

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

***“ELEKTR TA’MINOTI VA
QAYTA TIKLANUVCHAN
ENERGIYA MANBALARI”
kafedrası***



“TIQXMMI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI

INJENERLIK GELIOTEXNIKASI

fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarishga oid

USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent - 2025

Ushbu uslubiy qo‘llanma universitet Ilmiy-uslubiy kengashining 2025-yil 29-sentabr bo‘lib o‘tgan 5-sonli majlisida ko‘rib chiqilgan va chop etishga tavsiya qilingan.

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Elektr ta’minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari” kafedrası.

Ushbu uslubiy qo‘llanmada 60720600-Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi (yarim o‘tkazgichlar va lazer texnologiyasi) yo‘nalishi bo‘yicha ta’lim oluvchi talabalariga “Injenerlik geliotexnikasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarishga doir ko‘rsatmalar va asosiy tushunchalar hamda mustaqil yechish uchun masalalar keltirilgan.

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.

Tuzuvchi: A.U. Voxidov – PhD, katta o‘qituvchi

Taqrizchilar:

E.Yu. Raximov – O‘zGIDROMET huzuridagi Gidrometrologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Iqlimni modellashtirish laboratoriyasi mudiri, PhD, katta ilmiy xodim.

K.E. Usmonov – “TIQXMMI” MTU “Traktorlar va avtomobillar” kafedrası dotsenti.

Mundarija

Kirish	4
1-amaliy mashg'ulot. Quyosh nurlanishini o'lchash asboblardan amaliy foydalanish	5
2- amaliy mashg'ulot. Geliotizimlarni hisoblash bo'yicha mavjud usullar	7
3-amaliy mashg'ulot. Geliotizimlarni o'rnatishda qiyalik burchagini aniqlash.....	8
4-amaliy mashg'ulot. Yassi quyosh kollektorlarining issiqlik ishlab chiqaruvchanligini hisoblash	13
5-amaliy mashg'ulot. Yassi quyosh kollektorlarining issiqlik samaradorligini hisoblash	14
6-amaliy mashg'ulot. Quyosh kollektorlarining issiqlik yo'qotishlarini hisoblash	16
7-amaliy mashg'ulot. Fotoelektrik panellarning samaradorligini hisoblash	18
8-amaliy mashg'ulot. Quyosh suv chuchutish qurilmalarini hisoblash	20
9-amaliy mashg'ulot. Quyosh uylari samaradorligini hisoblash	23
10-amaliy mashg'ulot. Isitish va sovutish koeffitsientlarini hisoblash.....	27
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati	31

Kirish

Injenerlik geliotexnikasi quyosh nurlaridan issiqlik va elektr energiyasi olish, uni uzatish, saqlash va amaliyotda qo'llash texnologiyalarini o'rganadigan muhim fan hisoblanadi. Bugungi kunda global energetika tizimining o'zgarib borayotgan sharoitida quyosh energiyasi asosiy qayta tiklanuvchi manba sifatida e'tirof etilgan bo'lib, uning salohiyati Yerga yil davomida kelib tushadigan ulkan energiya miqdori bilan belgilanadi. Quyoshdan Yer yuzasiga yetib keladigan energiya miqdori $3,8 \cdot 10^{24}$ J ga teng bo'lib, bu insoniyat iste'mol qiladigan umumiy yillik energiyadan minglab barobar katta. O'zbekiston hududida quyosh nurlanishining yillik miqdori $1400\text{--}1700 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ bo'lib, yilda $270\text{--}310$ kun davomida quyoshli ob-havo kuzatiladi. Shu sababli respublika geliotexnik qurilmalarini qo'llash uchun eng qulay mintaqalardan biri hisoblanadi.

Geliotexnika asosini quyosh nurlanishining fizik xususiyatlari tashkil qiladi. Quyosh doimiysi $1367 \text{ W}/\text{m}^2$ bo'lsa, atmosferadagi yutilish va qaytishlar tufayli yer yuzasiga o'rtacha $800\text{--}1100 \text{ W}/\text{m}^2$ quvvat yetib keladi. Quyosh spektrining taxminan yarmi ko'rinadigan yorug'lik, qolgan qismi infraqizil nurlar bo'lib, aynan infraqizil diapazon issiqlik ishlab chiqarishda muhim rol o'ynaydi. Quyosh kollektorlaridagi absorber materiallar nurni maksimal yutishi, issiqlik chiqishini esa minimalga tushirishi lozim. Zamonaviy absorberlarning yutish koeffitsienti $0,9\text{--}0,95$, emissiya koeffitsienti esa $0,05\text{--}0,15$ atrofida bo'ladi. Bu issiqlik samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Injenerlik geliotexnikasi o'z ichiga bir nechta yirik yo'nalishlarni oladi. Birinchisi — geliotermik tizimlar bo'lib, ular yassi va vakuumli quyosh kollektorlaridan foydalanib issiq suv, isitish tizimi yoki sanoat ehtiyojlari uchun issiqlik olishni ta'minlaydi. Yassi kollektorlar o'rtacha $45\text{--}65\%$ samaradorlikka ega, vakuum kollektorlar esa $60\text{--}75\%$ gacha bo'lgan yuqori natija beradi. Ikkinchi yirik yo'nalish — geliovoltaika, ya'ni quyosh panellari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish. Hozirgi silikon panellarning o'rtacha samaradorligi $15\text{--}22\%$ ni tashkil etadi. Shuningdek, konsentratsiyalangan quyosh tizimlari (CSP) ham mavjud bo'lib, ular quyosh nurlarini bir nuqtaga yig'ib, $350\text{--}1000^\circ\text{C}$ gacha bo'lgan yuqori haroratlarda ishlaydi va $30\text{--}40\%$ atrofida elektr energiyasi samaradorligiga ega.

Geliotexnikada issiqlikni saqlash texnologiyalari ham muhim ahamiyatga ega. Bu maqsad uchun issiqlik inertsia bakkalari, fazali o'zgaruvchan materiallar yoki 560°C gacha qiziy oladigan tuzli eritmalar qo'llaniladi. Issiqlik akkumulyatorlari umumiy tizim samaradorligini $70\text{--}90\%$ darajasida ushlab turishga yordam beradi. Quyosh tizimlarining yanada rivojlangan turi — kuzatuvchi (tracking) qurilmalar bo'lib, ular quyoshning kun davomida harakatini ergashib boradi va energiya ishlab chiqarishni $30\text{--}45\%$ ga oshiradi.

Geliotexnik qurilmalarni yaratishda mexanik konstruksiyalash, optik elementlarni tanlash, issiqlik balanslarini hisoblash, shuningdek iqtisodiy samaradorlikni aniqlash muhim bosqich sanaladi. Masalan, yassi kollektor orqali issiqlik ishlab chiqarish F_R , η_0 , U_L kabi parametrlar orqali aniqlanadi va tashqi muhit harorati bilan kollektor ichidagi harorat farqi qanchalik kam bo'lsa, tizim shunchalik samarali ishlaydi.

O'zbekiston sharoitida geliotexnikaning amaliy qo'llanilish sohasi juda keng. Uy xo'jaliklarida issiq suv ta'minoti, qishloq xo'jaligida issiqxonalarini isitish, meva-sabzavot quritish, quyosh qozonlarida ovqat tayyorlash, kichik quvvatli elektr energiyasi ta'minoti, shuningdek sanoat korxonalarida texnologik jarayonlar uchun issiqlik olish kabi yo'nalishlarda keng qo'llanishi mumkin.

Injenerlik geliotexnikasi fani talabalarga quyosh nurlanishining fizikasi, kollektorlar va panellarning ishlash prinsipi, issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonlari, issiqlikni saqlash texnologiyalari, energetik va iqtisodiy hisob-kitoblarni o'rgatadi. Bundan tashqari, har bir hudud uchun optimal burchak, yo'nalish, kollektor turi, absorber materiali, issiqlik tashuvchi suyuqlik va konstruktiv yechimlarni tanlash bo'yicha muhandislik ko'nikmalari shakllantiriladi.

1-amaliy mashg'ulot

Quyosh nurlanishini o'lchash asboblariidan amaliy foydalanish

Mashg'ulotning maqsadi

Talabalarni quyosh energiyasi resurslarini baholashda qo'llaniladigan o'lchash asboblari bilan tanishtirish, ularning tuzilishi, ishlash prinsiplari va amaliy qo'llash ko'nikmalarini shakllantirish.

Nazariy qism

Quyosh nurlanishi miqdorini aniqlash quyosh energetikasi tizimlarini loyihalashda eng muhim bosqichlardan biridir. quyosh resurslari odatda quyidagi fizik kattaliklar orqali baholanadi:

- **GHI (Global Horizontal Irradiance)** – gorizontal tekislikka tushadigan umumiy nurlanish, W/m^2 .
- **DNI (Direct Normal Irradiance)** – to'g'ridan-to'g'ri nurlanish, normal tekislikka yo'naltirilgan.
- **DHI (Diffuse Horizontal Irradiance)** – sochilgan nurlanish, W/m^2 .
- **Albedo** – yer yuzasining qaytaruvchanlik koeffitsienti (%).

Quyosh nurlanishi asosan quyidagi metodlar yordamida o'lchanadi:

Piranometr



Piranometr-bu tekis yuzada quyosh nurlanishini o'lchash uchun ishlatiladigan aktinometrning bir turi. U quyosh nurlanishining oqim zichligini sirt ustidagi yarim sharda 0,3 dan 3 mikrometrgacha bo'lgan to'lqin uzunliklarida o'lchash uchun mo'ljallangan. Oddiy piranometr ishlashi uchun quvvat manbai kerak emas. Biroq, so'nggi texnik ishlanmalar (kichik) tashqi quvvatni talab qiladigan piranometrlarda elektronikadan foydalanishni o'z ichiga oladi.

- GHI, DHI o'lchaydi.
- Asosiy elementi – **termojuftli sensor**.
- O'lchash diapazoni: $0-2000 W/m^2$
- Spektr diapazoni: 285–3000 nm
- O'rtacha xatolik: 1–3 %.

Pirgeliometr



Pirgeliometr — perpendikulyar sirtga tushadigan quyosh nurlanishining miqdorini o'lchaydigan asbob. Uning ishlash printsipi issiqlik miqdorini o'lchaydi, shuning uchun qurilma Zeebek effekti orqali harorat farqiga asoslangan elektr kuchlanishini yaratadigan termobatareyalarga asoslangan. Pirgeliometr piranometrdan farqli ravishda faqat to'g'ri quyosh nurlanishini o'lchaydi.

- To'g'ridan-to'g'ri DNI o'lchaydi.
- Faqat **quyoshni kuzatuvchi (sun-tracker)** bilan ishlaydi.
- Diapazon: $0-1500 W/m^2$
- Spektr: 200–4000 nm
- Xatolik: 0.5–2 %.

Geliograf



Geliograf-kun davomida quyosh nurlari davomiyligini avtomatik ravishda qayd etish uchun asbob. Geliografning ishlash prinsipi quyosh nurlarini qoraygan qog'oz lentasiga yo'naltirish printsipiga asoslanadi. Qurilma har ikki tomondan yorug'lik oqimini va vaqt jadvalini yo'naltirishga imkon beradigan sharsimon linzalardan iborat. Ishlash jarayoni: quyosh nurlari shisha to'pdan o'tib, bitta to'plamda to'planadi. Qurilmaning yoy shaklidagi qismiga soat bo'linmalari bo'lgan qog'oz lenta joylashtirilgan. Geliograf-kun davomida quyosh nurlari davomiyligini avtomatik ravishda qayd etish uchun asbob. Geliografning ishi quyosh nurlarini qoraygan qog'oz lentasiga yo'naltirish printsipiga asoslanadi. Qurilma har ikki tomondan yorug'lik oqimini va vaqt jadvalini yo'naltirishga imkon beradigan sharsimon linzalardan iborat.

- Quyoshning porlab turish davomiyligini (soat) aniqlaydi.
- Campbell–Stokes turi eng keng tarqalgan.

Amaliy ish tartibi

Bosqich 1. Piranometr bilan GHI o'lchash

1. Asbobni gorizontal holatga keltiring.
2. Kalibrovkasini tekshiring.
3. Quyoshli va bulutli vaqtda 10 daqiqalik intervalda o'lchovlar oling.
4. Olingan ma'lumotlardan quyosh nurlanishining o'rtacha qiymatini hisoblang:

$$GHI_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n GHI_i$$

Bosqich 2. DNI o'lchash (pirgeliometr + sun-tracker)

1. Qurilmani quyoshga aniq yo'naltiring.
2. Tracking tizimining ishlashini nazorat qiling.
3. 1 daqiqalik intervalda 20 ta o'lchov oling.
4. O'rtacha DNI qiymatini hisoblang.

Bosqich 3. DHI ni hisoblash

Agar pirgeliometr va piranometr mavjud bo'lsa:

$$DHI = GHI - DNI \cdot \cos(\Theta_z)$$

bu yerda

Θ_z – zenit burchagi.

