

O'ZBEKISTON HUDUDLARI UCHUN ENERGIYA SAMARADOR 3D BOSMA UYLARNING IQLIMIY MOSLASHTIRILGAN ARXITEKTURA-KONSTRUKTIV YECHIMLARI

Sharipova Dilafruz Toufukovna¹¹, Mirzaxonova Mexribon Marat qizi¹² va Raxmonova Mahliyoaxon Avazjon qizi²³

¹*Qurilish muhandisligi fakulteti, Toshkent davlat transport universiteti, O'zbekiston*

E-mail: dilafruz1407@gmail.com

²*Bino va sanoat inshootlari kafedrası, Toshkent davlat transport universiteti, O'zbekiston*

E-mail: mirzaxonovamexribonu@gmail.com

³*Bino va sanoat inshootlari kafedrası, Toshkent davlat transport universiteti, O'zbekiston*

E-mail: mahliyoavaz2007@gmail.com

Annotatsiya

Mazkur maqolada O'zbekistonning turli iqlimiy hududlari — Nukus, Samarqand, Farg'ona va Toshkent shaharlari uchun ishlab chiqilgan energiya samarador bir qavatli 3D bosma uy-joy loyihalari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot davomida hududlarning tabiiy-iqlimiy xususiyatlari asosida shakllantirilgan hajmiy-rejaviy va konstruktiv yechimlar o'rganildi. Loyihalarda issiqlik izolyatsiyasi, tabiiy va sun'iy ventilyatsiya tizimlari, adaptiv fasadlar, kinetik quyoshdan himoya elementlari hamda "cool roof" texnologiyalarining qo'llanilishi tahlil qilindi. Shuningdek, 3D bosma texnologiyalari yordamida qurilish jarayonini tezlashtirish, material sarfini optimallashtirish va ekspluatatsion energiya xarajatlarini kamaytirish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari energiya samarador uy-joylarni loyihalash va ommaviy qurishda ilmiy-amaliy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kalit So'zlar: 3D Bosma Uylar, Energiya Samaradorligi, Iqlimga Mos Arxitektura, Barqaror Qurilish, Adaptiv Fasad, Ventilyatsiya Tizimlari, Issiqlik Izolyatsiyasi, Kompakt Rejalashtirish, Raqamli Qurilish Texnologiyalari

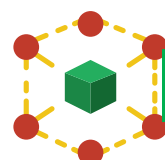
1 KIRISH

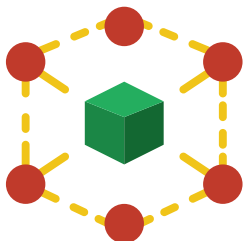
So'nggi yillarda qurilish sanoatida raqamli texnologiyalar keng rivojlanib, ularning amaliy qo'llanilishi yangi bosqichga ko'tarildi [1]. Ayniqsa, 3D bosma texnologiyalar yordamida turar joylarni qisqa muddatda barpo etish imkoniyati dunyo miqyosida katta qiziqish uyg'otmoqda [2]. Ushbu texnologiya qurilish jarayonini avtomatlashtirish orqali inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, material sarfining optimallashtirilishi iqtisodiy

¹ <https://orcid.org/0000-0003-1993-8165>

² <https://orcid.org/0009-0002-6538-5792>

³ <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>





samaradorlikni oshiradi. Energiya resurslarining qimmatlashuvi energiya tejamkor uy-joylarga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirmoqda [3].

Zamonaviy arxitektura amaliyotida ekologik xavfsiz va kam energiya talab qiluvchi uylarni loyihalash ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Energiya resurslarining taqchilligi va ularning narxi oshib borayotgani binolarni loyihalashda isitish, shamollatish va konditsioner tizimlarida energiyani tejab sarflashni ta'minlaydigan samarali yechimlarni ishlab chiqishni talab etmoqda. Shu bilan birga, binolarning hajmiy-rejaviy yechimlarini takomillashtirish hamda tashqi himoya konstruksiyalarining issiqlik himoyasi darajasini oshirish energiya samarador qurilishning asosiy omillaridan biri sifatida qaralmoqda. O'zbekistonning turli hududlari iqlimiy jihatdan keskin farqlanishi sababli universal qurilish yechimlari har doim ham samarali natija bermaydi. Shu sababli hududiy iqlimga moslashtirilgan arxitektura va konstruktiv tizimlarni ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

