



PASSIV QUYOSH ISTISH TIZIMI ELEMENTLARIDA SODIR BO'LUVCHI ISSIQLIK JARAYONLARINING STATIONAR MODELI

Ahmadova E'zoza Fazliddin qizi

NavDU Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ta'lim yo'nalishi
magistranti

Soliyev Tursunboy Izzatillo o'g'li

NavDU "Fizika va astronomiya" kafedrası dotsenti, t.f.f.d. (PhD)

tursunboy.soliyev@bk.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20727725>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 1-iyun 2026 yil
Ma'qullandi: 5-iyun 2026 yil
Nashr qilindi: 17-iyun 2026 yil

KEY WORDS

ABSTRACT

Dunyo miqyosida energiya resurslariga bo'lgan talabning ortib borishi va atrof-muhitga salbiy ta'sirlarni kamaytirish zarurati energiya tejamkor texnologiyalarni rivojlantirishni dolzarb masalaga aylantirmoqda.

KIRISH

Binolarda energiya sarfining katta qismi isitish, sovitish va shamollatish tizimlariga to'g'ri keladi. Shu sababli binolarning issiqlik samaradorligini oshirishga qaratilgan innovatsion konstruktiv yechimlarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. So'nggi yillarda quyosh energiyasidan samarali foydalanishga asoslangan passiv va aktiv energiya tejamkor tizimlarga qiziqish ortib bormoqda. Shunday istiqbolli texnologiyalardan biri suyuqlik oqimli deraza bloklari hisoblanadi. Bunday tizimlarda ikki yoki undan ortiq shaffof qatlamlar orasida harakatlanuvchi suyuqlik quyosh nurlanishining bir qismini, ayniqsa infraqizil spektrdagi energiyani yutib, o'z haroratini oshiradi. Natijada xonaga kiruvchi ortiqcha issiqlik oqimi kamayadi hamda o'zlashtirilgan issiqlik energiyasidan isitish yoki issiq suv ta'minoti tizimlarida foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Suyuqlik oqimli derazalar bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar ushbu tizimlarning binolarning umumiy energiya sarfini kamaytirish, quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish va ichki mikroiklim parametrlarini me'yorlashtirish imkoniyatlarini ko'rsatmoqda. Tadqiqotchilar tomonidan turli konstruktiv yechimlar, suyuqlik turlari va oqim rejimlari uchun issiqlik almashinuvi jarayonlari o'rganilgan bo'lsa-da, uch qatlamli suyuqlik oqimli deraza bloklarining energetik samaradorligini baholash uchun sodda va amaliy matematik modellarni ishlab chiqish masalasi hanz dolzarb bo'lib qolmoqda.

Mazkur ishda uch qatlamli suyuqlik oqimli deraza blokida issiqlik almashinuvi jarayonlari stasionar holatda tahlil qilinadi. Modelda quyosh nurlanishining shaffof qatlamlar va suyuqlik tomonidan yutilishi, tashqi va ichki muhit bilan konvektiv issiqlik almashinuvi hamda suyuqlik oqimining issiqlik tashuvchi sifatidagi roli hisobga olinadi. Issiqlik balansi tenglamalari asosida tizimdan chiqayotgan suyuqlik harorati, suyuqlik tomonidan

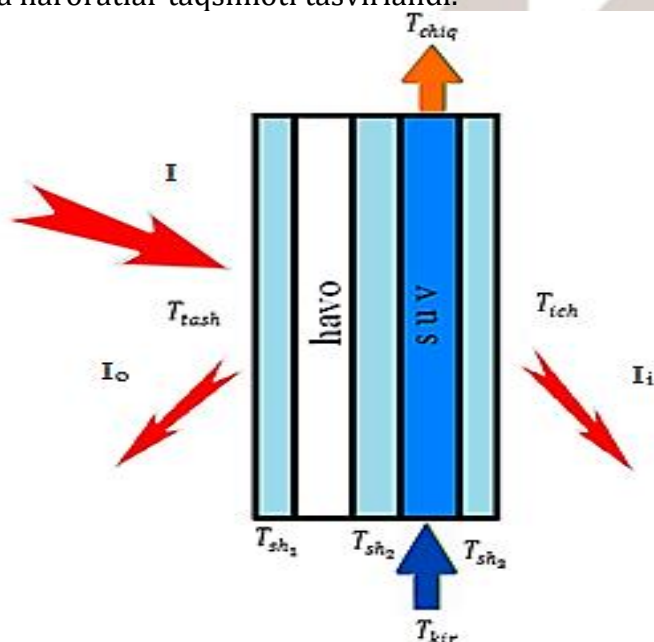
o'zlashtirilgan foydali issiqlik oqimi va issiqlik uzatish koeffitsiyentlarining analitik ifodalari keltirib chiqariladi.

