қуёш нурланишини қабул қилгич.

4.17. Бўшлиқли қуёш нурланишни қабул қилгич

Нур ютувчи сирти бўшлиқ шаклида бўлган, қуёш нурланишини жамлагич.

4.18. Қуёш буғ генератори

Solar energy receiver

Optical concentrating

Mirror concentrator

Parabolic trough concentrator

Paraboloid concentrator

Mirror facet concentrator

Heliostat

Heliostats field

Evacuated receiver

Central receiver

Cavity-type receiver of solar radiation

Solar steam

Буг ҳосил қилиши жараёни юз берадиган термодинамик қуёш электр станция элементи.

generator

4.19. Қуёш экономайзери

Solar economizer

Қуёш буг генераторига узатилишдан олдин, иссиқлик ташувчининг бошланғич қиздирилишини амалга оширувчи термодинамик қуёш электр станция элементи.

4.20. Энергияни жамлаш тизими

Energy storage system

Термодинамик қуёш электр станцияларида иссиқлик энергиясини ва фотоэлектрик қуёш электростанцияларида электр энергиясини жамловчи тизим.

4.21. Кўзгули концентратор кузатиш тизими

Tracking system of mirror concentrator

Тушаётган қуёш нурланишини қуёш энергияси қабул қилгичга йўналтирилиши учун концентратор ёки концентраторлар тизимини қуёш ҳаракатига мос равишда ҳаракатлантирувчи (айлантирувчи) тизим.

4.22. Оптикавий сенсор

Optical sensor

Оптик жамлагичли тизимнинг қуёш нурланишини қабул қилгичга мос фокусировкалашни бажарувчи механизмларга сигнал етказиб берувчи кузатиш тизим элементи.

4.23. Қуёш электростанциянинг фойдали иш коэффициент (ФИК)

Solar power plant efficiency

Ҳосил қилинган электростанциянинг шу вақт давомида тик тушувчи қуёш нурлари сиртга нисбатан проекция ташкил қилувчи сиртга тушган қуёш нурланиши энергиясига нисбати.

4.24. Оптик ФИК

Optical efficiency

Тўғри тушувчи Қуёш нурланиши энергияси оқимининг қуёш нурлари тик тушувчи сиртга нисбатан проекция ташкил қилувчи оптик жамловчи тизим сиртига тушаётган қуёш нурланиши энергияси оқимига нисбати.

4.25. Ёруғлик дастасининг апертура бурчаги

Aperture angle

Қуёш нурланиши жамлагичидан қайтган нурнинг коник ёруғлик даста четидан нурлар орасидаги бурчак.

Фотоэлектрик қурилма билан боғлиқ тушунчалар

5.1. Фотоэлектрик модул

Photovoltaic (PV) module

Ўзаро электрик боғланган фотоэлектрик қуёш элементларини конструктив бирлаштирувчи ва ташқи исьтемомолчига уланиш учун чиқиш клеммаларига эга қурилма.

5.2. Концентрацияловчи фотоэлектрик модул

Concentrating PV module

Қуёш энергияси концентратори ва фотоэлектрик модулни ўз ичига олган конструктив тўлиқ қурилма.

5.3. Мужассамлашган фотоэлектрик модул

Combined photovoltaic

Қуёший элементлардан фойдаланиши мумкин бўлган

иссиқликни олиб чиқувчи тизимга эга бўлган фотоэлектрик модул.

5.4. Қуёш фотоэлектрик массиви

Ўзаро боғланган электр ва механик фотоэлектрик модуллар.

5.5. Таянч конструкция

Фотоэлектрик батареянинг фазовий жойлашувини таъминловчи қурилма

5.6. Қуёш ҳаракатини кузатувчи қурилма

Қуёшнинг ҳаракат траекториясини кузатиш учун қуёш энергетик қурилмаларининг бурилишини таъминловчи қурилма.

5.7. Фотоэлектрик қурилманинг қуёш ҳаракатини кузатиш тизими

Қуёш фотоэлектрик батареянинг таянч-бурилиш йўналишига нисбатан қурилманинг ишлашини таъминлаб берувчи механизм ва қурилмалар мажмуи.

