

**BINOLARNI ISITISH UCHUN ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH.**

**REDUCING ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING BUILDINGS.**

**Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand Davlat arxitektura Qurilish unversiteti  
texnika fanlar doktiri professor Boboyev Sobirjon.**

**Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand Davlat arxitektura Qurilish unversiteti  
tayanch doktoranti Behzod Turdiqulov**

**REDUCING ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING BUILDINGS.**

**Professor Boboyev Sobirjon. Doctor of Technical Sciences, Samarkand State  
University of Architecture and Construction named after Mirzo Ulugbek**

**Behzod Turdikulov, PhD student, Samarkand State University of  
Architecture and Construction named after Mirzo Ulugbek**

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada binolarni isitish uchun energiya sarfini kamaytirish sovuq mavsumda binolarda mikroiklim yaratish uchun radiatsion isitish va havo almashinuvi tizimlari keltirilgan. Shuningdek, u tashqi devor orqali issiqlik yo'qotilishini, issiqlik energiyasi bilan xonalarga yetkazib beriladigan havo hajmini va yillik energiya iste'molini aniqlaydi.

**Kalit so'z:** Isitish, issiqlik o'tkazuvchanlik, energiya ko'rsatkichlari

**Abstract.** This article presents radiant heating and air exchange systems for creating a microclimate in buildings during the cold season, reducing energy consumption for heating buildings. It also determines the heat loss through the external wall, the volume of air supplied to the rooms with thermal energy, and the annual energy consumption.

**Keywords:** Heating, thermal conductivity, energy performance

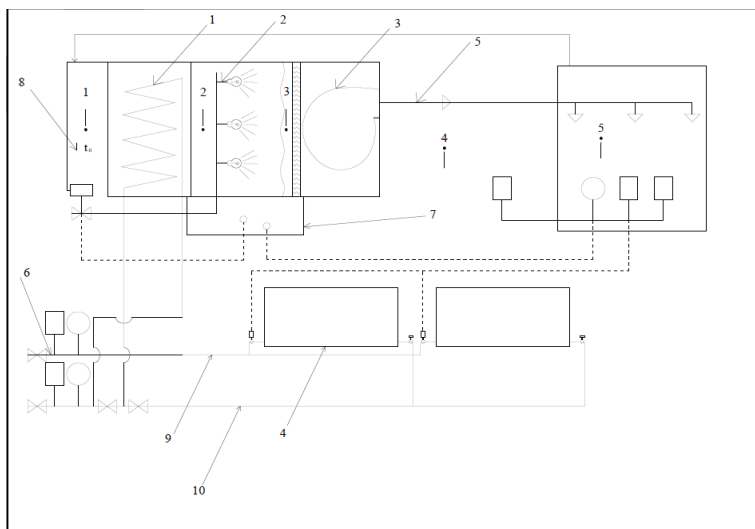
**Аннотация.** В данной статье представлены системы лучистого отопления и воздухообмена для создания микроклимата в зданиях в холодное время года, что позволяет снизить энергопотребление на отопление. Также определены теплопотери через наружные стены, объем воздуха, подаваемого в помещения с тепловой энергией, и годовое энергопотребление.

**Ключевые слова:** Отопление, теплопроводность, энергоэффективность

Qurilishda energiyani tejashning asosiy usuli energiyadan samarali foydalanish bilan binolarni qurishdir. Energiyadan samarali foydalanish va tejash, issiqlik manbalaridan foydalanish uchun optimal muhandislik usullari va vositalarini ta'minlaydi.

Isitish mamlakat balansidagi energiyaning taxminan 25% iste'moli bilan yilning qish davrida binolarning zarur issiqlik rejimini ta'minlaydi. Shu sababli, mamlakatimizning aksariyat qismiga xos bo'lgan qattiq va uzoq isitish mavsumi bo'lgan hududlarda isitish uchun energiyadan samarali foydalanish binolarni issiqlik bilan ta'minlash uchun uni tejashning hal qiluvchi omilidir.