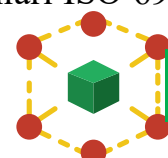
Nukus hududi quruq va keskin kontinental iqlimga ega bo'lsa, Farg'ona vodiysi nisbatan nam va yopiq atmosfera bilan tavsiflanadi. Samarqand va Toshkent hududlari esa o'zgaruvchan harorat amplitudalari bilan ajralib turadi. Tadqiqotda aynan shu hududiy xususiyatlar asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Milliy me'morchilik tajribasida tabiiy mikroiklim yaratishga xizmat qiluvchi rejalashtirish usullari mavjud bo'lib, ular zamonaviy energiya samarador uylarni loyihalashda muhim ahamiyat kasb etadi. 3D bosma uylarning afzalligi ularning qisqa muddatda qurilishi va ekspluatatsion xarajatlarining pastligida namoyon bo'ladi. Bundan tashqari, bunday uylar energiya yo'qotilishini kamaytiruvchi qatlamli devor tizimlari bilan ajralib turadi.

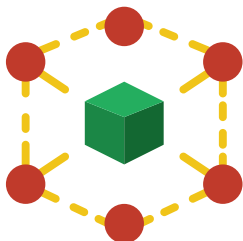
Tadqiqot davomida kompakt rejalashtirish tamoyillariga ham alohida e'tibor qaratildi. Kompakt uylar ichki maydondan oqilona foydalanish imkonini beradi hamda qurilish tannarxining pasayishiga xizmat qiladi. Maqolada to'rtta hudud uchun ishlab chiqilgan namunaviy loyihalar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Har bir loyiha hududning iqlimiy omillariga mos ravishda ishlab chiqilgan bo'lib, zamonaviy energiya tejavchi yechimlar va milliy me'moriy yondashuvlarni uyg'unlashtirishga asoslangan. Tadqiqot natijalari kelgusida energiya samarador uy-joylarni ommaviy qurishda metodik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin. Shuningdek, maqolada xalqaro standartlar va zamonaviy qurilish me'yorlariga tayangan holda ilmiy xulosalar shakllantirilgan [4].

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqotda kompleks ilmiy-tahliliy yondashuv qo'llanildi. Dastlab, O'zbekiston hududlarining iqlimiy xususiyatlari tahlil qilinib, harorat amplitudasi, namlik darajasi, quyosh radiatsiyasi va shamol yo'nalishlari asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Tadqiqot jarayonida Nukus, Samarqand, Farg'ona va Toshkent hududlari tanlab olinib, ularning tabiiy-iqlimiy sharoitlariga mos energiya samarador turar joy modellarini ishlab chiqish maqsad qilindi.

Loyihalarni ishlab chiqishda komparativ tahlil usuli qo'llanilib, turli konstruktiv va rejalashtirish yechimlari o'zaro solishtirildi. Binolarning issiqlik himoyasi ko'rsatkichlari ISO 6946





standarti asosida baholandi [5]. Ichki mikroiklim sifatini aniqlashda ISO 7730 talablari inobatga olindi [6], energiya iste'molini hisoblashda esa ISO 52000 metodologiyasidan foydalanildi [7]. Shu bilan birga, devor qatlamlarining issiqlik qarshiligi, ventilyatsiya tizimlari samaradorligi hamda quyoshdan himoyalash darajasi alohida o'rganildi.

Loyihalash jarayonida BIM texnologiyalari va raqamli modellashtirish vositalari qo'llanildi. Har bir hudud uchun optimal hajmiy-rejaviy yechim ishlab chiqilib, kompakt rejalashtirish tamoyillariga ustuvor ahamiyat berildi. Tadqiqotda 3D bosma beton tarkibining mexanik va issiqlik xususiyatlari ham tahlil qilindi. Tabiiy va majburiy shamollatish tizimlari samaradorligi qiyosiy baholanib, ichki mikroiklimni barqarorlashtirishga xizmat qiluvchi konstruktiv yechimlar aniqlashtirildi.

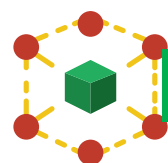
Shuningdek, tadqiqotning muhim bosqichlaridan biri iqtisodiy samaradorlikni baholashdan iborat bo'ldi. Qurilish muddatlari va material sarfi an'anaviy qurilish texnologiyalari bilan taqqoslandi. Energiya tejovchi qatlamlar, adaptiv fasad tizimlari, "cool roof" texnologiyasi va quyosh panellari kabi innovatsion yechimlarning ekspluatatsion samaradorligi hisoblab chiqildi. Olingan natijalar asosida hududiy tavsiyalar ishlab chiqildi va energiya samarador uy-joylarni loyihalash uchun ilmiy-uslubiy asos shakllantirildi.