5.8. Қуёш элементларни совитиш тизими

Фотоэлектрик қуёш элементи тавсифларини стабиллаш мақсадида ундан иссиқликни олиб чиқиш тизими.

5.9. Қуёш элементи, модули ва массивининг фойдали иш коэффиценти (ФИК)

Қуёш элементи, модули, батареяси электр қувватининг мос равишда қуёший элемент, модул ва батарея сирти юзавий майдонининг қуёш энергияси оқим зичлигининг кўпайтмаларига нисбати.

5.10. Қуёш элементи, модули ва массивнинг вольт-ампер характеристикаси

Тушаётган қуёш нурланиши жадаллиги (интенсивлиги) ва қуёш элементи ҳароратининг домий қийматларида қуёш фотоэлектрик элементи, модули, фотоэлектрик батареяларининг клеммаларидаги кучланиш ва ток юкламаси орасидаги боғлиқлик.

5.11. Ток ва кучланишнинг ҳарорат коэффиценти

Ҳарорати 1°C га ўзгарганда қуёш элементининг кучланиши ва токнинг ўзгаришини тавсифловчи қиймат.

5.12. Қуёш элементи, модули ва массивини синов стандарт шароитлари (STC)

Қуёш энергияси оқимининг зичлиги 1000 Wt/m^2 ва фотоэлектрик қуёш элементининг ҳарорати $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ қилиб белгилаб қўйилган синов шартлари.

(PV) module for production of heat and electricity

Solar photovoltaic (PV) array Support structure

Solar tracker

Tracking system of photovoltaic plant

Cooling system of solar cells Efficiency of solar cell, module, array

Voltage - current characteristics of solar cell, module, array

Temperature coefficients of current, voltage Standard test conditions for solar cell, module, array

5.13. Қуёш элементъ, модуль, массивъ ва электростанциялар максимал (пик) қуввати	Peak power of solar cell, module, array, power plant
Стандарт синов шароитларида фотоэлектрик қуёш элементи, модули батареяси ва станцияларнинг чўққи (энг юқори, идеал) қуввати.	
5.14. Фотоэлектрик қуёш элементи, модули, массиви ва электростанцияларнинг максимал қуввати (МКН)	Maximum power of photovoltaic solar cell, module, array, power plant
Фотоэлектрик қуёш элементи, модули, батареяси ва станцияларнинг берилган вольт-ампер тавсифи нуктасидаги максимал қувват.	
Қуёш иссиқлик таъминотида оид тушунчалар	
6.1. Қуёш иссиқ сув таъминоти тизими	Solar hot-water supply system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг иссиқ сув таъминоти юқламасини қисман ёки тўлиқ қопланишни таъминловчи тизим.	
6.2. Актив қуёш иситиш тизими	Active solar heating system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг иситиш юқламасини қисман ёки тўлиқ қоплаш мақсадида иссиқлик ташувчининг қуёш коллекторларида иситиш тизими.	
6.3. Пассив қуёш иситиш тизими	Passive solar heating system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг иситиш юқламасини қисман ёки тўлиқ қоплаш учун қуёш коллекторлари ва махсус асбоб-ускуналар қўлланилмаган, қуёш энергияси жамловчиси ва қабул қилувчи сифатида бино ёки иморатнинг конструктив элементларидан фойдаланувчи тизим.	
6.4. Қуёш иситиш тизими	Solar heating system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг иситиш ва иссиқ сув таъминоти юқламасини қисман ёки тўлиқ қопловчи тизим.	
6.5. Қуёш совутиш тизими	Solar cooling system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг совутиш юқламасини қисман ёки тўлиқ қопловчи тизим.	
6.6. Қуёш иситиш ва совутиш тизими	Solar heating and cooling system
Қуёш энергиясидан фойдаланган ҳолда истеъмолчининг иситиш, иссиқ сув таъминоти ва совутиш юқламасини қисман ёки тўлиқ қопловчи тизим.	
6.7. Бир контурли қуёш иситиш тизими	One-loop solar heating system
Қуёш коллекторларда қиздирилган иссиқлик ташувчи истеъмолчига бевосита ёки иссиқлик жамловчи орқали етказиб берувчи тизим.	
6.8. Икки контурли қуёш иситиш тизими	Double-loop