Bosqich 4. Natijalarni grafikda tasvirlash

Talabalar quyidagi grafiklarni chizadi:

- GHI vaqtga bog'liqligi
- DNI vaqtga bog'liqligi
- DHI–GHI–DNI taqqoslash diagrammasi

Hisoblash namunasi (real qiymatlar asosida)

2024-yil iyul oyining Toshkent bo'yicha o'lchov namunasi:

Vaqt	GHI (W/m ²)	DNI (W/m ²)	Zenit burchagi (°)
12:00	975	820	16
13:00	990	845	13
14:00	910	700	21

Masalan, soat 12:00 da:

$$DHI = 975 - 820 \cdot \cos(16^\circ) = 975 - 820 \cdot 0.959 = 975 - 786.4 = 188.6 \text{ W/m}^2$$

Nazorat savollari

1. Piranometrning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?

2. DNI va GHI orasidagi asosiy farq nimada?
3. DHI qanday formula orqali hisoblanadi?
4. Geliograf qaysi kattalikni o'lchaydi?
5. O'lchash xatoliklari qaysi omillarga bog'liq?

2-amaliy mashg'ulot

Geliotizimlarni hisoblash bo'yicha mavjud usullar

Mashg'ulotning maqsadi

Talabalarga quyosh energiyasidan foydalanadigan geliotizimlarning asosiy energetik, issiqlik va texnik parametrlarini hisoblash bo'yicha amaliy ko'nikmalarni shakllantirish. Quyosh kollektorlarining ishlash tamoyili, issiqlik ishlab chiqaruvchanligi, samaradorligi va quvvatini aniqlash usullarini o'rgatish.

Geliotizimlarni hisoblashda qo'llaniladigan asosiy usullar

Geliotizimlar parametrlari odatda quyidagi usullar bilan hisoblanadi:

1) To'g'ridan-to'g'ri energiya balans usuli

Bu usulda tizimga tushayotgan quyosh nurlanishi va ishlab chiqarilgan issiqlik energiyasi orasidagi bog'liqlik hisoblanadi:

$$Q_{\text{chiq}} = A_k \cdot I \cdot \eta$$

bu yerda:

- A_k – kollektor yuzasi (m^2)
- I – quyosh nurlanishi intensivligi (W/m^2)
- η – kollektor samaradorligi (0.3–0.75)

2) F-chiqaruvchi faktor (Hottel–Whillier–Bliss) usuli

Yassi kollektorlar uchun keng qo'llanadi:

$$Q_u = A_k F_R [S - U_L (T_{\text{kir}} - T_a)]$$

bu yerda:

- F_R – issiqlikni chiqarish faktori
- S – yutilgan quyosh energiyasi (W/m^2)
- U_L – issiqlik yo'qotish koeffitsienti ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
- T_{kir} – kollektor kirish harorati
- T_a – atrof-muhit harorati

3) Empirik–tajriba asosidagi koeffitsientlar usuli

Kollektor pasport ma'lumotlaridan foydalaniladi:

$$\eta(T) = \eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{I} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{I}$$

Bu usul EN 12975 xalqaro standartiga asoslanadi.

4) Termodinamik model asosida hisoblash

Odatda MATLAB/Simulink yoki TRNSYS dasturlarida bajariladi. Quyidagi elementlar hisobga olinadi:

- Issiqlik almashinuvi
- Yutilish koeffitsienti
- Optik samaradorlik
- Konveksiya va radiatsion yo'qotishlar
- Nasos va quvurlar yo'qotishlari
- Akkumulyator bakidagi issiqlik balans

5) Grafik–analitik usul

Quyosh energiyasi va harorat farqi bo'yicha grafiklar tuziladi:

- $\eta=f(\Delta T/I)$
- $Qu=f(I)$

Bu usul loyihalash bosqichida qulay.

Mustaqil yechish uchun masalalar

Masala 1. Kollektor yuzasi $A=2\text{ m}^2$, quyosh nurlanishi $I=800\text{ W/m}^2$, samaradorlik $\eta=0.65$. Kollektorning ishlab chiqaradigan issiqlik quvvatini toping.

Masala 2. Yassi kollektor uchun: $A=3\text{ m}^2$, $F_R=0.85$, $U_L=5\text{ W/m}^2\text{K}$, yutilgan energiya $S=600\text{ W/m}^2$, kollektor suvi kirish harorati $T_{\text{kir}}=60^\circ\text{C}$, atrof harorat $T_a=20^\circ\text{C}$. Q_u ni toping (Hottel–Whillier formulasi).

Masala 3. Pasport ko'rsatkichlari: $\eta_0=0.75$, $a_1=3.2\text{ W/m}^2\text{K}$, $a_2=0.02\text{ W/m}^2\text{K}^2$. Sharoit: $I=800\text{ W/m}^2$, $T_m=55^\circ\text{C}$, $T_a=25^\circ\text{C}$. Kollektor samaradorligini hisoblang.

Masala 4. Agar sizga kunlik energiya yuklamasi $Q_{\text{yuk}}=2\text{ kW}$ kerak bo'lsa va quyosh ko'rsatkichi $I=700\text{ W/m}^2$, kollektor samaradorligi $\eta=0.6$ bo'lsa, qancha kollektor maydoni kerak? (doimiy quvvat uchun soddalashtirilgan hisob: $A = \frac{Q_{\text{yuk}}}{I \cdot \eta}$).

Masala 5. Agar tizimga kerakli issiqlik quvvati $Q=3000\text{ W}$ bo'lsa, suvning massaviy oqimi $\dot{m}$ ni toping agar suvga kerakli harorat ko'tarilishi $\Delta T=20^\circ\text{C}$ va suvning issiqlik sig'imi $c_p=4186\text{ J/(kg K)}$. (Formula: $\dot{m} = \frac{Q}{c_p \Delta T}$).

Masala 6. Kechasi 10 kWh energiyani berish uchun suvli akkumulyator kerak. Agar akkumulyatorda ishlatilgan suv $\Delta T=40^\circ\text{C}$ farq bilan ishlasa, suvning zichligi $\rho=1000\text{ kg/m}^3$, $c_p=4186\text{ J/(kg K)}$. Kerakli hajmni (m^3) hisoblang.

Masala 7. Kunlik issiqlik yuklamasi 8 kWh , quyoshdan olinayotgan energiya 5 kWh bo'lsa, tizimning quyosh ulushini toping. (Formula: $E_{q.u.} = \frac{E_{\text{quyosh}}}{E_{\text{yuk}}}$)

Nazorat savollari

1. Geliotizimlarni hisoblashda “energiya balansi” usuli nimani anglatadi?
2. Hottel–Whillier–Bliss (F-factor) formulasi qaysi turdagi kollektorlar uchun mos va uning asosiy komponentlari qanday?
3. Kollektor samaradorligining pasport (η_0 , a_1 , a_2) koeffitsientlari formulasi qanday va har bir parametr nimani ifodalaydi?
4. “F-chiqaruvchi (F_R)” faktori nimaga teng va u nima uchun kerak?
5. Issiqlik yo'qotish koeffitsienti (U_L) ning birlik va fizik ma'nosi qanday?
6. Qanday hollarda termodinamik sonli modellashtirish TRNSYS yoki MATLAB/Simulink yordamida afzaldir?
7. Quyosh tizimi uchun «quyosh ulushi» nima va qanday hisoblanadi?
8. Qanday omillar kollektorning samaradorligini real sharoitda pasaytiradi?
9. Kollektorlar uchun optimal qiyalik burchagi (tilt) qanday tanlanadi — qanday mezonlar bo'yicha?

3-amaliy mashg'ulot

Geliotizimlarni o'rnatishda qiyalik burchagini aniqlash.

Geliotizimlarni o'rnatishda qiyalik burchagini aniqlash, asosan, geodezik va inshootni o'rnatish jarayonlarida muhim hisoblanadi. Qiyalik burchagini aniqlash uchun quyidagi usullarni qo'llash mumkin:

1. **Trigonometriya yordamida hisoblash:** Agar yuqoriga yoki pastga qiyalikni aniqlash zarur bo'lsa, qiyalik burchagi (α) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\tan(\alpha)=y/x$$

Bu yerda:

y — vertikal masofa (burchakning ko'tarilish yoki pasayish balandligi),

x — gorizontal masofa (qarab turgan nuqtaga bo'lgan masofa).

2. **Teodolit yordamida o'lchash:** Teodolit qurilmasi orqali yuqoriga yoki pastga qarab burchakni aniq o'lchash mumkin. Bu usulda teodolitsiz chiziqni kuzatib, qiyalik burchagini o'lchash orqali kerakli qiymatni olish mumkin.

3. **Nivellar yordamida aniqlash:** Agar jarayonni yanada aniqroq bajarish zarur bo'lsa, nivellarning yordamida qiyalikni hisoblash mumkin. Bu holatda, bosqichma-bosqich balandlikni o'lchash va masofani aniqlash orqali qiyalik burchagini topish mumkin.

Qiyalik burchagini aniqlashda bu usullardan birini tanlash, loyiha va hudud sharoitiga qarab farq qilishi mumkin.

Geliotizimlarni o'rnatishda qiyalik burchagini aniqlash masalasi muhandislik va qurilish ishlarida juda muhimdir. Bu jarayonni amalga oshirish uchun qiyalikning burchagini to'g'ri hisoblash kerak bo'ladi, chunki bu o'rnatish jarayonining aniq va xavfsiz bajarilishini ta'minlaydi. Quyida bu jarayonni amalga oshirishning kengroq va batafsil tavsifini keltiraman:

1. Qiyalik burchagini aniqlash usullari

Qiyalik burchagini aniqlash uchun bir nechta metodlar mavjud. Ular orasida:

A. Trigonometriya yordamida aniqlash

Qiyalik burchagini aniqlash uchun trigonometriya formulasidan foydalanish mumkin. Agar bizda vertikal va gorizontal masofalar bo'lsa, qiyalikning burchagi α quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\tan(\alpha)=h/d$$

Bu yerda:

- h — vertikal masofa (balandlik o'zgarishi),
- d — gorizontal masofa (qarab turgan nuqtadan gorizontal masofa).

Bundan keyin burchakni topish uchun α ni quyidagi formuladan hisoblaymiz:

$$\alpha=\arctan(h/d)$$

Bu usul, qiyalikni aniq va tez o'lchash imkonini beradi, ayniqsa yerning yassi yoki biroz qiyalik bo'lgan hududlarda.

B. Teodolit yordamida o'lchash

Teodolit — bu burchaklarni aniqlash uchun ishlatiladigan o'lchov asbobidir. Bu asbobni qo'llash orqali qiyalik burchagini quyidagicha aniqlash mumkin:

1. Teodolitni belgilangan nuqtaga o'rnatib, vertikal va gorizontal o'lchovlar olib boriladi.
2. Teodolitning ko'zini maqsadga to'g'rilab, o'lchanayotgan nuqtadagi qiyalik burchagini to'g'ri o'lqish mumkin.
3. Teodolit yordamida gorizontal va vertikal burchaklarni aniq o'lchash orqali qiyalik burchagini hisoblash mumkin.

Teodolit yordamida aniqlashning afzalligi, uning yuqori aniqlikda ishlashidir. U eng ko'p inshootlar, ko'priklar va boshqa muhandislik qurilmalari qurilishida qo'llaniladi.

C. Nivellash usuli

Nivellash metodida, bir nechta nivellar yoki laser nivellaridan foydalaniladi. Bu usulda:

1. Nivell bilan yerda turli nuqtalar orasidagi balandlik farqini o'lchash mumkin.
2. Qiyalikni hisoblash uchun, balandlikdagi farq (yoki vertikal masofa) va gorizontal masofa aniqlanadi.
3. Keyinchalik trigonometriya formulalaridan foydalanib, qiyalik burchagini hisoblash mumkin.

Nivellash metodining afzalligi, uning juda aniq bo'lishida yotadi va yuqori sifatli o'lchovlarni taqdim etadi.

2. Qiyalik burchagini o'lchashda qo'llaniladigan uskunalar

- **Teodolit:** Qiyalikni aniq o'lchash uchun eng keng tarqalgan qurilmadir. Teodolit yordamida gorizontal va vertikal burchaklar o'lchanadi, va buning asosida qiyalik burchagi aniqlanadi.

- **Niveller:** Nivellash usulida, asosan balandlikni aniqlashda yordam beradi. Bu usulda daraja o'lchovlar va balandliklarni o'lchash orqali qiyalik burchagini hisoblash mumkin.
- **Laser distantsiyalar:** Laser distans o'lchov asboblari yordamida masofa va balandlikni aniq o'lchash mumkin, bu esa qiyalik burchagini hisoblashda yordam beradi.

Misol 1: Gorizont masofa va balandlikni bilgan holda qiyalik burchagini aniqlash

Faraz qilaylik, sizning oldingizda 100 metr masofa va 20 metr balandlik o'zgarishi mavjud. Bu holda, qiyalik burchagi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\tan(\alpha)=20/100=0.2$$

Burchakni topish uchun:

$$\alpha=\arctan(0.2)\approx 11.31^\circ$$

Demak, bu yerda qiyalik burchagi 11.31° bo'ladi.

4. Qiyalik burchagini aniqlashda diqqat qilinishi lozim bo'lgan jihatlar

- **O'lchovlarning aniq bo'lishi:** Qiyalik burchagini hisoblashda foydalanilayotgan asboblarning aniqligi va to'g'riligi juda muhimdir. Masalan, teodolit yoki nivellar noto'g'ri o'lchov berishi mumkin, bu esa burchakni xato hisoblashga olib keladi.
- **Tuproqning holati:** Agar yerning tuzilishi juda beqaror bo'lsa, yoki qiyalik juda katta bo'lsa, qurilishda xavfsizlikni ta'minlash uchun qo'shimcha chora-tadbirlar ko'rilishi kerak.
- **Atrof-muhit sharoitlari:** Ob-havo sharoitlari ham burchaklarni o'lchashda tasir qilishi mumkin. Masalan, kuchli shamol yoki yomg'ir o'lchovlarning aniqligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Qiyalik burchagini aniqlashda trigonometriya, teodolit yoki nivellash kabi usullar qo'llaniladi. Har bir usulning o'ziga xos afzalliklari bor va ularning tanlovi o'rnatish ishlarining aniq talablariga va hududning sharoitlariga bog'liq. Qiyalik burchagini aniqlashda yuqori aniqlikda o'lchovlarni taqdim etish uchun yaxshi asboblardan ehtiyojli zarur.

Quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun quyosh panellarining qiyalik burchagini to'g'ri hisoblash juda muhimdir. Quyosh panelining optimal joylashuvi, ya'ni qiyalik burchagi, quyosh nurlari bilan to'g'ri burchak hosil qilib, maksimal energiya olish imkonini beradi. Quyosh panellari samaradorligi quyosh nurlanishiga qarab o'zgaradi, shuning uchun ularni o'rnatish burchagi to'g'ri tanlanishi zarur. Quyosh qurilmalarining qiyalik burchagini hisoblashda geografik joylashuv, vaqt (yilning fasli) va boshqa omillar hisobga olinadi.

1. Geografik Joylashuv va Kenglik

Qiyalik burchagini hisoblashda eng birinchi o'rinda joylashuvning kenglik burchagi (latitude) alohida ahamiyatga ega. Kenglik burchagi, ya'ni sizning joylashuvingizning ekvator dan qanday uzoqlikda joylashganini bildiradi. Quyosh nurlanishining optimal burchagi shu kenglik burchagiga asoslanadi.

2. Quyoshning Deklynatsiya Burchagi (Solar Declination Angle)

Quyoshning deklinatsiyasi — bu Quyoshning ekvator ga nisbatan burchagi. Quyoshning deklinatsiyasi yil davomida o'zgaradi, chunki Yerning aylanish o'qi $23,44^\circ$ burchak ostida joylashgan. Bu esa quyosh nurlanishining yilning turli vaqtlarida qanday taqsimlanishini belgilaydi. Quyoshning deklinatsiya burchagi yil davomida quyidagicha o'zgaradi:

- **Yil boshida (bahor) va oxirida (kuz):** Quyosh nurlari tekis taqsimlanadi.
- **Yozda (yaz fasli):** Quyosh eng yuqori nuqtaga ko'tariladi.
- **Qishda:** Quyosh eng past nuqtaga tushadi.

Deklynatsiya burchagini hisoblash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$\delta=23.44^\circ \times \sin(360/365 \times (d+10))$$

Bu yerda:

- δ — Quyoshning deklinatsiya burchagi,
- d — Yilning kun raqami (1-365).

Masalan, *21 dekabrda (qish solstisiyasi)* $\delta = -23.44^\circ$, ya'ni quyosh eng past nuqtada joylashadi, va *21 iyunda (yoz solstisiyasi)* $\delta = 23.44^\circ$ bo'ladi, bu esa quyoshning eng yuqori nuqtasidir.

3. Qiyalik Burchagini Hisoblash

Qiyalik burchagini hisoblashda, quyosh nurlarining optimal kiritilishi uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$\beta = |\text{Latitude} - \delta|$$

Bu yerda:

- β — panellarning optimal qiyalik burchagi,
- **Latitude** — joylashuvning kenglik burchagi (masalan, 40°),
- δ — Quyoshning deklinatsiya burchagi.

Bu formula quyosh panellarini to'g'ri joylashtirishga yordam beradi, ya'ni ular maksimal energiya olish uchun eng yaxshi burchakda bo'ladi.

Yil davomida qiyalik burchagi o'zgarishi:

- **Qish:** Qiyalik burchagi kenglik burchagiga nisbatan eng yuqori bo'ladi, chunki quyosh eng past nuqtada.
- **Yoz:** Qiyalik burchagi kenglik burchagiga nisbatan eng past bo'ladi, chunki quyosh eng yuqori nuqtada.

4. Fasllarga Qarab Qiyalik Burchagini O'zgartirish

Quyosh panellarining samaradorligini oshirish uchun ularning burchagini yilning turli fasllariga qarab sozlash kerak. Bunga quyidagicha yondashish mumkin:

- **Qish:** Panellarni vertikalroq (yuqoriroq) joylashtirish.
- **Yoz:** Panellarni gorizontalroq (pastroq) joylashtirish.

Bu yondashuv quyosh nurlarining to'g'ri burchakda tushishini ta'minlaydi va energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi.

5. Qiyalik Burchagini Fasllar Asosida Hisoblash (Alternative Method)

Agar yilning faslini va joylashuvni hisobga olishni xohlasangiz, quyidagicha formuladan foydalanishingiz mumkin:

- **Qish (dekabr-fevral):**
 $\beta = \text{Latitude} + 15^\circ$
- **Yoz (iyun-avgust):**
 $\beta = \text{Latitude} - 15^\circ$
- **Bahor va Kuz (mart-may, sentyabr-noyabr):**
 $\beta = \text{Latitude}$

Bu formula yer yuzasidagi quyi burchaklardan foydalanadi va faslga qarab eng optimal yondashuvni tanlaydi.

6. Qiyalik Burchagini Moslashtirish

Agar siz muntazam ravishda energiya ishlab chiqarishni optimallashtirishni istasangiz, quyosh panellarining burchagini quyidagi usullar orqali moslashtirish mumkin:

- **Avtomatik tizimlar:** Ba'zi tizimlar panellarning burchagini avtomatik ravishda boshqaradi, bu esa eng yaxshi energiya olishni ta'minlaydi.
- **Yillik o'zgarishlar:** Ba'zi tizimlar yil davomida burchakni o'zgartirishni ta'minlaydi.

7. Boshqa Omillar

- **Geografik joylashuv:** Eng yaxshi natijalarni olish uchun panellarni quyoshning maksimal nurlanishi bo'lgan yo'nalishga qarata joylashtirish kerak. Ko'pincha bu janub (Shimoliy yarimsharda) bo'ladi.
- **Tovar panelining tipiga qarab:** Ba'zi panellar vertikal yoki gorizontal joylashishda samarali ishlaydi, ba'zilari esa yaxshiroq burchak talab qiladi.

Umuman olganda, quyosh panelining optimal qiyalik burchagi, u joylashgan joyning kengligi va yilning o'ziga xos vaqtiga qarab o'zgaradi. Agar siz maxsus bir hudud yoki vaqt uchun qiyalik burchagini hisoblashni xohlasangiz, aniq ma'lumotlar bilan yordam bera olishim mumkin.

Mustaqil yechish ychun masalalar

Masala 1: Trigonometriya yordamida qiyalik burchagini hisoblash

Masala: Agar biror joyda gorizontal masofa 150 metr va vertikal balandlik 45 metr bo'lsa, qiyalik burchagini toping.

Masala 2: Nivellash yordamida qiyalikni aniqlash

Masala:

Agar bir joydagi balandlik 60 metr va gorizontal masofa 120 metr bo'lsa, qiyalik burchagini toping.

Masala 3: Qiyalikni aniqlash va qurilishdagi xavfsizlik

Masala:

Bir hududda gorizontal masofa 250 metr, vertikal balandlik esa 100 metr. Bu qiyalikni o'rnatish uchun qanday burchakni hisoblash kerakligini va qurilish jarayonida xavfsizlikni ta'minlash uchun qanday chora-tadbirlar ko'rish kerakligini aniqlang.

Xavfsizlik choralari:

- Agar qiyalik burchagi juda katta bo'lsa, o'rnatish jarayonida qo'shimcha o'rnatish usullari (masalan, himoya devorlari yoki qiyalikni barqarorlashtirish) zarur bo'ladi.
- Qurilish xavfsizligini ta'minlash uchun maxsus uskunalar (masalan, vertikal va gorizontal qo'llab-quvvatlash tizimlari) ishlatilishi kerak.

Masala 4: Qiyalik burchagini hisoblash va qurilishdagi amaliyot

Masala:

Bir loyiha doirasida yerning balandligi 80 metr va gorizontal masofa 200 metr. Qiyalik burchagini toping. Agar burchak 30° dan katta bo'lsa, qo'shimcha xavfsizlik choralari haqida maslahat bering.

5. Asosiy hisob-kitoblar

1. Toshkent (kenglik: 41°) shahrida joylashgan quyosh panellari uchun **bahor va kuz** fasllarida optimal qiyalik burchagini hisoblang.
2. Qish faslida panellarni qanday burchakda o'rnatish kerakligini hisoblang?
3. Yoz faslida optimal qiyalik burchagini aniqlang.

6. Deklinatsiya burchagini hisoblash

1. **21-mart** kuni quyoshning deklinatsiya burchagini hisoblang.
2. **15-iyul** kuni deklinatsiya burchagi qanday bo'ladi?
3. **1-dekabr** kuni quyoshning deklinatsiya burchagi qancha bo'ladi?

7. Qiyalik burchagini fasllar bo'yicha hisoblash

1. Samarqand (kenglik: 39.7°) shahrida **1-may** kuni quyosh panellari uchun optimal qiyalik burchagini hisoblang.
2. Buxoro (kenglik: 39.8°) shahrida **10-noyabr** kuni qiyalik burchagi qancha bo'lishi kerak?
3. Farg'ona (kenglik: 40.4°) shahrida **21-dekabr** kuni panellarni qanday burchakda joylashtirish kerak?

8. Quyosh panellarining samaradorligi

1. Agar quyosh panellarining burchagi noto'g'ri tanlansa (masalan, yozda qishda tavsiya etilgan burchak ishlatilsa), bu ishlab chiqariladigan energiyaga qanday ta'sir qiladi?
2. Agar panellar 10° noto'g'ri burchakda o'rnatilsa, ishlab chiqarish samaradorligi taxminan necha foizga kamayadi?

9. Qiyalikni optimallashtirish

1. Agar siz panellarni **har oy** optimal qiyalik burchagiga moslashtira olsangiz, qanday usuldan foydalangan bo'lardingiz?
2. Quyosh panellarining burchagini **avtomatik sozlash tizimi** qanday ishlaydi? Bunday tizimning afzalliklari qanday?

3. O'z shahringiz yoki qishlog'ingiz uchun **yillik optimal qiyalik burchagini** hisoblab chiqing.

Nazorat savollari

1. Qaysi qiyalik yil bo'yicha eng ko'p energiya beradi? Nima uchun?
2. Nima uchun janubga yuzlanish ideal hisoblanadi? Azimut 30° gacha burilganda nima sodir bo'ladi?
3. Agar tom qiyaligi 10° va latitude 40°, qanday qiyalik yechimini taklif qilasiz?
4. Nima uchun soyalanishni yil bo'yicha baholash zarur?

4-amaliy mashg'ulot

Yassi quyosh kollektorlarining issiqlik ishlab chiqaruvchanligini hisoblash

Mashg'ulotning maqsadi

Ushbu amaliy mashg'ulotda talabalar yassi quyosh kollektorining issiqlik energiyasini hisoblashni amaliy va nazariy jihatdan o'rganishadi. Asosan yassi quyosh kollektorining issiqlik ishlab chiqaruvchanlik koeffitsientini hisoblash, ularning samaradorligi va energiya balansini tahlil qilish hamda hisob-kitoblarni amaliy ko'rsatmalar asosida bajarish maqsad qilib olingan.

Yassi quyosh kollektorlarining issiqlik ishlab chiqaruvchanligini hisoblash uchun quyidagi asosiy formulalar qo'llaniladi:

1. Umumiy issiqlik ishlab chiqarish

$$Q=G \cdot A \cdot \eta$$

Bu yerda:

- Q — kollektor tomonidan ishlab chiqarilgan issiqlik quvvati (Watt yoki kJ),
- G — quyosh nurlanishining intensivligi (W/m^2),
- A — kollektorning faol yuzasi (m^2),
- η — kollektorning foydali ish koeffitsiyenti (0 dan 1 gacha bo'lgan son).

Agar vaqt bo'yicha hisoblash kerak bo'lsa, umumiy issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_t=Q \cdot t$$

Bu yerda Q_t – umumiy issiqlik energiyasi (J yoki kJ), t – vaqt (sek, h).

2. Energiya balans tenglamasi

Agar kiruvchi va chiquvchi suyuqlikning haroratlarini hisobga olish kerak bo'lsa:

$$Q=m \cdot c \cdot (T_{\text{chiq}}-T_{\text{kir}})$$

Bu yerda:

- m — issiqlik tashuvchi suyuqlikning massaviy sarfi (kg/s),
- c — suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi ($J/kg \cdot K$),
- T_{chiq} va T_{kir} — kollektorning chiqish va kirish harorati ($^{\circ}C$ yoki K).

Bu formula suyuqlikning kirish va chiqish haroratlari asosida issiqlik miqdorini hisoblashga yordam beradi.

3. Kollektorning foydali ish koeffitsiyenti

$$\eta=Q/G \cdot A$$

Kollektorning samaradorligi kiruvchi quyosh energiyasiga nisbatan foydali issiqlik hosil bo'lishining ulushini ko'rsatadi.