Energiyadan samarali foydalanish va tejashga qaratilgan mamlakat Energetika dasturini amalga oshirish ko'p jihatdan isitish tizimi yechimlarining energiya samaradorligi bilan belgilanadi. Optimal isitishni loyihalash ketma-ketligi mantiqiy ravishda algoritimga mos keladi - zamonaviy gibrit tizimni yaratishda loyihalash ketma-ketligi. Suvli va havoli isitish tizimini qurish bu mamlakat istiqboli uchun juda katta foyda keltiradi.



1-Kolorifer, 2-Namlash kamerasi, 3-Ventilyator,

4-Radiator, 5-Havo quvuri, 6-Datchik, 7-Namlash kamerasidan chiqqan suv quvuri, 8-tashqi havo kanali, 9-Issiqsuv quvuri, 10-qaytuvchi issiq suv quvuri,

Hisoblangan ichki va tashqi iqlim sharoitlarini tanlagandan so'ng, energiya tejaydigan shaharsozlik, makonni rejalashtirish va bino uchun dizayn yechimlarini

tanlash juda muhimdir. Avvalo bino va uning himoya xususiyatlari energiya jihatidan eng yaxshi bo'lishi uchun harakat qilish kerak

Issiqlik muhofazasi yetarli bo'lmagan va yomon muhrlangan binoda isitish uchun energiyadan samarali foydalanish uchun kurashishning ma'nosi yo'q. Hisob-kitoblar va binoni ishlatish tajribasi shuni ko'rsatadiki, u ko'proq foyda keltiradi Faqatgina isitish tizimining samaradorligini oshirish orqali yomon himoyalangan binoda bir xil natijaga erishishga harakat qilishdan ko'ra, binoni 2 marta qo'shimcha ravishda izolyatsiya qilish va muhrlash. Eng arzon energiya sarflanishi kerak bo'lmagan energiya, degan gap bor.

Keling, isitish uchun energiyani tejash nuqtai nazaridan shaharsozlik, kosmik rejalashtirish va binoning dizayn echimlarini optimallashtirish nimadan iborat bo'lishi kerakligini ko'rib chiqaylik. Ko'rib chiqilayotgan masala bo'yicha qo'llaniladigan shaharsozlik echimlari birinchi navbatda shaklni tanlash bilan bog'liq va rivojlanishning ixchamligi, shuningdek, joylashuvi issiqlik ta'minoti manbai. Uy-joy qurilishi zichligini 10% ga oshirish standart qurilishga nisbatan umumiy issiqlik talabini 5-7% ga kamaytirishni ta'minlaydi. Issiqlik iste'molchilarini manbaga nisbatan oqilona joylashtirish, bunda manbadan masofa ortib borishi bilan yuklarning mutanosib pasayishi kuzatiladi, qo'shimcha ravishda foydasiz yo'qotishlarni yana 15-20% ga kamaytirishni ta'minlaydi.

Faqatgina qayd etilgan shaharsozlik yechimlari tufayli erishilgan energiya-iqtisodiy samara sezilarli bo'lib chiqadi; bu qo'shimcha beradi iqtisodiy va texnologik afzalliklar, masalan, material iste'moli 2-3% ga kamayadi va energiya ta'minoti tizimining ishonchliligi uning umumiy uzunligini qisqartirish hisobiga ortadi.