Қуёш коллекторлардан ҳосил қилинган иссиқликни иссиқлик алмашинуви қурилмаси орқали истеъмолчига бевосита ёки иссиқлик жамловчи орқали етказиб берувчи тизим.	heating system
6.9. Термосифон қуёш иситиш тизими Қуёш коллекторлардан иссиқлик олинишини иссиқлик ташувчининг табиий ҳарорати орқали амалга оширувчи тизим.	Thermosyphon solar heating system
6.10. Қуёш иситиш тизимининг ёрдамчи қиздиргичи Қуёш иссиқлик таъминоти тизими билан биргаликда ишлаётган ва иссиқлик юкламасини анъанавий иссиқлик энергияси манбаи.	Auxiliary heater of solar heating system
6.11. Қуёш иситиш тизимининг иссиқлик унумдорлиги Қуёш иссиқлик таъминоти тизими орқали истеъмолчига қайд қилинган вақт оралиғида (соат, сутка, ой, йил) етказиб берилган иссиқлик миқдори.	Capacity of solar heating system
6.12. Қуёш иситиш тизимининг солиштирма иссиқлик унумдорлиги Қуёш коллекторларнинг бирлик мойдонига келтирилган, қайд қилинган вақт оралиғида (соат, сутка, ой, йил) қуёш иссиқлик таъминоти тизими томонидан ҳосил қилинган иссиқлик миқдори.	Specific capacity of solar heating system
6.13. Қуёш иссиқлик таъминоти тизимининг иссиқлик юкламасини қоплаш коэффиценти Қуёш энергиясидан фойдаланиш ҳисобига истеъмолчи иссиқлик юкламасининг қопланган қисми.	Function of heat load supplied by solar heating system

Қуёш коллекторга оид тушунчалар

7.1. Ясси қуёш коллектори Ясси нур ютувчи панелга эга шаффоф қопламали қуёш коллектори.	Flat-plate solar collector
7.2. Суюқлик қиздирувчи қуёш коллектори Суюқ иссиқлик ташувчи муҳитларни қиздирувчи қуёш коллектори.	Liquid heater solar collector
7.3. Ҳаво қиздирувчи қуёш коллектори Ҳавони қиздирувчи қуёш коллектори.	Air heater solar collector
7.4. Оқимчали қуёш коллектор Ўзи орқали ҳаракатланаётган иссиқлик ташувчи муҳитни қиздирувчи қуёш коллектори.	Flowing-type solar collector
7.5. Иссиқ сув жамловчи қуёш коллектор Ўзини тўлғазиб турувчи ҳаракатланаётган иссиқлик ташувчи муҳитни қиздирувчи қуёш коллектори.	Hot water storage type solar collector