4. Kollektorning issiqlik balans tenglamasi

$$Q=A \cdot S-A \cdot U \cdot (T_m-T_a)$$

Bu yerda:

- $S=G \cdot \tau \cdot \alpha$ — kollektor tomonidan yutilgan quyosh nuri,
- U — kollektorning umumiy issiqlik yo'qotish koeffitsiyenti (W/m^2K),
- $T_m=T_{\text{in}}+T_{\text{out}}/2$ — kollektorning o'rtacha harorati,
- T_a — atrof-muhit harorati.

5. Kollektorning chiqish harorati

$$T_{\text{chiq}}=T_{\text{kir}}+Q/m \cdot c$$

Bu formula orqali chiqishdagi haroratni hisoblash mumkin.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-Masala:

Bir yassi quyosh kollektorining faol yuzasi **2,5 m²**, foydali ish koeffitsiyenti **0,7** va atrofga tushayotgan quyosh nurlanishi **800 W/m²** bo'lsa, kollektor qancha issiqlik ishlab chiqaradi? Berilgan:

- Kollektor yuzasi: $A=2.5 \text{ m}^2$
- Foydali ish koeffitsiyenti: $\eta=0.7$
- Quyosh nurlanishi: $G=800 \text{ W/m}^2$

Kollektor tomonidan ishlab chiqarilgan issiqlik quvvati:

$$Q=G \cdot A \cdot \eta$$

$$Q=800 \times 2.5 \times 0.7=1400 \text{ W}=1.4 \text{ k}$$

Javob: 1.4 kW

2-Masala:

Issiqlik tashuvchi suyuqlik (suv) kollektor ichiga **20°C** haroratda kirib, **50°C** haroratda chiqmoqda. Agar suyuqlikning massaviy sarfi **0,05 kg/s** va suvning solishtirma issiqlik sig'imi **4186 J/kg·K** bo'lsa, kollektor qancha issiqlik ishlab chiqaradi?

3-Masala:

Agar kollektor tomonidan ishlab chiqarilgan issiqlik **3,5 kW** va quyosh nurlanishining intensivligi **900 W/m²** bo'lsa, kollektorning foydali ish koeffitsiyenti qanday bo'ladi? (Kollektor yuzasi **4 m²**)

4-Masala:

Agar kollektor **5 m²** yuzaga ega bo'lsa va atrof-muhit harorati **25°C**, kollektor ichidagi suyuqlikning o'rtacha harorati **50°C** bo'lsa, umumiy issiqlik yo'qotish koeffitsiyenti **6 W/m²K** bo'lsa, kollektor qancha issiqlik yo'qotadi?

5-Masala:

Agar kollektor quyoshdan **1000 W/m²** quvvat olsa va uning oynasi orqali tushayotgan nurning 85% yutilsa ($\tau \cdot \alpha=0.85$), kollektor **6 m²** bo'lsa, kollektor tomonidan yutilayotgan quyosh energiyasini hisoblang.

Nazorat savollari

1. Yassi kollektor samaradorligi qaysi parametrga ko'proq bog'liq?
2. Atrof muhit harorati oshsa, kollektor samaradorligi qanday o'zgaradi va nima sababdan?
3. Kollektor maydoni ikki barobar oshirilsa, ishlab chiqaruvchanlik qanday o'zgaradi?
4. Kollektor samaradorligi va issiqlik ishlab chiqaruvchanligi o'rtasidagi farq nima?

5-amaliy mashg'ulot

Yassi quyosh kollektorlarining issiqlik samaradorligini hisoblash

Yassi quyosh kollektorlarining asosiy vazifasi — quyosh nurlanishini qabul qilib, uni issiqlikka aylantirish va bu issiqlikni tizimga uzatishdir. Ushbu amaliy mashg'ulot yassi kollektorlarning ishlash printsiplari, ularning issiqlik samaradorligini aniqlash usullari, matematik modellar va amaliy hisob-kitoblarni o'z ichiga oladi.

Mashg'ulotning maqsadi — talabalarni kollektor samaradorligini nazariy jihatdan tushunishga va laboratoriya sharoitida o'lchash/ hisoblash amaliyotini bajarishga tayyorlash.

Yassi kollektorning qisqacha tavsifi

Yassi kollektor quyidagi asosiy elementlardan tashkil topadi:

- Shisha yoki shaffof qoplama;
- Absorber yutuvchi qatlam (metal plitalar, odatda mis yoki alyuminiy);
- Issiqlik izolyatsiyasi;
- Issiqlik uzatuvchi quvurlar tizimi (spiral yoki parallel trubkalar);
- Korpus va ramka.

Absorberga tushgan quyosh nurlanishi issiqlik tashuvchi muhitni isitadi — bu issiqlik suyuqlikka (yoki havoga) uzatiladi.

Asosiy tushunchalar va belgilashlar

- I — quyosh nurlanishi intensivligi, W/m^2 ;
- A — kollektor samarali yuzasi, m^2 ;
- $Q_s = I/A$ — kollektor yuzasiga tushgan quyosh energiyasi, W ;
- m — issiqlik tashuvchi suyuqlik massaviy oqimi, kg/s ;
- c_p — suyuqlikning issiqlik sigʻimi, $J/(kg \cdot K)$;
- T_{kir}, T_{chiq} — mos ravishda kollektorga kirish va chiqish suyuqlik harorati, $^{\circ}C$;
- $T_m = (T_{kir} + T_{chiq})/2$ — kollektor oʻrtacha harorati, $^{\circ}C$;
- T_a — atrof-muhit harorati, $^{\circ}C$;
- $Q_u = m c_p (T_{chiq} - T_{kir})$ — foydali issiqlik, W ;
- $\eta = Q_u / Q_s$ — kollektorning umumiy issiqlik samaradorligi (%).

Kollektor samaradorligini aniqlovchi matematik model

Amaliy ishda koʻpincha quyidagi empirik/yarim-analitik formula qoʻllanadi:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{I} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{I}$$

Bu yerda:

- η_0 — optik samaradorlik (nominal, issiqlik yoʻqotishlarsiz),
- a_1, a_2 — issiqlik yoʻqotish koeffitsiyentlari (odatda $W/(m^2 \cdot K)$ va $W/(m^2 \cdot K^2)$ ga oʻxshash birliklarda),
- $T_m - T_a$ — kollektor va atrof-muhit oʻrtasidagi harorat farqi.

Izoh: Kichik va oʻrta darajadagi kollektorlar uchun a_2 koʻpincha kichik yoki nol deb olinadi (yaʼni kvadratik aʼzoni eʼtiborga olmaslik mumkin). Biroq aniq sinov natijalariga qarab a_2 kiritiladi.

Laboratoriya amaliyoti: oʻlchash va hisoblash usuli

Tajribadan oldin:

- Kollektor yuzasi va orientatsiyasini qayd eting; quyosh burchagi va yorugʻlik sharoitlarini yozing.
- Suyuqlik turi va bosimi, sensorlar aniqligini tekshiring.

Oʻlchashlar:

- Kirish va chiqish suyuqlik haroratlarini T_{kir} va T_{chiq} termoparlar bilan oʻlchang (Kamida 3 takror).
- Massaviy oqim m ni oqim oʻlchagich bilan oʻlchang.
- Quyosh nurlanishini I piranometr yoki boshqa nazorat-oʻlchov asbobi bilan oʻlchang.
- Atrof-muhit haroratini T_a yozing.

Hisoblash:

- Har bir takror uchun Q_u, Q_s, η ni hisoblang.
- Oʻrtacha va dispersiyalarni toping.
- Xatolik manbalarini baholang: sensör aniqligi, yoʻqotishlar, sharoitlarning oʻzgarishi.

Xavfsizlik:

- Issiq suyuqlik bilan ishlaganda himoya qoʻlqoplardan foydalaning.
- Elektr asboblari sugʻorilgan joyda ishlatilganda ehtiyot boʻling.

Muammolar va xatolik manbalari

- Sensorlar va oʻlchov vositalarining xatolari.
- Kollektorga tashuvchi quyosh nurlanishining notekisligi (bulut, soyalar).
- Konvektiv va radiatsion yoʻqotishlarni hisobga olmaslik.
- Kollektor yuzasining ifloslanishi va optik xususiyatlarning oʻzgarishi.

Yassi kollektorlarning issiqlik samaradorligini hisoblash — nazariy modelga asoslangan va amaliy oʻlchovlarni birlashtirgan jarayondir. Toʻgʻri oʻlchashlar, birliklarga eʼtibor va statistik tahlil natijalarning ishonchliligini oshiradi.

Mustaqil yechish uchun masala

1. Kollektor uchun quyidagilar berilgan: quyoshning perpendikulyar nurlanishi $I=800 \text{ W/m}^2$, kollektor jonli faktor $F_R=0.85$, optik yo'qotish koeffitsienti $(\tau\alpha)=0.78$, umumiy issiqlik yo'qotish koeffitsienti $U_L=5.5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tashqi havo harorati $T_a=20^\circ\text{C}$, kollektor yuzasi harorati $T_m=40^\circ\text{C}$. Kollektorning samaradorlik koeffitsientini (η) ni toping.
2. Kollektor maydoni $A=2.0 \text{ m}^2$. Quyidagi parametrlar: $I=900 \text{ W/m}^2$, $F_R=0.9$, $(\tau\alpha)=0.75$, $U_L=6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, tashqi havo $T_a=15^\circ\text{C}$. Agar suv oqimi $\dot{m}=0.02 \text{ kg/s}$ bo'lsa va suvning boshlang'ich harorati $T_{\text{kir}}=20^\circ\text{C}$, kollektor chiqish harorati T_{chiq} ni toping (suvning issiqlik sig'imi $c_p=4180 \text{ J/(kgK)}$).
3. Kunning bir paytida o'rtacha quyosh nurlanishi $I=700 \text{ W/m}^2$. Bir soat davomida tushayotgan foydali issiqlik quvvati $\dot{Q}=4,2 \text{ kW}$. Kollektor parametrlari: $F_R(\tau\alpha)=0.7$ (ya'ni mahsulot sifatida berilgan), $U_L=4.8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, kollektor o'rtacha yuz harorati tashqaridan $T_m-T_a=20^\circ\text{C}$. Kerakli kollektor maydonini A ni hisoblang.
4. Kollektor maydoni $A=4 \text{ m}^2$. Bir kun davomida soat 9 dan 15 gacha o'rtacha nurlanish $I_{\text{avg}}=650 \text{ W/m}^2$. Kollektor o'rtacha samaradorligi $\eta_{\text{avg}}=0.55$. Kunlik yig'iladigan issiqlik energiyasini (kWh) hisoblang.
5. Berilgan: $I=800 \text{ W/m}^2$, $F_R=0.85$, $(\tau\alpha)=0.78$, $U_L=6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Hisoblang: a) agar $T_a=10^\circ\text{C}$ va $T_m=30^\circ\text{C}$ bo'lsa, FIK (η) netchiga teng bo'ladi? b) agar $T_a=25^\circ\text{C}$ va $T_m=45^\circ\text{C}$ bo'lsa, FIK (η) qancha bo'ladi? (Taqqoslang va qisqacha izoh bering.)

Nazorat savollari

1. Yassi quyosh kollektorining asosiy qismlari va ularning vazifalarini aytib bering.
2. Kollektor samaradorligi nima va u qanday o'lchanadi?
3. Foydali issiqlik Q_u va kollektor yuzasiga tushgan energiya Q_s o'rtasidagi farq nima?
4. Optik samaradorlik (η_o) va issiqlik yo'qotish koeffitsiyentlari (a_1, a_2) kollektor samaradorligiga qanday ta'sir qiladi?
5. Kollektor samaradorligini oshirish uchun qanday konstruksion va texnologik chora-tadbirlar qo'llanadi?
6. Kollektor orqali o'tadigan suyuqlik oqimi va harorati samaradorlikka qanday ta'sir qiladi?
7. Yassi kollektor va vakuumli kollektor samaradorligini taqqoslang.

6-amaliy mashg'ulot

Quyosh kollektorlarining issiqlik yo'qotishlarini hisoblash

Mashg'ulotning maqsadi

Talabalar kollektorlarda sodir bo'ladigan issiqlik yo'qotishlarini aniqlash va ularning umuman foydali issiqlik ishlab chiqarishga ta'sirini hisoblay olishlari kerak.

Qisqacha nazariya (asosiy tushunchalar)

- G — to'planayotgan yorug'lik (goriantatsiya), W/m^2 .
- $\tau\alpha$ — oynaning transmissiya $\times$ absortsiya (optik samaradorlik) (odatda 0.6–0.9 oralig'ida).
- F_R — issiqlik olib ketish omili, 0–1 oralig'ida (odatda 0.5–0.95).
- U_L — umumiy issiqlik yo'qotish o'zaro koeffitsienti, $\text{W/m}^2\text{K}$.
- T_{kir} — kollektorga kirish suyuqligi harorati ($^\circ\text{C}$).
- T_a — atrof muhit harorati ($^\circ\text{C}$).
- A — kollektor maydoni, m^2 .
- Foydali issiqlik — Q_u , W yoki W/m^2 .

Asosiy formulasiyalar

Hottel–Whillier turidagi ifoda (soddalashtirilgan va keng qoʻllanadi):

$$q_u(\text{tanlangan yuzaga qarab, W/m}^2) = F_R(\tau\alpha G - U_L(T_{\text{kir}} - T_a))$$

Bu yerda q_u — m^2 bosimiga tushuvchi foydali issiqlik.

Umumiy foydali issiqlik: $Q_u = q_u \cdot A$.