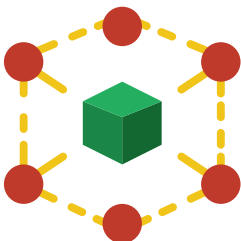
Nukus shahri uchun loyiha tahlili

Nukus shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha cho'l iqlimiga moslashtirilgan arxitektura yechimi sifatida shakllantirildi. Ushbu hududda yoz oylarida harorat juda yuqori bo'lishi hisobga olindi. Shu sababli loyiha dumaloq shakldagi kompakt reja asosida ishlab chiqildi. Dumaloq shakl shamol bosimini kamaytirishga yordam beradi. Bundan tashqari, issiqlik yo'qotilishi ham minimal darajaga tushiriladi. Uy tarkibida 22 m² mehmonxona, ikki yotoqxona va ichki hovli joylashtirilgan. Ichki hovli tabiiy shamollatish samaradorligini oshiradi. Oshxona va texnik xona asosiy yashash maydonidan alohida joylashtirilgan. Bunday rejalashtirish funksional qulaylikni oshiradi.

Devor qatlamlari bir necha konstruktiv elementlardan tashkil topgan. Tashqi qatlam sifatida 3D bosma beton qobiq qo'llanilgan. Reflektiv suvoq quyosh nurlarini qaytarish orqali devor yuzasining qizib ketishini kamaytiradi. Monolit beton qatlam konstruksiyaning mustahkamligini oshiradi. Perlit aralash yengil beton issiqlikni ushlab qolishga xizmat qiladi. Ichki suvoq esa mikroiklimni barqarorlashtiradi. Loyihada issiqlik inertsiya tamoyili asosiy o'rin egallaydi, bu esa yozgi jazirama sharoitida ichki haroratni nisbatan salqin saqlash imkonini beradi. Shamol yo'nalishlari hisobga olinib, deraza joylashuvi optimallashtirilgan. Tabiiy yorug'likdan maksimal foydalanish ham loyiha afzalliklaridan biridir.

Loyihani yanada energiya samarador qilish maqsadida qo'shimcha ravishda "sovuq tom" (cool roof) tizimi joriy etildi. Ushbu tizim tom yuzasiga yuqori reflektivlikka ega maxsus qoplama qo'llash orqali quyosh nurlarini qaytarishga asoslanadi. Natijada tom yuzasining qizib ketishi