7.6. Вакуумли қувурсимон қуёший коллектор	Evacuated tube solar collector
Нур ютувчи панели ҳавоси сийраклашган (вакуумланган) шаффоф трубка билан ҳимояланган муҳитда жойлашган қуёш коллектор.	
7.7. Нур ютувчи панел	Absorber plate
Қуёш коллекторнинг тушаётган қуёш нурларини ютиб иссиқлик энергиясини айлантириб берувчи конструктив элемент.	
7.8. Қуёш коллекторининг шаффоф қопламали изоляцияси	Transparent cover insulation of solar collector
Қуёш нурларини ютувчи панелнинг устида жойлашган ва унинг атроф муҳитга иссиқлик йўқотишларни камайтирувчи шаффоф қоплама ёки қопламалар тизими.	
7.9. Нур ютувчи панелнинг майдони	Area of absorber plate
Ютувчи панелнинг сиртига тик тушаётган қуёш нурланиши билан ёритилган юзаси.	
7.10. Қуёш коллекторнинг иссиқлик унумдорлиги	Solar collector heating capacity
Бирлик вақт ичида коллекторда ҳосил қилинган иссиқлик миқдори (соат, кун, ой, йил).	
7.11. Қуёш коллекторининг ФИК	Solar collector efficiency
Коллекторнинг бирлик вақт ичидаги иссиқлик унумдорлигининг коллектор бирлик вақт ичида коллектор сиртига келиб тушаётган қуёш нурланиши энергиясига нисбати.	
7.12. Қуёш коллекторининг оний ФИК	Solar collector instantaneous efficiency
Вақт нолга интилаётганда коллекторнинг иссиқлик унумдорлигининг коллектор сиртига келиб тушаётган қуёш энергиясига нисбати.	
7.13. Қуёш коллекторининг оптик ФИК	Optical efficiency solar collector
Қуёш коллектор сиртига тушаётган қуёш нурланишига нисбати.	
7.14. Қуёш коллекторининг умумий иссиқлик йўқотиш коэффициенти	Solar collector overall heat-loss coefficient
Нур ютувчи панел ва ташқи муҳит фарқи 1°C бўлганда коллекторнинг бирлик юзасига келтирилган иссиқлик оқими.	
7.15. Шаффоф қоплама орқали иссиқлик йўқотиш коэффицент	Heat-loss coefficient through transparent cover
Нур ютувчи панел ва муҳит фарқи 1°C бўлгандаги, коллектор шаффоф қопламасининг бирлик юзаси орқали атроф муҳитга бераётган иссиқлик оқими.	
7.16. Нур ютувчи панелнинг самарадорлик коэффицент	Absorbing panel efficiency coefficient
Қуёш коллекторнинг ҳақиқий иссиқлик	

самарадорлигининг коллектор нур ютувчи панелининг ҳамма иссиқлик қаршиликлари нолга тенг бўлган ҳолдаги иссиқлик самарадорлигига нисбати билан аниқланадиган ва нур ютувчи панель сиртидан иссиқлик ташувчи муҳитга иссиқлик бериш самарадорлигини тавсифловчи қиймат.

7.17. Қуёш коллекторидан иссиқликни олиб кетиш коэффиценти

Solar collector
heat removal
coefficient

Қуёш коллекторнинг унга кираётган иссиқлик ташувчи муҳитнинг ҳароратига тенг бўлгандаги иссиқлик унумдорлигининг ҳақиқий иссиқлик самарадорлигига нисбатан.

7.18. Иссиқлик ташувчи муҳитнинг солиштирма сарфи

Specific flowrate
of heat transfer
fluid

Бирлик вақт оралиғида коллекторнинг бирлик фронтал юзасига келтирилган иссиқлик ташувчи муҳит сарфи.

7.19. Мувозанатий ҳарорат

Equilibrium
temperature

Қуёш коллектор орқали иссиқлик ташувчи муҳитнинг ҳаракатланмаган ҳолдаги барқарор ёки квазибарқарор шароитдаги ютувчи панельнинг циркуляция мавжуд бўлмагандаги стационар ёки квазистационар шароитлардаги нур ютувчи панель сиртининг ҳарорати.

7.20. Қорайтирилган нур ютувчи қоплама

Black absorptive
coating

Қуёш нурланишига нисбатан юқори ютувчанлик даражаси ва юқори қорайтирилганлик даражасига эга юўлган ютувчи қоплама.

7.21. Селектив нур ютувчи қоплама

Selective
absorptive
coating

Қуёш нурланишига нисбатан юқори ютувчанлик хусусияти билан тавсифланувчи ютувчи панельнинг қопламаси ва ишчи ҳароратда паст қорайтирилганлик даражасига эга бўлган нур ютувчи қоплама.