Isitish uchun issiqlik yo'qotishlarining sezilarli darajada kamayishi rivojlanishning oqilona aerodinamiği bilan ta'minlanadi. Xususan, rivojlanish zonasida shamol tezligining pasayishi bilan binolarning infiltratsion issiqlik yo'qotishlarini 2-3 baravar kamaytirish mumkin, bu yiliga 1 m<sup>2</sup> uchun 0,1 kg an'anaviy yoqilg'ini tejashga teng. Shahar rejalashtirish yechimlari ko'rib chiqilayotgan masalaga nisbatan qo'llanilishi ham binoning asosiy yo'nalishlarga yo'nalishini tanlash va uning rivojlanishdagi pozitsiyasi bilan bog'liq. Janubda binolarning kenglik yo'nalishi, shimolda - quyosh radiatsiyasining issiqligidan foydalanish uchun meridional yo'nalish afzalroqdir isitish va yozda binolarni haddan tashqari qizib ketmaslik uchun. Bir yo'nalishdan ikkinchisiga o'tish isitish mavsumining davomiyligi taxminan 200 kun bo'lgan kenglikda sodir bo'ladi, deb ishoniladi.

Energiya samaradorligi nuqtai nazaridan qurilishda binoning joylashishini tanlash qishda hukmron shamollar yo'nalishi, vertikal to'siqlardagi qiya yog'ingarchilik, yaqin atrofdagi binolar tomonidan quyosh nurlanishining skrining effekti va soyasi

va ular orasidagi bo'shliqlar bilan bog'liq. Volumetrik rejalashtirish echimlari isitish uchun binoning energiya ehtiyojlarini sezilarli darajada ta'sir qiladi. Binoning shakli ixcham bo'lishi kerak, minimumga intilish keraklashqi to'siqlar maydonining xona hajmiga nisbati. Ideal shakl - shar, yaxshi kub yoki keng parallelepiped, yomonroq - tor va uzun binolar yoki baland minora shaklida. Binoning jabhalari jingalak bo'lmasligi kerak, o'rnatilgan lodjiyalar va dafna derazalari istalmagan. Energiyani tejash turli xil blokirovkalar orqali ta'minlanadi do'konlar va xonalar bitta binoda. Sanoat binolarini blokirovka qilish issiqlikni 30-40% gacha tejash imkonini beradi.

Binoning kirish eshiklari va vestibyullarini tashqi sovuq havoning kirib kelishidan himoya qilish kerak. Issiqlikdan foydalanish maqsadida binoda uyushgan havo oqimi uchun zinapoyalar, lift zallari, koridorlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Maxsus shamollatish shiftalari va teshiklarni o'rnatish mumkin. Yaqinda binolarda havo almashinuvini kamaytirish, havo oqimini tashkil qilish uchun havo rezervuarlari sifatida ishlatiladigan atriumlar, shuningdek, issiqlik nasoslari, akkumulyatorlar va boshqalar yordamida issiqlikdan foydalanish uchun akkumulyatorlar sifatida ishlatiladi. Shamollatish rejimi o'z vaqtida uzluksiz bo'lishi mumkin, kunduzi yoki tungi ventilyatsiya bilan intervalgacha.

Binoning termal rejimini shakllantirishda asosiy rolni strukturaviy vositalar o'ynaydi. Korpuslar yuqori issiqlikdan himoya qiluvchi xususiyatlarga, germetiklikka, ularning ichki yuzalariga - bug'lar va gazlarni so'rib olish va desorbsiyalash xususiyatiga ega bo'lishi kerak. Asosiy issiqlikdan himoya qiluvchi xususiyatlar issiqlik o'tkazuvchanligi  $Q$  va issiqlikka chidamlilik  $D$  bilan belgilanadi, ular binoning maqsadi va uni isitish usuliga qarab qabul qilinadi.

Asosiy binolarda issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan issiqlikka chidamli korpuslar bo'lishi kerak.

Qisqa muddatli foydalanish uchun binolar minimal issiqlik o'tkazuvchanligiga va past termal inertiyaga ega bo'lgan muhofazalarga ega bo'lishi mumkin. Energiyadan samarali foydalanishga ega bo'lgan binolar issiqlik izolatsiyasini oshirgan bo'lishi kerak, ya'ni xonaga qaragan issiqlikka bardoshli ichki qatlamlari bo'lgan "termosli bino" bo'lishi kerak.