Tadqiqotning maqsadi uch qatlamli suyuqlik oqimli deraza blokining energetik samaradorligini tavsiflovchi stasionar matematik modelni ishlab chiqish va suyuqlik sarfi, kirish harorati hamda quyosh energiyasini yutish ko'rsatkichlarining tizimning issiqlik-energetik tavsiflariga ta'sirini aniqlashdan iborat. Olingan natijalar energiya tejamkor binolarni loyihalashda va passiv quyosh isitish tizimlarini takomillashtirishda foydalanilishi mumkin.

METODLAR.

Suyuqlik oqimli deraza bloklari ikki shaffof to'siqlar qatlami orasida suyuqlik harakatlanadi. Shaffof to'siqlar orasidagi suyuqlik quyosh nurlarining infraqizil sohasini yutadi va haroratini oshiradi. Suyuqlik oqimi xondagi haroratini mo'tadillashtirish imkonini beradi. Shunday ekan suyuqlik oqimli deraza bloklari orqali binolarda issitish va sovutish mavsumida sarflanayotgan energiyani kamaytirish orqali energetik tejamkorlikka erishish imkonini beradi.

Uch qatlamli suyuqlik oqimli deraza bloki uchun energetik samaradorlikni baholashning stasionar matematik modelini tuzish uchun uch qatlamli deraza blokida quyosh nurlanishi va haroratlar taqsimoti tasvirlandi.



1-rasm. Uch qatlamli deraza blokida suyuqlik oqimi.

rasmdagi T_{sh_1} – 1- shaffof to'siq, T_{sh_2} – 2- shaffof to'siq, T_{sh_3} – 3- shaffof to'siq, T_{ich} – ichki muhit, T_{kir} – shaffof to'siqqa kiruvchi suvning harorati, T_{suv} – to'siqlar orasidagi suv qatlamining harorati T_{chiq} – shaffof to'siqdan chiquvchi suvning harorati, I – sirtga tushuvchi quyosh nurlanishi.

Suyuq moddalar orasida issiqlik sig'imi qiymati yuqori bo'lgan suyuqlik suv hisoblanadi. Shu sababli ko'plab tadqiqotchi olimlar o'zlarini hisoblash ishlarida suyuqlik sifatida suvdan foydalanishgan.

Suv oqimli uch qatlamli shaffof to'siqlar orqali xonaga kiruvchi issiqlik oqimining stasionar matematik modelini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqot ishlari ko'rib chiqilgan.

Deraza bloklaridagi qatlamlar uchun issiqlik balans tenglamalarini Nyuton qonuniga asoslanib quyidagicha yozamiz:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \quad (1)$$

bu yerda Q deraza sirtiga tushayotgan quyosh nurlanish oqimi, Vt/m^2 .

Suv oqimli tizim uchun issiqlik balans tenglamsini har bir qatlam uchun quyidagicha yozamiz.
1-shaffof sirt bilan atrof-muhitning konvektiv issiqlik oqimi:

$$q_1 = \alpha_{k_tash}(T_{tash} - T_{sh_1}), \quad (2)$$

2- va 3- shaffof sirtlar uchun issiqlik oqimi:

$$q_2 = q_1 + A_1 I, \quad (3)$$

$$q_2 = \alpha_{sh_1}(T_{sh_1} - T_{sh_2}), \quad (4)$$

$$q_3 = q_2, \quad (5)$$

4- shaffof sirt bilan suv qatlamining issiqlik oqimi:

$$q_4 = \alpha_{k_s}(T_{sh_2} - T_s), \quad (6)$$

$$q_4 = q_3 + A_2 I, \quad (7)$$

5- shaffof sirt bilan suv qatlamining issiqlik oqimi:

$$q_5 = \alpha_{k_s}(T_s - T_{sh_3}), \quad (8)$$

$$q_5 = q_4 + A_s I + \dot{m}c(T_{kir} - T_s), \quad (9)$$

bu yerda \dot{m} – suv oqimi sarfi, $kg/s \cdot m^2$, c – suvning issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot ^\circ C)$, 6- shaffof sirt bilan xonaning issiqlik oqimi;

$$q_6 = \alpha_{k_ich}(T_{sh_3} - T_{ich}), \quad (10)$$

$$q_6 = q_5 + A_3 I. \quad (11)$$

Suv oqimining nur yutish ko'rsatkichi A_u ni, A_1 birinchi shaffof sirtning nur yutish ko'rsatkichi, A_2 ikkinchi shaffof sirtning nur yutish ko'rsatkichi, A_s suvning nur yutish va A_3 uchunchi shaffof sirtning nur yutish ko'rsatkichlari orqali quyidagicha ifodalaymiz:

$$A_u = A_1 \left(\frac{\alpha_{tash}}{\alpha_{k_tash}} \right) + A_2 \left(\frac{1}{\alpha_{k_sh}} + \frac{1}{\alpha_{k_tash}} \right) \alpha_{tash} + A_3 \left(\frac{\alpha_{ich}}{\alpha_{c_ich}} \right) + A_s, \quad (12)$$

bu yerda tashqi $\left(\frac{1}{\alpha_{tash}} \right)$ va ichki $\left(\frac{1}{\alpha_{ich}} \right)$ muhitlarning issiqlik uzatilishiga keltirilgan qarshiliklarini issiqlik berish koeffitsiyenti yordamida quyidagicha ifodalaymiz:

$$\frac{1}{\alpha_{tash}} = \frac{1}{\alpha_{k_tash}} + \frac{1}{\alpha_{sh_1}} + \frac{1}{\alpha_{k_s}}, \quad (13)$$

$$\frac{1}{\alpha_{ich}} = \frac{1}{\alpha_{sh_3}} + \frac{1}{\alpha_{k_s}}. \quad (14)$$

Suv oqimining chiqish temperaturasi yuqorida keltirilgan (2) dan (14)gacha bo'lgan tengliklardan foydalanib quyidagicha ifodalaymiz:

$$T_{chiq} = \frac{I A_u + \alpha_{ich} T_{ich} + \alpha_{tash} T_{tash} + \dot{m}c T_{kir}}{\dot{m}c + \alpha_{ich} + \alpha_{tash}}. \quad (15)$$

Suvning o'zlashtirgan foydali issiqlik oqimi Q , (Vt/m^2).

$$Q = \dot{m}c(T_{chiq} - T_{kir}). \quad (16)$$

(16) tenglikga (15)ni qo'yib quyidagi tenglikni olamiz:

$$Q = \frac{\dot{m}c}{\dot{m}c + \alpha_{tash} + \alpha_{ich}} (IA_u + \alpha_{ich}(T_{ich} - T_{kir}) + \alpha_{tash}(T_{tash} - T_{kir})). \quad (17)$$

1-jadval.

Suv oqimli deraza bloklarida statsinor holatning sovutish mavsumi uchun chegaraviy shatrlari

I W/m^2	α_{tash} $W/(m^2\text{°C})$	α_{ich} $W/(m^2\text{°C})$	c $J/(kg\text{°C})$	T_{ich} K	T_{tash} K	T_{kir} K	A_u
800	23	8	4200	298,15	303,15	288,15	0.4
800	23	8	4200	298,15	303,15	293,15	0.5
800	23	8	4200	298,15	303,15	298,15	0.6

Suv oqimining maksimal issiqlik oqimi:

$$Q_{max} = IA_u + \alpha_{ich}(T_{ich} - T_{kir}) + \alpha_{tash}(T_{tash} - T_{kir}), \quad (18)$$

yoki

$$Q_{max} = IA_u + \alpha_{ich}T_{ich} + \alpha_{tash}T_{tash} - T_{kir}(\alpha_{ich} + \alpha_{tash}). \quad (19)$$