7.22. Иссиқлик қайтарувчи қоплама

Heat reflected
coating

Инфрақизил нурланиши соҳасида нур қайтарувчи ва қуёш нурланиши спекторида шаффоф бўлган қоплама.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Мирзиёев Ш.М. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-3012 «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 гг.» Собрание законодательство Республики Узбекистан, 2017 г.
2. Каримов И. А. Указ первого Президента Республики Узбекистан №УП-4512 «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии». Собрание законодательство Республики Узбекистан, 2013г., №10. С.124
3. В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин Солнечная энергетика// Учебное пособие для Вузов. Москва. Идательский дом МЭИ. 2008.
4. О.С. Попель, В.Е. Фортов Возобновляемая энергетика в современном мире//Учебное пособие.Москва. Идательский дом МЭИ.2015
5. А.К. Mukurjee, Nivedita Thakur Photovoltaic Systems, analysis and design//2014/Dehli.
6. К.Р. Аллаев Электроэнергетика Узбекистана и мира. – Т.: “Фан ва технология”, 2009.-464 с.
7. М.Н. Турсунов, А. Т. Мамадалимов Яримўтказгичлар Куёш энергияси физикаси ва технологияси// Ташкент.ЎЗМУ, ўқув кўлланма.2002.-96 б.
- 8.Арбузов Ю.Д, В.М. Евдокимов. Основы фотоэлектричества // М.: Наука; 2007. – С.258
9. Фалеев Д.С Основные характеристики солнечных модулей // Методическая указания. Хабаровск.2013. – Издательство ДВГУПС. – С.28
10. Обухов С. Г Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии//Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета. 2008. – С.140
11. E.B. Saitov, I.A. Yuldoshev Quyosh panellarini o‘rnatish, sozlash va ishlatish// O‘quv qo‘llanma. Toshkent. “Noshir” nashriyoti, 2017 y.
- 12.Н.В. Харченко Индивидуальные солнечные установки// - М.:Энергоатомиздат,1991.-208 с.

13. Афанасьев В. П., Теруков Е. И., Шерченков А. А Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния//Санкт-Петербург. Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2011.

14. Gremenok V.F., Tivanov M. S., Zaleski V.B Solar cells based semiconductor materials// International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology – 2009 – Vol.69. №1. – P. 59-124

15. 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

16.Т.Т.Рискиев, М.Н.Турсунов, Э.Т.Абдуллаев, «Фотоэлектрические станции, интегрированные в действующую сеть электроснабжения», «Энерго- и ресурсо-сбережение», 2015 г., №1-2, с. 187-193 .

17.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.

18.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.

19.М. N. Tursunov., V.G. Dyskin., I.A Yuldashev., Kh. Sobirov., Park Jeong Hwoan. A//Applied Solar Energy. 2015. v.51. pp. 163-164.

20.Х.К. Зайнутдинова Использование солнечной энергии в Узбекистане: вопросы рынков и маркетинга//Ташкент:Фан, 2015.-336 с.

21.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.

22.Ляшков В.И, Кузьмин С.Н Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии// Учебное пособие для студентов теплоэнергетических специальностей вузов. Издательство ТГТУ – Томбов. 2003. – С.9

23.Андреев В.М, Грилехес В.А, Румянцев В.А. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.-Наука, 1989.