Energiyani tejaydigan binolarda devorlar va shiplarning issiqlik uzatish koeffitsienti an'anaviy echimlarga nisbatan 3-4 barobar, ya'ni  $0,3-0,4 \text{ Vt} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{S})$  ga kamayishi kerak. Derazalarda, iloji bo'lsa, inert gaz bilan to'ldirilgan ikki oynali oynalar, xonadan uzoq to'lqinli nurlanishning o'tishiga to'sqinlik qiluvchi selektiv shisha qoplamalar va ikki (uchlik) muhrlangan oyna romlari bo'lishi kerak. Binobarin, derazalarning issiqlik uzatish koeffitsienti 2-3 marta, ya'ni  $1,5 \text{ Vt} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{S})$  va undan pastroq bo'lishi mumkin.

Issiqlikka chidamli ichki qatlamlar xonada issiqlikni qayta tiklash uchun turli xil yechimlar uchun issiqlik akkumulyatorlari vazifasini bajarishi kerak. Bundan tashqari, ventilyatsiya qilingan havo bo'shliqlari bo'lgan derazalar va korpuslar, ventilyatsiya qilingan chodirlar issiqlik rekuperatorlari funksiyalarini bajarishi mumkin. Shiftlar, podvallar va bino ostidagi tuproq ham issiqlikni qayta tiklash uchun ishlatilishi mumkin. Xuddi shu maqsadda shaharda binolar loyihalashtirilmoqda. Qalinligidagi termoelektr elementlari va tashqi va ichki tomonlarida ishlab chiqilgan issiqlik almashinuvi yuzalariga ega tashqi korpuslarning dizayni istiqbolli. Ular atrof-muhit energiyasidan foydalangan holda termoelektrik issiqlik nasoslari sifatida ishlaydi. Quyosh kollektorlari va absorberlar ko'rinishidagi tashqi korpuslarning oqilona dizaynlari (20.2-bandga qarang). Korpuslarning tashqi yuzalari shunday radiatsion xususiyatlarga ega bo'lishi kerakki, qishda ular qisqa to'lqinli quyosh nurlarini faol ravishda o'zlashtiradi va atrof-muhitga uzoq to'lqinli nurlanishni zaif chiqaradi. Binodagi asosiy issiqlik yo'qotilishi derazalar orqali sodir bo'ladi, shuning uchun binoning jabhalarini oynalash darajasi katta rol o'ynaydi. Odatda, ular binolarning ruxsat etilgan tabiiy yoki aralash (tabiiy-sun'iy) yoritilishi shartiga ko'ra uni minimal darajaga tushirishga intiladi. Biroq, derazalarni yaxshi termal himoya qilish va ularni yozda quyoshdan himoya qilish bilan, isitish uchun quyosh energiyasidan foydalanishni hisobga olgan holda optimal oynalar, ayniqsa bahor va kuz davrlarida, yorug'lik sharoitlari uchun ruxsat etilgan minimal darajadan sezilarli darajada oshib ketishi mumkin.

Bundan tashqari, selektiv, aks ettiruvchi, changni yutish va izolyatsiyalangan oynalar, shuningdek monopanellar, panjurlar va boshqalar ko'rinishidagi doimiy va vaqtincha issiqlikdan himoya qiluvchi ekranlardan foydalangan holda ko'p qatlamli oynalardan foydalanish kerak.

Ko'rib chiqilayotgan shaharsozlik, kosmik rejalashtirish va loyihalash tadbirlarining kombinatsiyasidan oqilona foydalanish binolarni isitish uchun energiya talabini sezilarli darajada (1,5-2 baravar) kamaytirishi mumkin.

O'zgaruvchan issiqlik o'tkazuvchanligiga ega tashqi korpuslar energiya tejash nuqtai nazaridan istiqbolli. Qarshilik tashqi iqlim ta'siriga qarab o'zgarishi mumkin.