Agar oʻrtacha kollektor harorati T_m olinishi kerak boʻlsa, baʼzan formulada T_m ishlatiladi:

$$q_u = F_R(\tau\alpha G - U_L(T_m - T_a)), \quad T_m \approx \frac{T_i + T_o}{2}$$

Issiqlik yoʻqotish:

$$q_{\text{yuq}} = U_L(T_m - T_a).$$

Agar siz maʼlum foydali issiqlikdan chiqish haroratini topmoqchi boʻlsangiz (suyuqlik mass oqimi bilan):

$$Q_u = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \Rightarrow T_o = T_i + \frac{Q_u}{\dot{m} c_p}$$

bu yerda $\dot{m}$ — mass oqimi (kg/s), c_p — suyuqlikning issiqlik sigʻimi (suv uchun $\approx 4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$).

Samaradorlik:

$$\eta = \frac{Q_u}{GA} = \frac{q_u}{G}$$

Amaliy ish tartibi

1. Talabalar guruh boʻlib berilgan parametrlar boʻyicha hisob-kitob olib boradilar: q_u , Q_u , η , T_{chiq} .
2. Har bir guruh quyidagi variantlardan birini oladi (variantlarda G , F_R , $\tau\alpha$, U_L , $\dot{m}$ oʻzgaradi).
3. Har bir guruh natijani jadvalga yozadi va qisqa hisobot (1 sahifa) beradi: qanday soddalashtirish qilingan, noaniqliklar, sezgirlik (sensitivity) tahlili: U_L yoki F_R 20% kamaytirilsa/oshirilsa natija qanday oʻzgaradi.
4. Yakunda taqdimot va umumiy muhokama.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

Vazifa 1. Kollektor $A=1.5 \text{ m}^2$, $G=600 \text{ W/m}^2$, $\tau\alpha=0.70$, $F_R=0.85$, $U_L=4.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_{\text{kir}}=35^\circ\text{C}$, $T_a=15^\circ\text{C}$. Hisoblang: q_u , Q_u , η .

Vazifa 2. Kollektor $A=2.5 \text{ m}^2$, boshqalar: $G=1000 \text{ W/m}^2$, $\tau\alpha=0.78$, $F_R=0.88$, $U_L=6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_{\text{kir}}=60^\circ\text{C}$, $T_a=20^\circ\text{C}$. Hisoblang Q_u va chiqish haroratini agar $\dot{m}=0.06 \text{ kg/s}$ va suv $c_p=4186 \text{ J/kgK}$ boʻlsa.

Vazifa 3. Bir xil kollektor uchun turli G (200, 400, 800 W/m^2) uchun q_u jadvalini tuzing va $\Delta T=(T_{\text{kir}}-T_a)/G$ ga nisbatan samaradorlik grafik chizing (qoʻlda yoki Excel). (Bu loyihada F_R va U_L ni doimiy deb olinadi.)

Vazifa 4. Kollektorlarning toʻliq yoʻqotish koeffitsientini topish: yuqori tomon (oina) konvektiv+radiativ = 12 $\text{W/m}^2\text{K}$, pastki qoplama orqali yoʻqotish = 2 $\text{W/m}^2\text{K}$ → U_L qanday? (oddiy yigʻindimi yoki qatlamli shartlar) — va undan keyin 2-senariy uchun Q_u hisoblang.

Vazifa 5. F_R qanday ishlab chiqiladi va unga taʼsir qiluvchi dizayn parametrlarini sanab bering. Keyin ikkita turli F_R qiymatining (0.6 va 0.95) samaradorlikka taʼsirini analiz qiling (raqamli misollar bilan).

Nazorat savollari

1. U_L nima va qanday jihatlar uning qiymatini oshiradi?

2. F_R ni oshirish uchun dizaynda qanday o'zgarishlar qilish mumkin?
3. Nega kollektor samaradorligi yuqori bo'lganida ham chiqish harorati oshgani sari foydali issiqlik kamayishi mumkin? (izoh: $(T_{kir}-T_a)$ oshishi bilan yo'qotishlar).
4. Hottel–Whillier formulasining chegaralari va farazlari nimalardan iborat?
5. Agar oynaning o'tkazuvchanligi pasaysa (masalan ifloslanish tufayli), bu qanday ta'sir qiladi? (raqamli baholash).

7-amaliy mashg'ulot

Fotoelektrik panellarning samaradorligini hisoblash

Geliotizimlarning samaradorligini hisoblash va tahlil qilishda turli matematik va dasturiy yondashuvlar mavjud. Bunda asosan quyosh energiyasi ishlab chiqarish tizimlari (masalan, quyosh batareyalari yoki fotovoltaiik tizimlar) va ularning samaradorligini tahlil qilish uchun matematik formulalar, algoritmlar va simulyatsiyalar ishlatiladi.

1. Energiya hisoblash

Geliotizimlarning samaradorligini hisoblashda asosiy masala energiya ishlab chiqarishni aniqlashdir. Bu quyidagi ko'rsatkichlarga bog'liq:

- **Energiya manbasi kuchi (Irradiation):** Bu yerda G — quyosh nurining yer yuzasiga tushishi yoki boshqa energiya manbasining kuchi bo'lib, u W/m^2 sifatida o'lchanadi. Quyosh panellarining samaradorligi aynan bu parametrga bog'liq.

- **Yuzani aniqlash (Area, A):** Tizimning ishlash yuzasi ham energiya ishlab chiqarishning asosiy omillaridan biridir. Panellarning yuzasi necha kvadrat metrni egallashi va bu yuzada qanday energiya ishlab chiqarilishi hisoblanadi.

- **Tizim samaradorligi (η):** Tizimning samaradorligi uning necha foiz energiya ishlab chiqarishini ko'rsatadi. Misol uchun, quyosh paneli tizimi 20% samaradorlikka ega bo'lsa, demak, tizimni o'ziga tushgan energiyaning faqat 20%ini elektr energiyasiga aylantiradi.

Agar tizimdagi o'zgarishlarni hisobga olish kerak bo'lsa, quyidagi formula yordamida umumiy ishlab chiqarilgan energiya (P) ni hisoblash mumkin:

$$P = \eta \cdot A \cdot G$$

Bu formulada:

- P — ishlab chiqarilgan energiya,
- η — tizim samaradorligi,
- A — tizim maydoni,
- G — quyosh nurining kuchi (irradiatsiya).

2. Samaradorlikni tahlil qilish

Geliotizimlarning samaradorligini tahlil qilishda ko'plab parametrlar mavjud:

- **Nominal samaradorlik:** Bu odatda ishlab chiqaruvchidan keltirilgan ma'lumotlarga asoslanadi, ya'ni tizimning maksimal energiya ishlab chiqarish imkoniyatlari.

- **Haqiqiy samaradorlik:** Bu parametrlar real ish sharoitlari (masalan, ob-havo sharoitlari, temperaturaning o'zgarishi, tizimdagi nuqsonlar) bo'yicha olingan natijadir. Haqiqiy samaradorlik nominal samaradorlikdan kam bo'lishi mumkin, chunki har bir tizimning ishlash sharoiti mukammal bo'lmaydi.

Samaradorlikni hisoblash uchun, tizimning haqiqiy ishlash ko'rsatkichlarini nominal ko'rsatkichlar bilan taqqoslash mumkin. Masalan:

$$\eta_{\text{real}} = P_{\text{real}} / P_{\text{nominal}}$$

Bu yerda:

- η_{real} — haqiqiy samaradorlik,
- P_{real} — haqiqiy ishlab chiqarilgan energiya,
- P_{nominal} — nominal energiya.

3. Optimizatsiya

Geliotizimlarning samaradorligini oshirish uchun optimizatsiya metodlari qo'llaniladi. Bu metodlar quyidagi omillarni o'z ichiga oladi:

- **Panelni optimal joylashuv:** Quyosh panellarining joylashuvi ularning samaradorligiga katta ta'sir ko'rsatadi. Optimallashtirish algoritmlari yordamida eng yaxshi burchak va yo'nalishni aniqlash mumkin.

- **Energiyani saqlash va tarqatish:** Energiya ishlab chiqarilganidan so'ng uni qanday saqlash va tarmoqqa qanday uzatish ham tizim samaradorligiga ta'sir qiladi. Optimallashtirish algoritmlari yordamida batareyalar yoki boshqa energiya saqlash tizimlarini tanlash mumkin.

- **Tizimdagi xatoliklar va nuqsonlarni aniqlash:** Geliotizimda yuzaga keladigan kamchiliklar (masalan, panellarni qoplash, texnik nosozliklar) tizim samaradorligini kamaytiradi. Bu nuqsonlarni aniqlash va tuzatish uchun simulyatsiyalar va diagnostika vositalari ishlatiladi.

4. Simulyatsiya va Modellashtirish

Geliotizimlarni hisoblashda simulyatsiya va modellashtirish juda muhim rol o'ynaydi. Turli simulyatsiyalar yordamida tizimning ishlashini turli sharoitlar bilan o'rganish mumkin:

- **Monte Carlo simulyatsiyasi:** Bu simulyatsiya yordamida tizimning energiya ishlab chiqarishining ehtimoliy natijalari modelga kiritiladi. Simulyatsiya yuzasidan kelib chiqadigan tasodifiy o'zgarishlar energiya ishlab chiqarishga ta'sir qilishi mumkin.

- **Dynamic Simulation:** Tizimning dinamikasini (masalan, ob-havo, quyosh nurining o'zgarishi) hisobga olish va tizimni haqiqiy sharoitlarda qanday ishlashini bashorat qilish uchun ishlatiladi.

5. Matematik modellash

Bundan tashqari, geliotizimlarning samaradorligini matematik modellar yordamida aniqlashda quyidagi usullar ishlatiladi:

- **Differensial tenglamalar:** Quyosh panellari yoki boshqa energiya tizimlarining har bir komponenti o'zining dinamik xususiyatlariga ega. Bu tizimni modellashtirish uchun differensial tenglamalar ishlatiladi.

- **Qayta tiklanadigan energiya manbalarini tahlil qilish:** Boshqa manbalar, masalan, shamol yoki geotermal energiya tizimlari ham geliotizimlarga qo'shilgan bo'lishi mumkin. Bu tizimlarni modellashtirish uchun maxsus matematik modellardan foydalaniladi.

Geliotizimlarning samaradorligini hisoblash uchun matematik modellar, optimizatsiya algoritmlari, simulyatsiyalar va modellashtirish metodlari qo'llaniladi. Tizimning ishlash samaradorligini oshirish uchun bu usullar tizimni yaxshilash va energiya ishlab chiqarishni maksimal darajaga yetkazish imkonini beradi.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Fotovoltaik tizimning samaradorligini hisoblash

Quyosh panelining samaradorligini hisoblash uchun quyidagi formulani ishlatib, energiya ishlab chiqarishni aniqlang:

$$P = \eta \cdot A \cdot G$$

bu yerda η — panel samaradorligi (18%), A — maydon (20 m²), G — quyosh nuri kuchi (1000 W/m²).

2. Quyosh nuri kuchini hisoblash

Har xil geografik joylarda quyosh nuri kuchini o'lchash va taqqoslash. Maxsus meteorologik ma'lumotlardan foydalanib, yil davomida o'zgarishlarni ko'rib chiqing.

Masala: Quyosh nuri kuchini turli geografik joylarda o'lchash.

Quyosh nuri kuchi GGG odatda iqlim sharoitlariga qarab o'lchanadi va soatiga kilovat (kW/m²) bilan o'lchanadi. Misol uchun, eng yaxshi quyoshli joylarda $G=1000$ W/m² bo'lishi mumkin, lekin qorong'u yoki ob-havo sharoitlari yomon bo'lgan joylarda bu qiymat kam bo'ladi (500-700 W/m²).

3. Tizim samaradorligini tahlil qilish

Quyosh panelining nominal samaradorligi va haqiqiy samaradorligini taqqoslash. Haqiqiy samaradorlikni quyidagi formula yordamida hisoblang:

$$\eta_{\text{real}} = P_{\text{real}} / P_{\text{nominal}}$$

Agar tizimning nominal samaradorligi 5000 W bo'lsa va haqiqiy ishlab chiqarilgan energiya 4500 W bo'lsa haqiqiy foydali ish koeffitsientini toping.

4. Energiyani saqlash tizimlarini tahlil qilish

Energiya saqlash batareyasining samaradorligini hisoblash va tizimda energiya sarfini minimallashtirish uchun optimallashtirish algoritmlarini qo'llash.

5. Optimal panel burchagini hisoblash

Quyosh panellarini optimal burchakda joylashtirish orqali maksimal energiya ishlab chiqarish uchun matematik model tuzing. Bunda, quyosh nurining kelish burchagi va vaqtni hisobga oling.

Quyosh panellarining optimal burchagini hisoblash.

Quyosh panelini optimal burchakda joylashtirish uchun, geografik kenglikni hisobga olgan holda quyidagi formulani ishlatish mumkin:

$$\theta = \text{latitude} - 15^\circ \text{ (qishgi holat uchun)}$$

yoki

$$\theta = \text{latitude} + 15^\circ \text{ (yozgi holat uchun)}$$

Misol: Agar joylashgan joyning geografik kengligi 40° bo'lsa:

Qishki optimal burchak $40^\circ - 15^\circ = 25^\circ$

Yozgi optimal burchak $40^\circ + 15^\circ = 55^\circ$

6. Simulyatsiya yordamida quyosh paneli samaradorligini aniqlash

Monte Carlo simulyatsiyasi yordamida quyosh panellari tizimining samaradorligini turli iqlim sharoitlarida simulyatsiya qiling.