24. <http://alternativenenergy.ru>

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

26. www.viecosolar.com

27. www.unisolar.com.ua

28. www.solarvalley.org
29. www.polpred.com
30. www.solar.newtel.ru

МУНДАРИЖА

Кириш.	5
1-бўлим	
1.БОБ Ер ва космосда Қуёш нурланиши.....	8
1.1 Қуёшнинг электромагнит табиати. Қуёш нурининг физик хусусиятлари.....	8
1.2 Қуёш доимийси, атмосфера массаси, Ер сирти альбедоси, вақт тенгламаси графиги.....	11
1.3 Космосда ва Ерда (φ^0 , ψ^0) нуқтада ихтиёрий ориентацияланган қабул қилгич майдончага тушаётган ҚН асосий ва қўшимча омиллари ва унинг таъсири	16
1.4 Қуёш нурланиши оқим зичлиги ва уларни ўлчаш услублари ҳақида маълумотлар.....	23
1.5 Қуёш энергиясининг кадастри ва унинг ўзига хос хусусиятлари.....	31
2-бўлим	
2.БОБ Қуёш энергетикаси ресурсларини ҳисоблаш усуллари.....	37
2.1 Тўлиқ информация мавжудлигида горизонтал қабул қилгич майдонча учун берилган S (км^2) ҳудудда A (φ^0 , ψ^0) нуқтада ялпи ресурсларни ҳисоблаш усуллари.....	37
2.2 Ўртача суткалик ёки ўртача ойлик ҳисоб интерваллари учун бошланғич маълумотларнинг чекланган таркибида горизонтал қабул қилгич майдонча учун берилган $S(\text{км}^2)$ ҳудудда, A (φ^0 ψ^0) нуқтада ялпи русурсларни ҳисоблаш усуллари.....	41
2.3 Ўртача сутка ёки ўртача ойлик ҳисоб интервалли учун жанубга қияланган қабул қилгич майдонча учун берилган $S(\text{км}^2)$ ҳудудида, A (φ^0 φ^0) ялпи русурсларни ҳисоблаш усуллари.....	46

2.4	Ихтиёрий ориентацияланган қабул қилгич майдончага қуёш нурланишининг ўртача соатлик тушувини ҳисоблаш методикаси.....	51
-----	---	----

3-бўлим

3.БОБ	Яримўтказгичли материаллар асосидаги қуёш элементлари.....	53
3.1	Қуёш элементи тайёрланадиган материаллар.....	53
3.2	Қуёш элементининг характеристикалари ва параметрлари.....	58
3.3	Қуёш элементининг фойдали иш коэффициентига ҳарорат, ёритилганлик даражаси, кетма-кетлик ва параллеллик қаршиликларининг таъсири.....	64
3.4	Яримўтказгичли қуёш элементлари ёрдамида қуёш оптик нурланишини электр энергиясига ўзгартириш....	71
3.5	Қуёш нурланиши иммитаторлари.....	78
3.6	Эталон қуёш элементлари ва уларни градуировкалаш...	79

4-бўлим

4.БОБ	Қуёш фотоэлектрик тизимлари.....	88
4.1	Фотоэлектрик батареяларни тайёрлаш технологияси....	83
4.2	Аморф ва кристалл қуёш фотоэлектрик панелларни таққослаш.....	90
4.3	Қуёш фотоэлектрик панеллари яроқлилик муддати.....	93
4.4	Қуёш фотоэлектрик батареялари самарадорлигига атмосфера таркибидаги чангланганлик концентрациясининг таъсири.....	95
4.5	Қуёш фотоэлектрик модули ҳароратига конвектив иссиқлик алмашинувининг таъсири.....	98
4.6	Автоном фотоэлектрик станциялар.....	101
4.7	Локал электр тармоғи билан интеграллашган фотоэлектрик станциялар.....	111

4.8	Қуёш фотоэлектрик станциялари учун таянч конструкцияларни тайёрлаш.....	119
-----	---	-----

5-бўлим

5.БОБ	Ер шароитида Қуёш энергетик қурилмаларидан фойдаланиш усуллари ва уларнинг энергетик характеристикалари	125
5.1	Ясси қуёш коллекторлари.....	125
5.2	Вакуум трубкали коллекторлар.....	127
5.3	Ҳаво коллекторлари.....	133
5.4	Минора туридаги Қуёш электр станциялари ва уларнинг энергетик хусусиятлари.....	138
5.5	Қуёш ҳовузлари ва уларнинг энергетик хусусиятлари.....	142

6-бўлим

6.БОБ	Иссиқлик аккумуляторлари.....	144
6.1	Сигим турдаги аккумуляторлар.....	146
6.2	Фазовий ўтиш ҳолатига эга бўлган моддалардан иборат аккумуляторлар.....	149
6.3	Биноларни иситиш учун қуёший иссиқлик таъминот тизимлари.....	150
6.4	Глоссарий изоҳли луғати.....	157
	Фойдаланилган адабиётлар руйхати.....	166
	Мундарижа.....	169