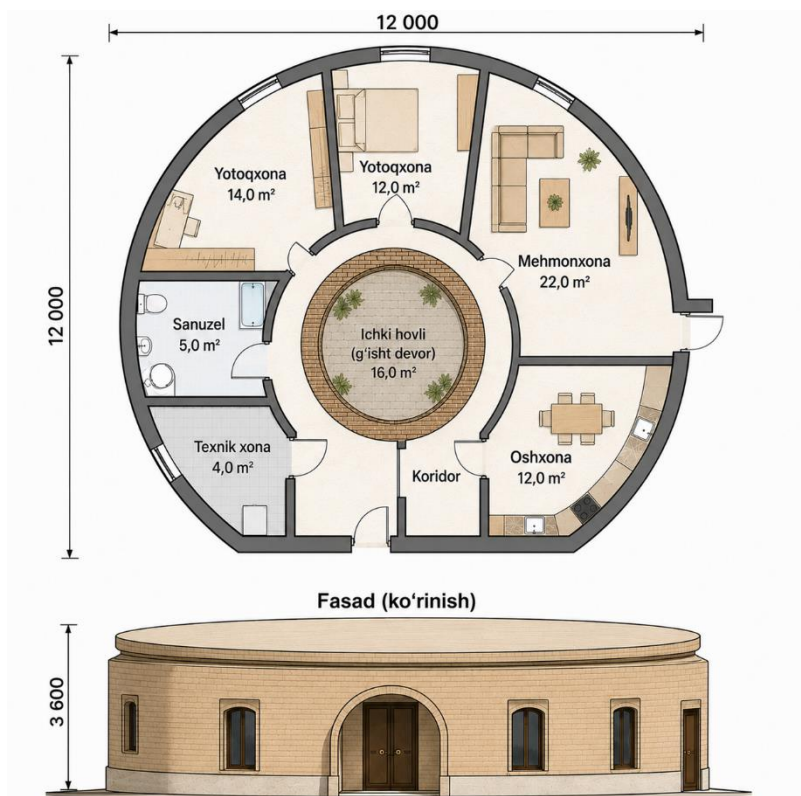


kamayadi, ichki binoga uzatiladigan issiqlik oqimi pasayadi va konditsioner tizimlariga bo'lgan yuklama sezilarli darajada qisqaradi. Bu esa umumiy energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, fasad tizimiga **kinetik quyoshdan himoya mexanizmi** integratsiya qilindi. Ushbu tizim 3D bosma perforatsiyalangan yarim shaffof panellardan tashkil topgan bo'lib, rolikli mexanizm orqali harakatlanadi. Quyosh nurlarining tushish burchagiga qarab panellar avtomatik yoki qo'lda boshqaruv asosida kerakli holatga suriladi. Bu esa ichki makonga tushadigan quyosh radiatsiyasini optimallashtiradi, ortiqcha qizishni kamaytiradi va tabiiy yorug'likdan samarali foydalanish imkonini beradi. Natijada bino ichki mikroiklimi yanada barqaror holatga keladi.

Mazkur qo'shimcha yechimlar — cool roof tizimi va kinetik quyoshdan himoya fasadi — Nukus sharoitida energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ular binoning passiv sovutish imkoniyatlarini kuchaytirib, faol sovutish tizimlariga bo'lgan ehtiyojni kamaytiradi.

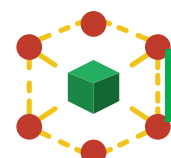
Mazkur loyiha energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiluvchi innovatsion yechim sifatida baholanadi. Nukus modeli ekologik va iqtisodiy jihatdan istiqbolli loyiha hisoblanadi.

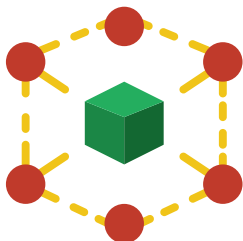


1-rasm. Nukus shahri uchun chizilgan loyiha

Samarqand shahri uchun loyiha tahlili

Samarqand shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha an'anaviy sharqona hovli tamoyillariga asoslangan. Ushbu hududda yozning issiq va qishning nisbatan sovuq bo'lishi hisobga olindi.





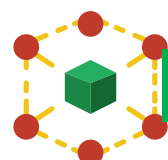
Markaziy ichki hovli mikroiklimni tabiiy ravishda tartibga solishga xizmat qiladi. Hovli orqali tabiiy havo aylanishi kuchayadi. Bu esa yoz oylarida sovutish xarajatlarini kamaytiradi. Loyiha tarkibida mehmonxona, ikki yotoqxona va oshxona mavjud. Texnik xona va sanuzel funksional jihatdan qulay joylashtirilgan. Ichki hovli yashash muhiti sifatini yaxshilaydi hamda tabiiy yorug'likning ichki makonga bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi.

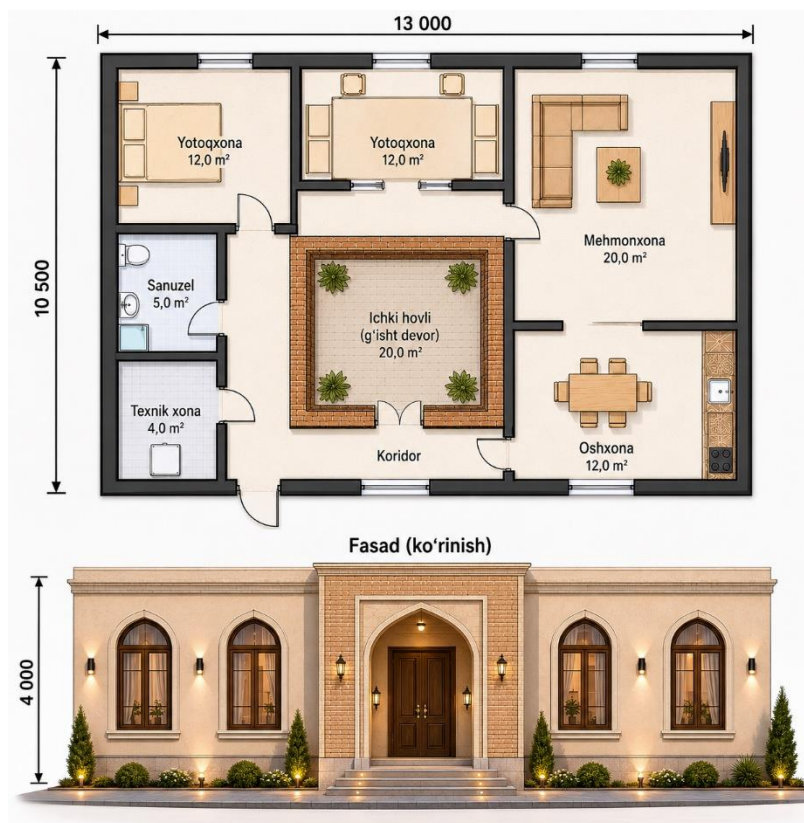
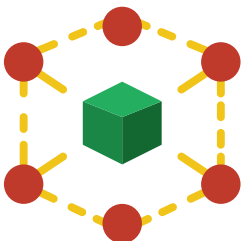
Devor tizimi ko'p qatlamli konstruktiv yechim asosida ishlab chiqilgan. Tashqi qatlam sifatida 3D beton qobiq ishlatilgan. Ventilyatsion havo bo'shlig'i issiqlik almashinuvini optimallashtiradi. Gazobeton D400 materiali yuqori issiqlik izolyatsiyasi xususiyatiga ega. Ichki beton qatlam konstruktiv mustahkamlikni oshiradi. Ushbu qatlamlar qishda issiqlikni saqlab qolishga xizmat qiladi, yozda esa ortiqcha qizib ketishni cheklaydi. Loyiha tabiiy shamollatish tamoyillariga asoslangan bo'lib, deraza va eshiklar joylashuvi shamol oqimlarini samarali yo'naltirishga moslashtirilgan. Energiya samaradorligi nuqtai nazaridan loyiha yuqori natijalarni ko'rsatadi. Samarqand modeli milliy me'moriy an'analarni zamonaviy texnologiyalar bilan uyg'unlashtirgan yechim hisoblanadi.