7. Tizimni doimiy ravishda monitoring qilish

Tizimni real vaqt rejimida monitoring qilish va natijalarni tasvirlash uchun dastur tuzish. Bu tizimdagi nuqsonlar va ishlash xususiyatlarini tezda aniqlashga yordam beradi.

8. Fotovoltaik tizimlarning energiya ishlab chiqarishni prognoz qilish

Iqlim sharoitlari va quyosh nuri parametrlariga asoslangan fotovoltaik tizimlar orqali energiya ishlab chiqarishni prognoz qilish modelini yaratish.

9. Geliotizimlarni boshqa qayta tiklanadigan energiya manbalari bilan birlashtirish

Quyosh, shamol yoki boshqa qayta tiklanadigan energiya manbalarini birlashtirgan tizimlarning samaradorligini tahlil qilish va optimallashtirish.

Nazorat savollari

1. Fotoelektrik panel samaradorligi nima va qanday o'lchanadi?
2. Fotoelektrik panel quvvatini qanday hisoblash mumkin?
3. Quyosh nurlanishi intensivligi va panel yuzasi qanday samaradorlikka ta'sir qiladi?
4. Panel samaradorligi hisob-kitobida harorat omili qanday hisobga olinadi?
5. Agar panel yuzasida chang yoki qor bo'lsa, uning samaradorligiga qanday ta'sir qiladi?

8-amaliy mashg'ulot

Quyosh suv chuchutish qurilmalarini hisoblash

Quyoshiy suv chuchutish qurilmasi - bu quyosh energiyasi yordamida sho'r yoki ifloslangan suvni chuchuklantiruvchi hamda iste'mol uchun yaroqli manba tayyorlab beruvchi qurilma sanaladi. Uning energetik xarakteristikalariga quyidagilar kiradi:

- Quyosh nurlanish energiyasi: quyoshiy chuchutish qurilmasi energiya manbai sifatida quyosh nurlanishidan foydalanadi. Shu maqsadda odatda quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantiradigan quyosh panellari ishlatiladi.
- Energiya samaradorligi: quyoshiy chuchutish qurilmasining samaradorligi bir necha omillarga bog'liq, jumladan, quyosh panellarining samaradorligi, energiyani konvertatsiya qilish samaradorligi, chuchuklantirish jarayonining samaradorligi va boshqalar. Ushbu omillarning barchasini optimallashtirish tizimning energiya samaradorligini oshirishi mumkin.

- Chuchuklantirish jarayoni: quyoshiy chuchutish qurilmasi teskari osmos, bug‘lanish-kondensatsiya va boshqalar kabi turli xil suvni chuchuklantirish usullaridan foydalanishi mumkin. Ushbu usullarning har biri o‘ziga xos energiya talablari va xususiyatlariga ega.
- Energiyani saqlash: quyoshiy chuchutish qurilmasining energiya ko‘rsatkichlarining muhim jihati quyosh energiyasini quyosh nuri etishmasligi davrida, masalan, tunda yoki bulutli kunlarda foydalanish uchun saqlash qobiliyatidir. Buning uchun batareyalar yoki boshqa energiya saqlash tizimlaridan foydalanish mumkin.
- Qo‘llanilish miqyosi va ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari: quyoshiy chuchutish qurilmasining energiya xususiyatlari uning ko‘lami va ishlashiga ham bog‘liq bo‘lishi mumkin. Kattaroq qurilmalar ko‘proq chuchuklantirilgan suv bilan ta‘minlashi mumkin, ammo zarur energiya bilan ta‘minlash uchun ko‘proq quyosh panellari va boshqa uskunalar talab qilinishi mumkin.



Quyosh energiyasi yordamida suvni chuchuklantiruvchi qurilma

Quyosh suv chuchuklantiruvchi qurilmalar elektr energiyadan foydalanish cheklangan uzoq va chekka hududlarda toza ichimlik suvidan foydalanishni ta‘minlash uchun istiqbolli yechimdir. Ular suv bilan ta‘minlanish muammosini hal qilish va shu bilan birga atrof-muhitga salbiy ta‘sirni kamaytirish uchun qayta tiklanadigan energiya manbasidan foydalanishga imkon beradi.

Quyosh suv chuchutish qurilmalari suvni tuzdan tozalash uchun quyosh energiyasidan foydalanadi. Ularning hisoblanishi ko‘plab omillarga bog‘liq, shu jumladan quyosh nurining intensivligi, suvning kirish ma‘lumotlari (suvning salomatligi, tuz konsentratsiyasi) va tizimning samaradorligi.

Qurilmaning hisoblash uchun quyidagi asosiy omillarni ko‘rib chiqish kerak:

1. **Quyosh nuri intensivligi (I):** Quyosh energiyasining yerga yetib boradigan miqdori (W/m^2).
2. **Suv miqdori (Q):** Suvning qayta ishlaniishi kerak bo‘lgan hajmi ($m^3/davr$).
3. **Suvni chuchutish samaradorligi (η):** Quyosh energiyasidan suvni chuchutishga sarflanadigan energiyaning samaradorligi (foiz sifatida).
4. **Qurilmaning yuzasi (A):** Quyosh paneli yoki evaporatorning samarali ishlash maydoni (m^2).
5. **Energiyaning talab qilinadigan miqdori:** Suvni chuchutish uchun zarur bo‘lgan energiya miqdori.

Quyosh nuri intensivligi (I)

Quyosh nuri intensivligi yoki quyosh energiyasining erga yetib boradigan miqdori W/m^2 bilan o‘lchanadi. Bu qiymat geografik joylashuv, mavsum, va quyoshning kundalik harakati kabi omillarga qarab o‘zgaradi. Ko‘p hollarda, quyosh nuri intensivligi quyidagi formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$I = I_0 \times \cos(\theta)$$

Bu yerda:

- I_0 — maksimal quyosh nuri intensivligi (quyoshning eng kuchli bo‘lgan nuqtasida),
- θ — quyosh nuri bilan yer yuzasining burchagi.

Quyosh nuri intensivligi, asosan, **500-1000 W/m²** atrofida bo‘ladi, lekin bu qiymat geografik joylashuvga va kunda o‘zgarishi mumkin.

Suvni chuchutish miqdori (Q)

Bu miqdor ishlab chiqarish kerak bo‘lgan toza suv miqdori (m³/davr) ni anglatadi. Suvni tozalash miqdori, odatda, quyosh tizimining samaradorligi va energiya talablariga mos kelishi kerak.

Suvni chuchutish miqdori quyidagi faktorlarga bog‘liq:

- Suvning boshlang‘ich tuz konsentratsiyasi (tuzli suv yoki brackish suv),
- Suvning chiqish konsentratsiyasi (necha foiz suv tuzsizlanishi kerak),
- Tizimning ishlash va samaradorlik koeffitsienti.

Suvni chuchutish samaradorligi (η)

Suvni desalinizatsiya qilish samaradorligi, tizimning quyosh energiyasini suvni tozalash uchun qancha samarali ishlatishini bildiradi. Bu koeffitsient quyidagi shaklda aniqlanadi:

$$\eta = E_{out}/E_{in} \times 100$$

Bu yerda:

- E_{out} — chuchutilgan suvdagi energiya,
- E_{in} — tizimga kiruvchi energiya.

Desalinizatsiya tizimlarining samaradorligi odatda 40-60% orasida o‘zgaradi. Yaxshi samaradorlikka erishish uchun yuqori sifatli komponentlar va tizim dizayni talab etiladi.

Qurilmaning yuzasi (A)

Quyosh energiyasini to‘plash uchun quyosh panellari yoki evaporatorlardan foydalaniladi. Qurilmaning yuzasi quyosh panellari yoki issiqlik to‘plovchi yuzalarning maydonidir. Yuzaning kattaligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$A = Q \times H / I \times \eta$$

Bu yerda:

- A — qurilmaning yuzasi (m²),
- Q — talab qilinadigan suv miqdori (m³/davr),
- H — suvni desalinizatsiya qilish uchun talab qilinadigan energiya miqdori (kWh/m³),
- I — quyosh nuri intensivligi (W/m²),
- η — samaradorlik.

Yuzaning kattaligi kerakli suvni chuchutish uchun talab qilinadigan energiya miqdoriga va quyosh nuri intensivligiga qarab aniqlanadi.

Energiya talablarini hisoblash

Quyosh suv chuchutish qurilmasi energiya talabini hisoblash uchun quyidagi ma'lumotlarni bilish kerak:

- Suvni desalinizatsiya qilish uchun zarur bo‘lgan energiya (H , kWh/m³),
- Suvni chuchutish miqdori (Q , m³/davr).

Agar tizim kondensatsiya yoki evaporatsiya usulini ishlatssa, energiya talablarini quyidagi formulalardan foydalanib aniqlash mumkin:

$$H = L / \eta$$

Bu yerda:

- L — suvning bug‘lanish entalpiyasi (kJ/kg),
- η — samaradorlik.

Bundan so‘ng, tizim uchun zarur energiya miqdori quyosh nuri bilan ta‘minlanadi va shunga qarab kerakli yuzalar va tizim elementlari hisoblanadi.

Qurilma samaradorligi

Yuqoridagi hisob-kitoblardan so‘ng, qurilmaning samaradorligini baholash muhim. Tizim samaradorligini oshirish uchun quyosh energiyasini to‘plash uchun yaxshilangan quyosh panellari, issiqlik to‘plovchi texnologiyalar yoki issiqlikni qayta ishlash tizimlari qo‘llanilishi mumkin.

Quyosh suv chuchutish qurilmalarining hisoblashlari quyosh nuri intensivligi, suv miqdori, samaradorlik va energiya talabiga asoslanadi. Tizim samaradorligi va quyosh nurining joylashuvga bog'liq o'zgaruvchanligi hisobga olinishi kerak. Ularni to'g'ri hisoblash va dizayni orqali energiya tejovchi va samarali tizimlar yaratish mumkin.

Mustaqil hisoblash uchun masala

Masala 1:

Shartlar:

- Quyosh nuri intensivligi $I=800 \text{ W/m}^2$,
- Suv miqdori $Q=5 \text{ m}^3/\text{kun}$,
- Tizim samaradorligi $\eta=50\%$.

Savol: Tizimning ishlash uchun kerakli yuzani hisoblang.

Masala 2:

Shartlar:

- Suvni chuchutish uchun zarur energiya $H=5 \text{ kWh/m}^3$,
- Quyosh nuri intensivligi $I=1000 \text{ W/m}^2$,
- Suv miqdori $Q=10 \text{ m}^3/\text{kun}$,
- Tizim samaradorligi $\eta=60\%$.

Savol: Suvni desalinizatsiya qilish uchun zarur bo'lgan qurilma yuzasini hisoblang.

Masala 3:

Shartlar:

- Quyosh nuri intensivligi $I=900 \text{ W/m}^2$,
- Suv miqdori $Q=15 \text{ m}^3/\text{kun}$,
- Suvni desalinizatsiya qilish samaradorligi $\eta=55\%$,
- Suvning bug'lanish entalpiyasi $L=2260 \text{ kJ/kg}$.

Savol: Suvni desalinizatsiya qilish uchun zarur bo'lgan energiya miqdorini hisoblang.

Nazorat savollari

1. Quyosh suv chuchutish qurilmasini ta'riflab bering.
2. Quyosh kollektori va suv chuchutish qurilmasining asosiy farqlari?
3. Quyosh nuri intensivligi nima va uning suv chuchutish qurilmasi samaradorligiga ta'siri.
4. Tizimdagi issiqlik yo'qotishlarini qanday hisoblash mumkin.

9-amaliy mashg'ulot

Quyosh uylari samaradorligini hisoblash

Quyosh uylari samaradorligini hisoblashda quyidagi faktorlarga to'liqroq yondashishimiz kerak. Quyosh uylari samaradorligini hisoblashda bir nechta asosiy omillarni inobatga olish zarur. Bu omillar quyosh paneli texnologiyasidan tortib, uning joylashuvi, ob-havo sharoitlari va qurilmaning o'ziga xos xususiyatlariga qadar o'zgarishi mumkin.

Quyosh Panelining Samaradorligi (Efficiency)

Quyosh panellari energiya samaradorligini o'lchashda eng muhim o'lchovlardan biri — bu quyosh panelining *samaradorligi*. Samaradorlik quyosh paneli tomonidan quyosh nurlaridan qancha energiya ishlab chiqarilishini bildiradi.

Quyosh panellari samaradorligi quyidagi formulaga asoslanadi:

$$\text{Samaradorlik} = (\text{Chiquvchi energiya} / \text{Kiruvchi energiya}) \times 100$$

- **Chiquvchi energiya** — quyosh paneli tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiya.
- **Kiruvchi energiya** — quyosh nurlari, ya'ni, panellarga tushadigan quyosh energiyasining miqdori.

Quyosh panellari samaradorligi ko'pincha foizda ifodalanadi, va uning qiymati 15%-dan 22%-gacha bo'lishi mumkin.

Samaradorlikni ta'sir qiluvchi omillar:

- **Materiallar:** Quyosh paneli turiga qarab samaradorlik farq qiladi. Monokristallin panellar (eng samarali) 20%-22% samaradorlikka ega bo'lishi mumkin, polikristallin

panellar esa 15%-18% darajada bo'lishi mumkin. Yupqa film panellari esa 10%-12% samaradorlikka ega bo'lishi mumkin.