Nazariy jihatdan, issiqlik uzatish qarshiligi noldan cheksizgacha o'zgarishi mumkin bo'lgan muhofazaga ega bo'lish mumkin. Ko'pgina hollarda, issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlarining bunday o'zgarishini ta'minlash etarli bo'ladi, bunda ruxsat etilgan harorat istalgan vaqtda korpusning ichki yuzasida saqlanadi. Bunday panjara misoli ikki oynali oyna dizayni bo'lishi mumkin, uning oynalararo bo'sh joyi tunda vakuum pompasi yordamida polistirool ko'pikli elementlar bilan to'ldiriladi. Kunduzgi soatlarda qo'shimcha issiqlik izolatsiyasi olib tashlanadi va quyosh

nurlari xonaga erkin kiradi. Shu kabi ta'sirga erishiladi ko'zoynaklar orasidagi bo'shliqni ichki havo bilan ventilyatsiya qilish, uning oqim tezligi tashqi sharoitlarga qarab tartibga solinadi.

Korpusning issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlarini tartibga solish, shuningdek, uning ichki yuzasida issiqlik oqimining radiatsiyaviy va konvektiv tarkibiy qismlarini o'zgartirish orqali ham mumkin. Birinchi holda, kerakli ta'sir strukturani kerakli intensivlik oqimi bilan nurlantirish orqali erishiladi, masalan, infraqizil burnerlar yordamida.

Bunday holda, strukturaning dastlabki issiqlik o'tkazuvchanligi talab qilinganidan ancha kamroq olinishi mumkin, bu esa kapital xarajatlarni sezilarli darajada kamaytiradi. Bunday yechim mavsumiy binolar uchun iqtisodiy jihatdan oqlanadi.

Ikkinchi holda, ichki yuzada konvektiv issiqlik oqimini tartibga solish tekis yarim cheklangan jetlar shaklida issiq havo pardalari yordamida ta'minlanadi. Korpus orqali issiqlik oqimining faol tartibga solinishi uning pol ventilyatsiyasi orqali amalga oshirilishi mumkin. Bunday holda, issiqlik oqimining korpus orqali tiklanishi kuzatiladi, uning intensivligi filtrlangan havo oqimi bilan tartibga solinadi. Ushbu yechim shamollatiladigan binolar uchun tavsiya etiladi, bu isitish uchun issiqlik sarfini 40-60% ga kamaytirish imkonini beradi.

Tashqi muhofazaning dizayni issiqlik qalqoni bilan amalga oshirilishi mumkin. Idishning tashqi yuzasiga yaqinroq joylashgan issiqlik qalqoni past haroratli sovutish suvi (masalan, er osti suvlari) aylanishi tufayli joylashuv tekisligida yuqori haroratni ta'minlaydi. Ekranlangan korpus orqali issiqlik yo'qotilishi 2-3 baravar kamayadi va tortishish kuchlari tufayli sovutish suvining aylanishi mumkin.

Ushbu chora-tadbirlarni qo'llash ayniqsa ZEIEda zarur bo'lib, bu erda quyosh kollektorlari yoki absorberlari, kundalik, haftalik va mavsumiy issiqlik akkumulyatorlari va issiqlik nasoslari (19.3-bandga qarang) bilan birgalikda isitish uchun tashqaridan etkazib beriladigan energiyaga bo'lgan ehtiyojni 3-4 baravar kamaytirishi mumkin.

Binolarni isitish uchun energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirishga qurilish muhandislik uskunalarini ishlatish uchun avtomatik boshqaruv tizimi yordamida erishish mumkin. Qurilish muhandislik jihozlarining ishlashi uchun strukturaviy diagrammasi bir nechta o'zaro bog'langan birliklardan iborat: o'lchov birligi, shu jumladan boshqariladigan va boshqarilmaydigan parametrlar uchun datchiklar, signallarni o'zgartirish moslamalari va ularning qiymatlari uchun signalizatsiya qurilmalari; kuzatish ma'lumotlarini yig'ish va qayta ishlash va buyruqlar berish uchun foydalaniladigan boshqaruv paneli, kompyuter va kalitlar; operatsiyani, shu jumladan isitish tizimini nazorat qiluvchi ijro etuvchi birlik.