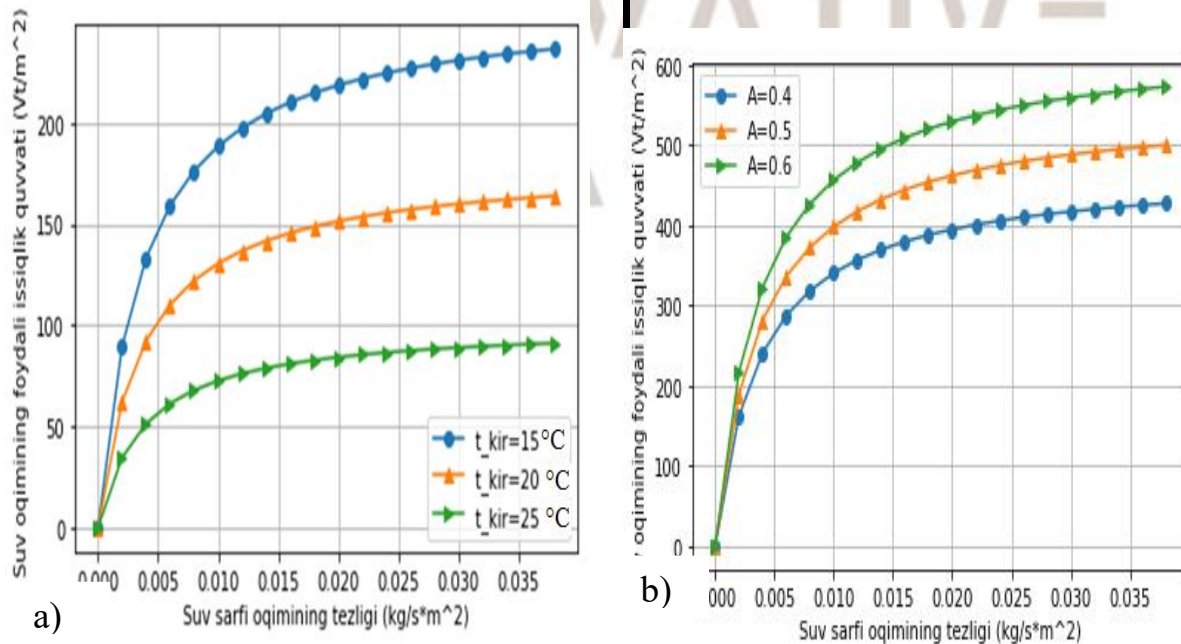
Agar $\dot{m}c \gg \alpha_{tash} + \alpha_{ich}$ shart bajarilganda tizim maksimal issiqlik oqimiga erishadi.

NATIJALAR.

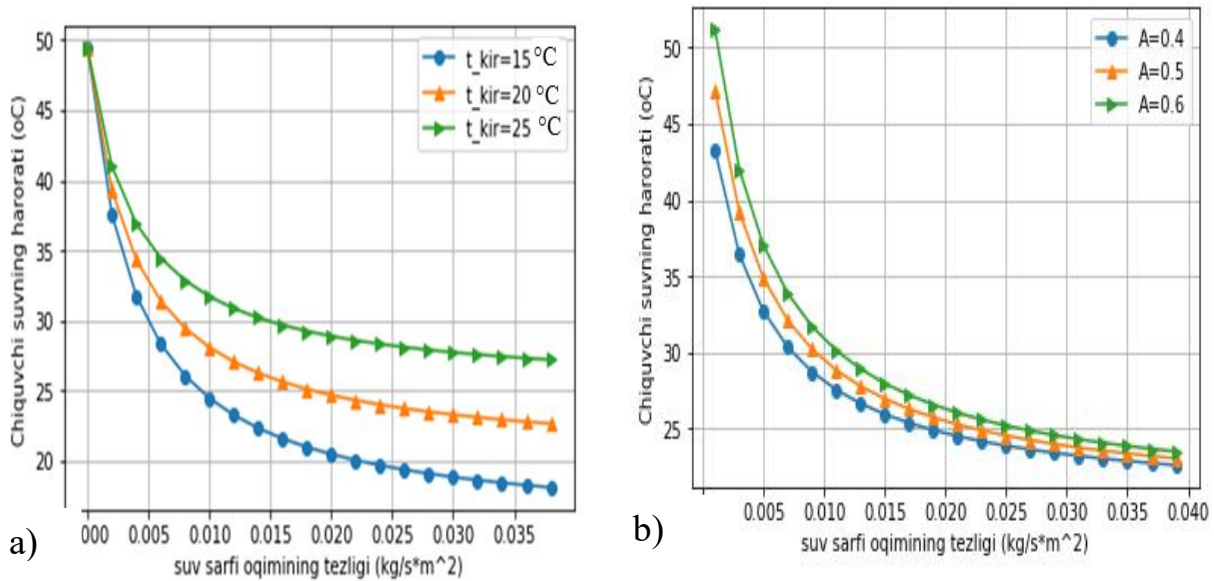
Rasmda suv oqimining sarfi bilan issiqlik oqimining o'zgarishi orasidagi bog'liqlik grafigi keltirilgan.