- **Panellar o'lchami va dizayni:** Katta yuzali panellar ko'proq energiya ishlab chiqaradi, lekin ular o'rnatilishi qiyinroq bo'lishi mumkin.

Quyosh Panellari va Energiya Kirishi

Quyosh nurlarining kirishi va energiya miqdori o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Bu quyidagi omillarga bog'liq:

- **Quyosh nurlarining intensivligi:** Quyosh nurlarining o'ziga xos intensivligi, ya'ni kWh/m² bo'yicha o'lchanadigan energiya miqdori, mintaqaga qarab farq qiladi. Misol uchun, ekvator yaqinidagi hududlarda quyosh energiyasining intensivligi juda yuqori bo'lsa, Shimoliy va Janubiy qutb hududlarida bu nisbatan kamroq bo'ladi.
- **Ob-havo sharoitlari:** Bulutli, yomg'irli yoki qorli kunlar quyosh energiyasining ishlab chiqarilishiga to'sqinlik qiladi. Yaxshi ob-havo va quyoshli kunlar quyosh energiyasini maksimal darajada olish imkoniyatini yaratadi.
- **Kun va yillik vaqtlar:** Kun va yilning turli davrlarida quyosh nurlarining intensivligi o'zgaradi. Masalan, kuzda yoki qishda quyosh nurlarining kuchi yozga nisbatan kamayadi.

Geografik Joylashuv va Burchaklar

Quyosh panellari samaradorligi uchun eng muhim omillardan biri bu **geografik joylashuv**dir. Quyosh panellari maksimal samaradorlikka erishish uchun quyoshga to'g'ri burilish va mos joylashtirish talab etiladi.

- **Panellarni to'g'ri burchakda o'rnatish:** Panellarni eng yaxshi samaradorlik uchun geosinkronizatsiya qilish zarur. Odatda, panellarni quyosh nuriga eng yaxshi burchakda joylashtirish samaradorlikni oshiradi. O'rnatish burchagi geografik kenglikka bog'liq. Misol uchun, ekvator yaqinida 0°-15° burchakda o'rnatish mumkin, qutblarga yaqin hududlarda esa 30°-45° burchakda o'rnatish yaxshiroq.
- **Quyosh nurlari burchagi:** Quyoshning har bir mavsumda turli burchaklarda kelishi ham ahamiyatga ega. Bu burchaklar vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi, bu esa quyosh panellari samaradorligini ta'sir qiladi.

Panellarni Joylashtirish va Ko'rsatkichlar

Quyosh panellarining samaradorligi ularning joylashuvi va o'rnatilishiga bog'liq. Agar panellar to'g'ri joylashtirilgan bo'lsa, ular eng yuqori samaradorlikni ko'rsatadi.

- **Panellarni to'g'ri joylashtirish:** Agar panellarni to'g'ri joylashtirilmagan bo'lsa (masalan, daraxtlar yoki binolar tomonidan soyada qolsalar), bu samaradorlikni sezilarli darajada pasaytiradi.
- **Tizimning holati:** Tizimda panellarni tozalash, yaxshi texnik xizmat ko'rsatish va texnologiyalarning yangilanishi ham samaradorlikka ta'sir qiladi. Panellarning ifloslanishi, chang yoki chang yig'ilishi samaradorlikni pasaytiradi.

Quyosh Uylari Tizimi: Akkumulyatorlar va Inverterlar

Agar quyosh energiyasini saqlash yoki elektr tarmog'iga uzatish zarur bo'lsa, u holda quyosh tizimining boshqa qismlari, masalan, **akkumulyatorlar** va **inverterlar** samaradorlikka ta'sir qiladi.

- **Akkumulyatorlar:** Quyosh energiyasini saqlash uchun ishlatiladi. Ularning samaradorligi, ya'ni energiyani saqlash va qayta tiklash, tizimning umumiy samaradorligiga katta ta'sir ko'rsatadi.
- **Inverterlar:** Inverterlar, uzatilgan doimiy tokni o'zgaruvchan tokka aylantiradi. Inverterlarning samaradorligi tizimning umumiy samaradorligini ta'sir qiluvchi muhim komponentdir.

Yillik Energiya Ishlab Chiqarish (Annual Energy Production)

Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan yillik energiyani hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$Q_{\text{yillik}} = N \times \eta \times Q_{\text{o'rtacha.inten}} \times t$$

Bu yerda:

- **Panellar soni (N)** — tizimda o'rnatilgan panellarning umumiy soni.
- **Panellar samaradorligi (η)** — har bir panellarning samaradorligi (%).
- **Quyoshning o'rtacha intensivligi ($Q_{\text{o'rtacha.inten}}$)** — bir kvadrat metrga tushadigan o'rtacha quyosh energiyasi (W/m^2).
- **Vaqt (t)** — ishlab chiqarilgan energiya vaqt birligi, masalan, soat yoki yil.

Amaliy misol

Agar bir quyosh paneli 300 W (watt) quvvatga ega bo'lsa va o'rnatilgan hududda o'rtacha quyosh intensivligi 5 kWh/m² bo'lsa, quyosh paneli quyidagi tarzda ishlashi mumkin:

- Kun davomida ishlab chiqarilgan energiya (soatga): $300 \text{ W} \times 5 \text{ kWh} = 1.5 \text{ kWh}$
- Yillik energiya ishlab chiqarish (yiliga 1000 soat ishlab chiqarish hisobiga): $1.5 \text{ kWh} \times 1000 \text{ soat} = 1500 \text{ kWh}$

Shunday qilib, bu panellar yilda 1500 kWh energiya ishlab chiqaradi. Agar tizimda 10 ta panel bo'lsa, u holda jami ishlab chiqarilgan energiya 15,000 kWh bo'ladi.

Quyosh Paneli Samaradorligini Hisoblash Formulasi

Quyosh panelining samaradorligini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\eta_{\text{panel}} = P_{\text{i.ch.}} / P_{\text{tush}} \times 100$$

Bu yerda:

- η_{panel} — quyosh panelining samaradorligi (foizda),
- $P_{\text{i.ch.}}$ — panel tomonidan ishlab chiqarilgan energiya (Watt yoki kilovatt),
- P_{tush} — quyosh nurlarining tushgan energiyasi (Watt yoki kilovatt).

Yillik Energiya Ishlab Chiqarish

Yillik energiya ishlab chiqarish uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$E_{\text{yillik}} = A_{\text{panel}} \times \eta_{\text{panel}} \times I_{\text{sol}} \times H_{\text{yil}}$$

Bu yerda:

- E_{yillik} — yillik ishlab chiqarilgan energiya (kWh),
- A_{panel} — bir panelning maydoni (m²),
- η_{panel} — panelning samaradorligi,
- I_{sol} — quyosh nurlarining intensivligi (kWh/m²/davomida),
- H_{yil} — yil davomida quyoshning o'rtacha soatlar soni (soat).

Jadval: Quyosh Panellari Samaradorligi Turi va Materialiga Ko'ra

Quyosh panellari turiga qarab samaradorlik farqlanishi mumkin. Quyida eng keng tarqalgan quyosh panellari turlari va ularning o'rtacha samaradorligini ko'rsatadigan jadval keltirilgan:

Panel Turi	Samaradorlik Shaxsiy Ishlatiladigan Quvvat	
Monokristallin (Mono-Si)	18% - 22%	280 - 350 W
Polikristallin (Poly-Si)	15% - 18%	250 - 300 W
Yupqa film (Thin-Film)	10% - 12%	150 - 250 W

Quyosh Energiya Tizimi Samaradorligi

Agar quyosh tizimi inverter va batareyalar bilan to'liq jihozlangan bo'lsa, tizimning umumiy samaradorligini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\eta_{\text{tizim}} = \eta_{\text{panel}} \times \eta_{\text{inverter}} \times \eta_{\text{akkumulyator}}$$

Bu yerda:

- η_{tizim} — tizimning umumiy samaradorligi,
- η_{panel} — panel samaradorligi,
- η_{inverter} — inverter samaradorligi (odatda 90% - 98%),
- $\eta_{\text{akkumulyator}}$ — akkumulyator samaradorligi (odatda 80% - 90%).

Quyosh energiya tizimining jami ishlab chiqarish hajmi

Quyosh energiya tizimining umumiy ishlab chiqarish hajmini hisoblash uchun quyidagi formulani qo'llash mumkin:

$$E_{\text{tizim}} = N_{\text{panel}} \times P_{\text{panel}} \times H_{\text{kun}} \times \eta_{\text{tizim}}$$

Bu yerda:

- E_{tizim} — tizim tomonidan ishlab chiqarilgan energiya (kWh),
- N_{panel} — tizimda o'rnatilgan panel soni,
- P_{panel} — har bir panelning quvvati (Watt),
- H_{kun} — kun davomida quyoshning soatlar soni (soat),
- η_{tizim} — tizimning samaradorligi.

Akkumulyatorlarning yaxshi foydaliligi

Akkumulyatorlar tizimda energiyani saqlash uchun ishlatiladi. Ularning samaradorligi o'ziga xosdir va quyidagi formulada ifodalanadi:

$$E_{\text{saqlash}} = E_{\text{panellardan}} \times \eta_{\text{akkumulyator}}$$

Bu yerda:

- E_{saqlash} — akkumulyatorlarda saqlanadigan energiya (kWh),
- $E_{\text{panellardan}}$ — quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan energiya (kWh),
- $\eta_{\text{akkumulyator}}$ — akkumulyator samaradorligi.

Quyosh energiya tizimining tizim samaradorligi bo'yicha misol

Masalan, quyosh tizimi 5 ta monokristallin quyosh panelidan iborat va har biri 300 W quvvatga ega. Quyosh nurlarining o'rtacha intensivligi 5 kWh/m² bo'lsa va kun davomida quyoshning o'rtacha soatlar soni 5 soat bo'lsa:

- Panel samaradorligi: 20%
- Inverter samaradorligi: 95%
- Akkumulyator samaradorligi: 85%

Quyosh tizimining umumiy energiya ishlab chiqarishini quyidagicha hisoblaymiz:

$$E_{\text{tizim}} = 5 \times 300 \times 5 \times 0.20 \times 0.95 \times 0.85$$

Bu formula orqali tizim tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani hisoblash mumkin.

Quyosh Tizimlarining Yillik Ishlab Chiqarilishi

Agar tizim 1 yil davomida ishlasa va yilda 300 kun quyosh nuridan foydalansa:

$$E_{\text{yillik}} = N_{\text{panel}} \times P_{\text{panel}} \times H_{\text{kun}} \times 365 \times \eta_{\text{panel}}$$

Bu yerda:

- N_{panel} — panel soni (5 ta panel),
- P_{panel} — har bir panelning quvvati (300 W),
- H_{kun} — quyoshning o'rtacha soatlar soni (5 soat),
- η_{panel} — panel samaradorligi (20%).

Jadval: Yillik Ishlab Chiqarishning Barcha Omillari

Omil	Qiymat	Hisoblash Formulasi
Panel soni	5 ta	N_{panel}
Panel quvvati	300 W	P_{panel}
Kunlik soatlar	5 soat	H_{kun}
Panel samaradorligi	20%	η_{panel}
Yillik ishlab chiqarish	$5 \times 300 \times 5 \times 365 \times 0.20$	E_{yillik}

Quyosh energiya tizimining samaradorligini hisoblash ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, har bir omil (panel turi, joylashuv, inverterlar va akkumulyatorlar) tizimning umumiy ishlashiga katta ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, tizimning samaradorligini aniq hisoblash uchun yuqoridagi formulalar va jadvallarni to'liq hisobga olish kerak.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

Masala 1: Quyosh paneli samaradorligini hisoblash

Bir quyosh paneli 300 W quvvatga ega. Agar panel samaradorligi 20% bo'lsa, bu panelning chiquvchi energiyasini hisoblang.

Masala 2: Yillik energiya ishlab chiqarishni hisoblash

Bir quyosh panelining maydoni 1.7 m^2 , samaradorligi 18%, va quyosh nurlari intensivligi $5 \text{ kWh/m}^2/\text{kun}$. Agar yil davomida 1000 soat quyosh nuridan foydalansa, yillik ishlab chiqarilgan energiyani hisoblang.

Masala 3: Tizim samaradorligini hisoblash

Bir quyosh tizimi 6 ta polikristallin paneldan iborat. Har bir panel 250 W quvvatga ega. Inverter samaradorligi 95%, akkumulyator samaradorligi 85%, va panel samaradorligi 18%. Tizimning umumiy samaradorligini hisoblang.

Masala 4: Quyosh tizimi tomonidan ishlab chiqarilgan energiya

Agar quyosh tizimi 10 ta monokristallin paneldan iborat bo'lsa (har biri 300 W quvvatga ega), quyoshning o'rtacha intensivligi 4.5 kWh/m^2 , va kunlik quyosh nuridan foydalanish 5 soat bo'lsa, tizimning kundalik energiya ishlab chiqarishini hisoblang.

Masala 5: Yillik energiya ishlab chiqarish

Yillik quyosh nurlari intensivligi 1500 kWh/m^2 bo'lsa va 10 ta quyosh paneli (har biri 250 W) o'rnatilgan bo'lsa, panelning samaradorligi 18%. Yillik energiya ishlab chiqarishni hisoblang.

Masala 6: Akkumulyator samaradorligini hisoblash

Agar quyosh tizimi 5 ta paneldan iborat bo'lsa va har bir panel 300 W quvvatga ega bo'lsa, tizim tomonidan ishlab chiqarilgan energiya 10 kWh. Agar akkumulyator samaradorligi 80% bo'lsa, saqlanadigan energiya miqdorini hisoblang.