Binolarni isitish samaradorligini oshirish energiyadan samarali foydalanish bilan binoni ishlab chiqish algoritmining yakuniy bosqichi binoning HCS tarkibiy qismi sifatida qabul qilingan isitish usulining samaradorligini baholashdir. Bu bo'limda ko'rib chiqilgan muhandislik texnikasining maqsadi.

Samaradorlik nazariyasi binoda belgilangan sharoitlarni saqlashning mantiqiy aniq ehtimollik ko'rsatkichlarini aniqlashga, holatlar sonini va og'ishlarning umumiy davomiyligini, shuningdek, ichki sharoitlarning dizayndan eng noqulay (eng katta) bir martalik og'ishini aniqlashga imkon beradi.

Samaradorlikning kompleks xossasining alohida komponentlarini hisoblash yoki eksperimental ma'lumotlardan, tabiiy kuzatishlardan olish mumkin. Ular /C ehtimollik ko'rsatkichlari bilan aniqlanishi kerak, ular n holatlarining sonini yoki xonadagi sharoitlarning hisoblangan  $\Delta z$  dan chetga chiqish vaqtidagi umumiy davomiyligini hisobga oladi, shaklda qayd etishning yagona shaklida (bir ma'lumot shkalasi bo'yicha).

$$K_n = \frac{N-n}{N} \quad \text{yoki} \quad K_z = \frac{z-\Delta z}{z} \quad 1$$

bu erda N va z - umumiy holatlar soni yoki isitish tizimining ko'rib chiqilayotgan ish davrining umumiy davomiyligi (isitish mavsumi, 50 yillik foydalanish muddati va boshqalar). Samaradorlikning kompleks xossasi  $K_{\text{ЭФ}}$ , ishonchlilik xususiyatlarining ehtimollik ko'rsatkichlari to'plami sifatida  $K_{\text{над}}$  boshqariladigan  $K_{\text{уип}}$  va xavfsizlik  $K_{\text{об}}$ , ularning nisbiy mustaqilligini hisobga olgan holda, bo'lishi mumkin shaklida aniqlanadi

$$K_{\text{эф}} = K_{\text{над}} K_{\text{уип}} K_{\text{об}} \quad 2$$

samaradorlik nafaqat tizimning umumiy sifat xususiyati, balki uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, shu jumladan energiya ko'rsatkichlari bilan bevosita samaradorlik nafaqat tizimning umumiy sifat xususiyati, balki uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, shu jumladan energiya ko'rsatkichlari bilan bevosita bog'liqdir.  $K_{\text{эф}}$  qancha past bo'lsa, isitish sifati past bo'ladi va ijtimoiy va sanoat zarari shunchalik ko'p bo'ladi. Shuning uchun variantlarni texnik-iqtisodiy taqqoslashda va xarajatlarni kamaytirish uchun maqbul echimni tanlashda (15.2-bandga qarang), kapital qo'yilmalar K va operatsion xarajatlar И bilan bir qatorda Y zarar ko'rinishidagi isitish samaradorligini ham hisobga olish kerak.

Keyin isitish tizimining optimal versiyasini aniqlaydigan qisqartirilgan xarajatlar 3 formula bo'yicha hisoblab chiqilishi kerak (qarang: formula (15.2) 1).

$$3 = \frac{K}{Z_{\text{И}}} + И + У \quad 19.3$$

$3_{\text{мин}}$  ning minimal qiymati [formula (2.51)] tenglamadan aniqlanadi.

bu erda  $M$  - barcha xarajatlarni (masalan, ishlab chiqarish birliklari, maydon, bino hajmi) nisbatlash uchun qabul qilingan ko'rsatkich.