(14) va (19) tenglamalardan foydalanib, T_{chiq} ni quyidagicha yechamiz:

$$T_{chiq} = T_{kir} + \frac{Q_{max}}{\dot{m}c + \alpha_{tash} + \alpha_{ich}}. \quad (20)$$



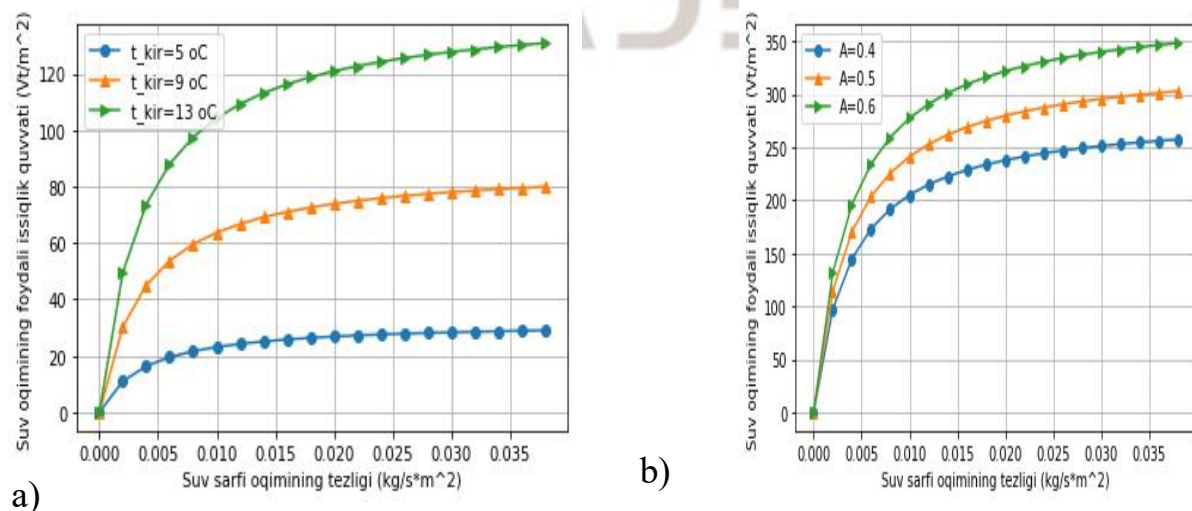
2-rasm. Suv oqimli deraza blokida suv tomonidan o'zlashtirilgan quvvat: (a) T_{kir} ning o'zgaruvchi qiymatlarida, A_u doimiy; (b) A_u ning o'zgaruvchi qiymatlarida T_{kir} doimiy. 2-rasmda suv oqimining sarfi bilan tizimdan chiquvchi suv haroratining o'zgarishi orasidagi bog'liqlik grafigi keltirilgan.



3-rasm. Tizimdan chiqayotgan suvning harorati T_{chiq} : (a) T_{kir} ning o'zgaruvchi qiymatlarida, A_u doimiy; (b) A_u ning o'zgaruvchi qiymatlarida T_{kir} doimiy. Suv oqimli deraza bloklarida statsinor holatning isitish mavsumi uchun chegaraviy shatlari