Masala 7: Quyosh paneli samaradorligi va quvvatini hisoblash

Agar quyosh paneli 1.5 m^2 maydonga ega bo'lsa va quyosh intensivligi 5 kWh/m^2 bo'lsa, uning ishlab chiqaradigan energiyasini hisoblang, agar panel samaradorligi 15% bo'lsa.

Masala 8: Panel sonini hisoblash

Agar sizda 20 kWh energiya ishlab chiqarish kerak bo'lsa va har bir quyosh panelining quvvati 300 W bo'lsa, kerakli panel sonini hisoblang. Quyosh intensivligi 4.5 kWh/m^2 bo'lsa va panel samaradorligi 18% bo'lsa.

Masala 9: Yillik energiya ishlab chiqarish va tizim samaradorligi

Agar bir tizimda 12 ta polikristallin panel bo'lsa (har biri 270 W quvvatga ega) va yillik quyosh nurlari intensivligi 1600 kWh/m^2 bo'lsa, tizimning yillik energiya ishlab chiqarishini va tizim samaradorligini hisoblang. Inverter samaradorligi 95% bo'lsa.

Masala 10: Quyosh energiya tizimining to'liq samaradorligini hisoblash

Agar quyosh tizimi 8 ta monokristallin paneldan iborat bo'lsa (har biri 330 W), inverter samaradorligi 90%, akkumulyator samaradorligi 85%, va panel samaradorligi 20% bo'lsa, tizimning umumiy samaradorligini hisoblang. Agar quyosh intensivligi 5.2 kWh/m^2 bo'lsa va tizim yil davomida 1200 soat ishlasa, yillik energiya ishlab chiqarishni hisoblang.

Nazorat savollari

1. Quyosh uyi samaradorligini aniqlashda asosiy ko'rsatkichlar qaysilar?
2. Passiv va aktiv quyosh tizimlari farqi nimada?
3. Quyosh kollektorining samaradorligi qanday hisoblanadi?
4. Uy issiqlik yo'qotishlarining asosiy manbalari nimalar?
5. Quyosh energiyasidan foydalangan holda isitish tizimlarida energiya balansini qanday tuziladi?

10-amaliy mashg'ulot

Isitish va sovutish koeffitsientlarini hisoblash

Isitish va sovutish koeffitsientlarini hisoblashda, fizikaga asoslangan bir nechta usullar va formulalar mavjud.

1. Isitish koeffitsiyenti (Q):

Isitish koeffitsiyenti — bu moddani isitish uchun sarflanadigan energiyaning miqdorini ifodalaydi. Isitish jarayonida modda o'zining haroratini oshiradi, va shu bilan energiya sarfi ro'y beradi. Isitish koeffitsiyenti quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q=mc\Delta T$$

Formuladagi parametrlar:

- Q — sarflangan energiya yoki issiqlik energiyasi (Joules, J, yoki kaloriyalar, cal)
- m — moddiy massa (kg)
- c — moddaning maxsus issiqlik sig'imi ($\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ yoki $\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$). Maxsus issiqlik sig'imi — bu moddani 1 kilogrammni 1°C ga isitish uchun zarur bo'lgan energiya miqdorini bildiradi. Har bir modda uchun alohida qiymatga ega.
- ΔT — haroratning o'zgarishi ($^\circ\text{C}$ yoki $^\circ\text{F}$). Bu qiymat qandaydir bir boshlang'ich haroratdan (misol uchun, xona harorati) kerakli haroratgacha bo'lgan farqni bildiradi.

Misol:

Agar 2 kg suvni 20°C dan 80°C gacha isitmoqchi bo'lsangiz va suvning maxsus issiqlik sig'imi $c=4.18 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$ bo'lsa, unda isitish uchun kerak bo'lgan energiya:

$$Q=2 \text{ kg}\times 4.18 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}\times(80-20)^\circ\text{C}$$

Natija: 2 kg suvni 60°C ga isitish uchun 502.4 kJ energiya sarflanadi.

2. Sovutish koeffitsiyenti:

Sovutish jarayoni asosan isitishning aksi bo'lib, bu yerda moddaning harorati pasayadi. Sovutish koeffitsiyenti uchun ham yuqoridagi formulani qo'llaymiz:

$$Q=mc\Delta T$$

Bu yerda:

- ΔT — sovutish jarayonida moddaning harorati kamayadi, shuning uchun ΔT salbiy qiymatga ega bo'ladi (masalan, $\Delta T=-20^\circ\text{C}$).

Sovutish va isitish jarayonlari:

Isitish va sovutish jarayonlarida moddalar o'zining energiyasini yo'qotadi yoki oladi. Bunda moddaning issiqlik sig'imi va massasiga qarab energiya miqdori farq qiladi. Misol uchun, suvning maxsus issiqlik sig'imi boshqa moddalar (masalan, temir yoki havo) bilan solishtirganda ancha yuqoriroq, shuning uchun suvni isitish yoki sovutish koeffitsiyenti kattaroq bo'ladi.

Sovutish va Isitishdan Farqlar:

- **Sovutish** — bu moddadan issiqlikni olib chiqish jarayoni. Bu jarayon atrof-muhitga issiqlikning chiqishini anglatadi. Misol uchun, sovutgichlarda ishlatiladigan tizimlar.
- **Isitish** — bu moddaning ichki energiyasini oshirish jarayoni. Misol uchun, issiqlik manbalari (pech, kalorifer va h.k.).

3. Izotermik Sovutish va Isitish:

Ba'zi hollarda, isitish yoki sovutish jarayonlari izotermik sharoitda amalga oshiriladi. Bu degani, jarayon davomida harorat o'zgarishsiz qoladi, lekin energiya almashinuvi bo'lib o'tadi. Masalan, ideal gazning issiqlik almashish jarayonlari ko'pincha izotermik bo'ladi.

4. Energiya O'zgarishi:

Energiya o'zgarishi jarayonini hisoblashda ko'pincha ikki asosiy o'lchov — issiqlik (Q) va ish (W) o'rganiladi. Isitish yoki sovutish jarayonida faqat issiqlik (Q) ta'sir qiladi, chunki bu jarayonning harorat o'zgarishi bilan bog'liq.

Misol:

Agar bir idishda 5 kg suvni 25°C dan 60°C gacha isitmoqchi bo'lsangiz va suvning issiqlik sig'imi $c=4.18 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$ bo'lsa:

$$Q=5\times 1000 \text{ g}\times 4.18 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}\times(60^\circ\text{C}-25^\circ\text{C})=732,500\text{J}$$

Bu energiya miqdori 732.5 kJ ni tashkil qiladi.

5. Amaliy eslatmalar:

- **Suvning issiqlik sig'imi:** Suvning issiqlik sig'imi yuqori bo'lgani uchun uni isitish yoki sovutish ko'p energiya talab qiladi. Bu xususiyat suvni issiqlikni saqlashda juda samarali qiladi (masalan, issiqlik nasoslari).

- **Qayta ishlash:** Isitish va sovutish tizimlarida issiqlikni qayta ishlash usullari ko'p qo'llaniladi, masalan, konditsionerlar yoki issiqlik nasoslarida energiya samaradorligini oshirish uchun.
- Issiqlik uzatish koeffitsienti oqim turiga (laminar yoki turbulent), sirt xususiyatiga va suyuqlik haroratiga bog'liq.
- Sovutish tizimlarida h koeffitsienti odatda havo uchun $5-50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, suyuqliklar uchun $100-1000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ atrofida bo'ladi.
- Isitish tizimlarida issiqlik uzatiladigan maydon va oqim tezligi koeffitsientga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Isitish va sovutish jarayonlarining koeffitsiyentlarini hisoblashda moddalar o'rtasidagi issiqlik almashinuvi, moddaning issiqlik sig'imi, massa va harorat farqlari asosiy omillarni tashkil etadi. Har bir jarayon o'ziga xos energiya sarfini talab qiladi, va bu koeffitsiyentlar tizimning samaradorligini aniqlashda muhimdir.

Mustaqil yechish uchun masalalar

Masala 1:

1. 2 kg suvni 20°C dan 80°C gacha isitish kerak. Suvning maxsus issiqlik sig'imi $4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Isitish uchun kerak bo'lgan energiyani hisoblang.

Masala 2:

2. 5 kg temirni 25°C dan 100°C gacha isitish kerak. Temirning maxsus issiqlik sig'imi $0.45 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Isitish uchun sarflanadigan energiyani toping.

Masala 3:

3. 1.5 kg havo sovutish kerak. Havo boshlang'ich harorati 30°C , kerakli harorat esa 15°C . Havo sig'imi $1.005 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Sovutish uchun sarflanadigan energiyani hisoblang.

Masala 4:

4. 3 kg suvni -5°C dan 5°C gacha isitish kerak. Suvning issiqlik sig'imi $4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Isitish uchun zarur energiyani hisoblang.

Masala 5:

5. 10 kg suvni 10°C dan 40°C gacha sovutish kerak. Suvning issiqlik sig'imi $4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Sovutish uchun zarur energiyani toping.

Masala 6:

6. 2.5 kg metaldan yasalgan bir narsa 40°C haroratdan 10°C gacha sovutilishi kerak. Metalning maxsus issiqlik sig'imi $0.9 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Sovutish uchun sarflanadigan energiyani hisoblang.

Masala 7:

7. 1 kg suvni 100°C dan 50°C gacha sovutish kerak. Suvning issiqlik sig'imi $4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Sovutish uchun energiyani hisoblang.

Masala 8:

8. 8 kg havo 15°C haroratdan 5°C gacha sovutiladi. Havo issiqlik sig'imi $1.005 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Sovutish uchun energiyani toping.

Masala 9:

9. 0.5 kg muskat yong'og'ini 10°C dan 35°C gacha isitish kerak. Muskatning issiqlik sig'imi $2.7 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Isitish uchun sarflanadigan energiyani hisoblang.

Masala 10:

10. 4 kg suyuq xlorni -20°C dan 10°C gacha isitish kerak. Xlorganing issiqlik sig'imi $0.92 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Isitish uchun energiya miqdorini hisoblang.

Nazorat savollari

1. Isitish va sovutish koeffitsienti nima va u qanday birlikda o'lchanadi?
2. Konvektiv, issiqlik o'tishi va issiqlik uzatish koeffitsienti o'rtasidagi farq nima?
3. Yuqori haroratdagi suyuqlik uchun konvektiv issiqlik uzatish koeffitsientini qanday hisoblash mumkin?
4. Suyuqlik harorati va quvurlardagi harorat farqi ma'lum bo'lsa, issiqlik oqimini qanday hisoblash mumkin?

5. Ichki va tashqi konveksiya holatlarida issiqlik uzatish koeffitsientini qanday aniqlaysiz?
6. Yassi kollektorlar yoki isitish tizimlarida qoplama materialining issiqlik uzatishga ta'siri qanday?
7. Sovutish tizimlarida havo va suyuqlik koeffitsientlarining farqi nimada?
8. Issiqlik koeffitsientini eksperimental usulda qanday aniqlash mumkin?
9. Agar suvning harorati oshsa, sovitish koeffitsienti qanday o'zgaradi va nima uchun?

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati

1. D. Qodirov, A. Voxidov. Quyosh energetikasi / O'quv qo'llanma - TIQXMMI - Milliy tadqiqot universiteti, 2024 – 150 bet. - ISBN
2. Platzer, W., Stieglitz, R. *Solar Thermal Energy Systems. Fundamentals, Technology, Applications* / W. Platzer, R. Stieglitz. – Cham : Springer Cham, 2024. – 1505 s. – ISBN 978-3-031-43172-2.
3. Duffie, J. A., Beckman, W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes* / J. A. Duffie, W. A. Beckman. – 3-e izd., Wiley, 2006. – 790 s. – ISBN 978-0-471-69895-2.
4. Kalogirou, S. *Solar Thermal Energy* / S. Kalogirou. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2022. – 511 s. – ISBN 978-1-0716-1421-1.
5. Boxwell, M. *The Solar Electricity Handbook* / M. Boxwell. – Greenstream Publishing, 2012. – 187 s. – ISBN 978-1-907670-04-6.
6. Philibert, Cédric. *Solar Energy Perspectives* / C. Philibert; International Energy Agency. – Paris : OECD/IEA, 2011. – 228 s. – ISBN 9264124578.
7. Becker, M. (ed.). *Solar Thermal Energy Utilization* / M. Becker. – Berlin : Springer-Verlag, 1991. – 412 s. – ISBN 978-3-642-52340-3.
8. Garg, H. P., Mullick, S. C., Bhargava, A. K. *Solar Thermal Energy Storage* / H. P. Garg, S. C. Mullick, A. K. Bhargava. – Dordrecht : Springer Netherlands, 1985. – 360 s. – ISBN 978-94-009-5301-7.

VOXIDOV AKMAL ULASHEVICH

“INJENERLIK GELIOTEXNIKASI”

fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarishga oid

uslubiy qo‘llanma

Muharrir: M. Mustafayeva

Bosishga ruxsat etildi: 6.10.2025y. Qog‘oz o‘lchami 60x84 – 1/16

Hajmi: 2 bosma taboq. 10 nusxa. Buyurtma №____

“TIQXMMI” MTU bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent – 100000. Qori-Niyoziy ko‘chasi 39 uy.