Kamaytirilgan xarajatlarni aniqlashda isitish tizimining turli xil yechimlarining samaradorligini hisobga olish ularning sifat ko'rsatkichlari bo'yicha ekvivalent bo'lmagan mumkin bo'lgan variantlarni texnik-iqtisodiy baholash va taqqoslash imkonini beradi, bu esa optimal echimni izlash ko'lamini sezilarli darajada kengaytiradi. Isitish samaradorligini nafaqat pul ko'rinishida, balki umumiy energiya ko'rsatkichi bo'yicha ham baholash muhim, shu jumladan binoning isitish tizimining barcha elementlarini sotib olish, o'rnatish va ishlatish uchun materiallar, mehnat, transport va boshqa ishlab chiqarish xarajatlarini baholash.

### **Xulosa.**

Kombinatsiyalangan isitish tizimi odatda sharoitga qarab eng samarali energiya manbasini tanlash imkonini berib, energiya sarfini va oylik xarajatlarni kamaytiradi. Bundan tashqari, agar tizim ishlamay qolsa, isitish boshqa manbadan davom etadi. Tizim avtomatik ravishda sovuq yoki quyoshli kunlarga moslashadi. Avtomatik boshqaruv barqaror ichki haroratni saqlab turadi, haroratning to'satdan o'zgarishsiz qulay muhit yaratadi. Dastlabki investitsiyalar kamroq bo'lishi mumkin, ammo uzoq muddatda xarajatlar elektr energiyasi va gaz uchun to'lovlarning kamayishi bilan oqlanadi. Gazli qozon elektr uzilishi paytida yoki aksincha ishlaydi, bu esa, ayniqsa qish oylarida ishonchli isitish kabi afzalliklarni beradi.

### **Adabiyotlar ro'yxati**

1. Вялкова Н.С. Автоматизированная комбинированная система водяного и воздушного отопления [Текст] / Н.С. Вялкова, А.И. Ерсмкин // Региональная архитектура и строительство; №2(11). - Пенза: Пенз. ГУАС, 2011-С. 106-112.
2. Богословский В.Н. Тепловой режим здания [Текст] / В.Н. Богословский. -М.: Стройиздат, 1979. - С.248.
3. Бобоев, С. М., Тоштемиров, М. Э., & Исмоилов, А. И. (2022). Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Seriya: Stroitelstvo i Arhitektura*, (88).
4. Abdollahi, F., Hashemifard, S. A., Khosravi, A., & Matsuura, T. (2021). Heat and mass transfer modeling of an energy efficient Hybrid Membrane-Based Air Conditioning System for humid climates. *Journal of Membrane Science*, 625, 119179. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2021.119179>
5. Chae, Y. T., & Strand, R. K. (2014). Thermal performance evaluation of hybrid heat source radiant system using a concentrate tube heat exchanger.

- Energy and Buildings*, 70, 246–257.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.078>
6. Connick, O., & Hunt, G. R. (2020). Hybrid ventilation of a room: A theoretical model for the combined effects of mechanically-imposed and buoyancy-induced driving pressures. *Building and Environment*, 169, 106546. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106546>
  7. Dong, J., Zheng, W., Ran, Z., & Zhang, B. (2021). Experimental investigation on heating performance of a novel radiant-convective heating terminal. *Renewable Energy*, 164, 804–814. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.100>
  8. Gao, Z., Rendall, J., Nawaz, K., Abuheiba, A., & Abdelaziz, O. (2023). Innovative modeling and simulation of membrane-based dehumidification and energy recovery equipment. *Case Studies in Thermal Engineering*, 43, 102783. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102783>
  9. Kıyan, M., Bingöl, E., Melikoğlu, M., & Albostan, A. (2013). Modelling and simulation of a hybrid solar heating system for greenhouse applications using Matlab/Simulink. *The III. International Conference on Nuclear and Renewable Energy Resources NURER2012*, 72, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.09.036>
  10. Mirjalol Toshtemirov. (2026). *Study of the processes of cooling and humidification of outdoor air in an experimental stand using a hygroscopic material*. 14165, 141650A. <https://doi.org/10.1117/12.3108822>