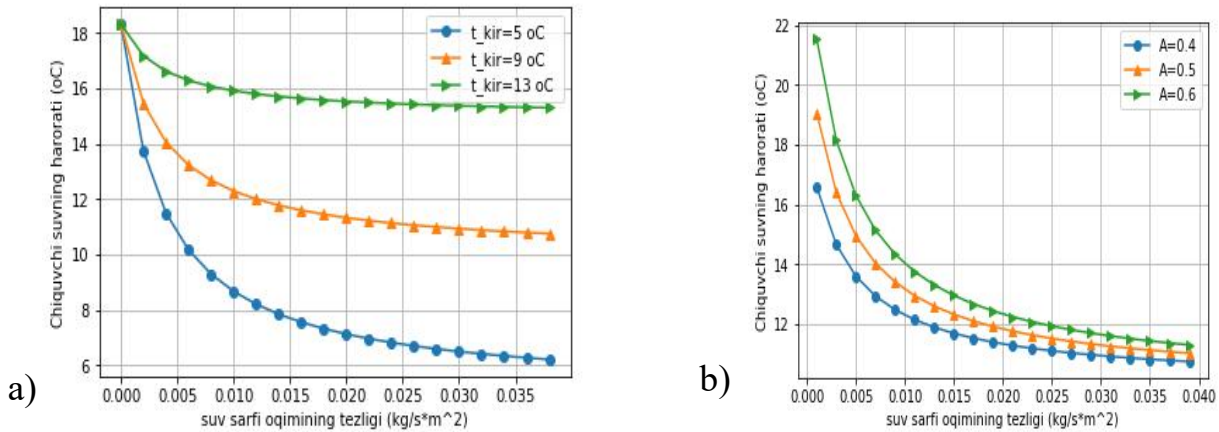
I W/m^2	α_{tash} $W/(m^2\text{ }^\circ\text{C})$	α_{ich} $W/(m^2\text{ }^\circ\text{C})$	c $J/(kg\text{ }^\circ\text{C})$	T_{ich} (K)	T_{tash} (K)	T_{kir} (K)	A_u
500	23	8	4200	291,5	278,5	278,5	0.4
500	23	8	4200	291,5	278,5	282,5	0.5
500	23	8	4200	291,5	278,5	286,5	0.6

Turar-joy binolarni isitish tizimida suyuqlikli deraza blokidan foydalanib isitish tizimi uchun deraza blokidan chiquvchi suyuqlik haroratini suyuqlik farfiga bog'liq o'zgarishi ko'rsatkichlari 4- a,b- rasmda keltiridi.



4-rasm. Suv oqimli deraza blokida suv tomonidan o'zlashtirilgan quvvat: (a) T_{kir} ning o'zgaruvchi qiymatlarida, A_u doimiy; (b) A_u ning o'zgaruvchi qiymatlarida T_{kir} doimiy.

Turar-joy binolarni isitish tizimida suyuqlikli deraza blokidan foydalanib isitish tizimi uchun deraza blokidan chiquvchi suyuqlik haroratini suyuqlik farfiga bog'liq o'zgarishi ko'rsatkichlari 5- a,b- rasmda keltiridi.



5-rasm. Tizimdan chiqayotgan suvning harorati T_{chiq} : (a) T_{kir} ning o'zgaruvchi qiymatlarida, A_u doimiy; (b) A_u ning o'zgaruvchi qiymatlarida T_{kir} doimiy.

Suyuqlik oqimli deraza blokida umumiy issiqlik oqimini ifodasi quyidagicha yoziladi:

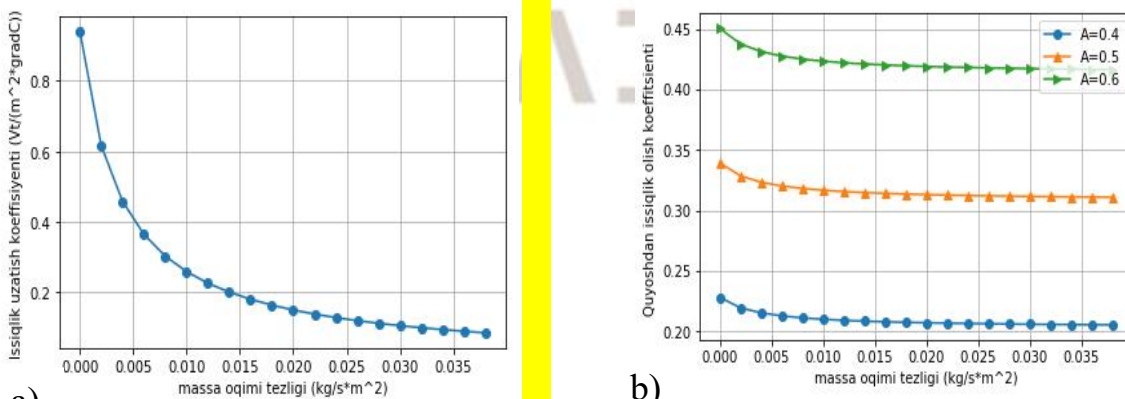
$$q = gI + U(T_{tash} - T_{ich}) - U_s(T_{ich} - T_{kir}), \quad (21)$$

bu yerda g bino ichida uzatiladigan quyosh energiyasining ulushini tavsiflaydi, U – tashqi va ichki muhitlarning issiqlik uzatilish koeffitsiyenti, U_s – suv kamerasi va xona ichidagi muhitlarning issiqlik uzatilish koeffitsiyenti.

$$U = \frac{\alpha_{ich} \cdot \alpha_{tash}}{\dot{m}c + \alpha_{ich} + \alpha_{tash}}, \quad (22)$$

$$U_s = \frac{\alpha_{ich} \cdot \dot{m}c}{\dot{m}c + \alpha_{ich} + \alpha_{tash}}. \quad (23)$$

Issiqlik uzatish koeffitsiyenti (U) oqim tezligi ortishi bilan keskin kamayadi (6- a rasm). g ning o'zgarishi oqim tezligiga bog'liq bo'lib, suv oqimi mavjud bo'lganda g pasayadi, suv oqimi to'xtasa quyosh energiyasi binoga kiradi va g faktor ortadi (6- b rasm).



6-rasm. (a) Suv oqimli deraza blokida suv sarfi oqimi va issiqlik uzatish koeffitsiyentining bog'liqligi, (b) uch turdagi oynalar uchun suv sarfi oqimi va g faktorining bog'liqligi.

XULOSA.

Yuqorida suv oqimli deraza bloklarining suv oqimi sarfi va issiqlik uzatish koeffitsiyentlari orasidagi bog'lanishlar keltirilgan. Bu bog'lanishlarda asosan suv massasining oqim tezligi va shu bilan bir qatorda issiqlik uzatish koeffitsiyenti orasidagi bog'lanishning matematik ifodasini grafik ko'rinishdagi tasvirlari keltirilgan. Biz bu faktorlarni keltirish orqali passiv

isitish tizimlaridan foydalanish imkoniyatlarini fizik jihatlarini ko'rsatib berishni mo'ljal qildik. Kelajakda aholi soni ortib borishi bilan energiyaga bo'lgan ehtiyoj ham o'z navbatida ortib boradi. Shu sababli ham qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish orqali biz aholining energiyaga bo'lgan ehtiyojining ma'lum bir qismini qoplashimiz mumkin bo'ladi. ushbu taklif qilinayotgan usulni matematik modellashtirish orqali biz undan kutilayotgan natijalarni ma'lum bir aniqlikda taxmin qilish imkoniyatlariga ham ega bo'lamiz.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Akhrorova M.I. "Energy efficiency of energy saving transparent barriers in passive solar heating systems", "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" Ilmiy-texnikaviy jurnal. 2023 y. № 6 184-190 b.
2. Belen Moreno Santamaria et. al. Experimental Validation of Water Flow Glazing: Transient Response in Real Test Rooms Sustainability (MDPI) 2020 y. Vol. 12. P. 1-23. 5734; doi:10.3390/su12145734
3. Комилов О.С., Махмудов М.И., Ахророва М.И. "Тепловая эффективность трехслойного светопрозрачного ограждения с частично лучепоглощающим водяным потоком". "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" Ilmiy-texnikaviy jurnal. 2023 y. № 6 166-171 b.
4. Комилов О.С., Махмудов М.И., Ахророва М.И. Исследования энергоэффективности сложных светопрозрачных ограждающих конструкции с водяным потоком "Sanoat va qishloq xo'jalik tarmoqlarida ekologiya va mehnat muhofazasi muammolari" mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani 19-20 oktyabr 2023 y. 385-386 b.
5. Chow T.T., Lin Z., Fong K.F., Chan L.S., He M.M. Thermal performance of natural airflow window in subtropical and temperate climate zones e a comparative study, Energy Conversion and Management 2009 y. Vol. 50 1884-1890.
6. Chow T.T. and Li C. "Water-filled double reflective window and its yearround performance". In: Procedia Environmental Sciences 2011 y. Vol. 11. P. 1039-1047
7. Chow T., Li, C., Lin, Z. The function of solar absorbing window as water-heating device. Build. Environ. 2011 y. Vol. 46. P. 955-960.
8. КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника", Ташкент, 2011 г. С. 54
9. КМК 2.01.04-2018 "Строительная теплотехника", Ташкент, 2018 г. С. 54