Loyihani yanada moslashuvchan va iqlimga javob beruvchi tizimga aylantirish maqsadida **adaptiv fasad tizimi** joriy etildi. Ushbu tizim fasad elementlarining tashqi muhit sharoitiga qarab o'z xususiyatlarini o'zgartirishiga asoslanadi, ya'ni yozda soya hosil qilish, qishda esa quyosh nurlaridan maksimal foydalanish imkonini beradi. Natijada bino ichki mikroiklimi yil davomida barqaror saqlanadi [15].

Shuningdek, fasad tarkibiga **kinetik quyoshdan himoya tizimi** integratsiya qilindi. Ushbu tizim quyosh nurlarining tushish burchagiga mos ravishda harakatlanuvchi panellardan tashkil topgan bo'lib, yorug'lik va issiqlik oqimini boshqaradi. Bu yechim ichki xonalarda ortiqcha qizib ketishni kamaytiradi va tabiiy yoritish darajasini optimal holatda ushlab turadi.

Mazkur texnologik yechimlar Samarqand sharoitida an'anaviy hovli arxitekturasini bilan uyg'unlashgan holda binoning energiya samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Natijada loyiha ekologik barqaror va iqlimga moslashuvchan arxitektura modeli sifatida shakllanadi.





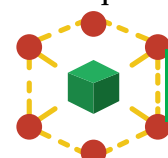
2-rasm. Samarqand shahri uchun chizilgan loyiha

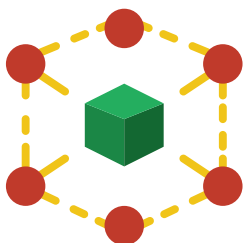
Farg‘ona shahri uchun loyiha tahlili

Farg‘ona vodiysi uchun ishlab chiqilgan loyiha yuqori namlik va yopiq atmosfera sharoitlariga moslashtirilgan. Ushbu hududda kondensatsiya, havo almashinuvining sustligi va ichki namlikning to‘planishi asosiy muammolar sifatida qaraladi. Shu sababli devor tizimida bug‘ va namlikka qarshi himoya qatlamlari qo‘llanilgan. Uy tarkibida mehmonxona va ikki yotoqxona mavjud. Oshxona va sanuzel gigiyenik talablar asosida joylashtirilgan. Texnik xona muhandislik kommunikatsiyalarini samarali boshqarishga xizmat qiladi. Rejalashtirish yechimida tabiiy shamollatishga katta e‘tibor qaratilgan. Derazalar namlik almashinuvini yaxshilash maqsadida strategik joylashtirilgan.

Devor qatlamlari suvga chidamli 3D beton bilan boshlangan. Ventilyatsion bo‘shliq havo aylanishini faollashtirib, devor konstruksiyasi ichida ortiqcha namlik to‘planishini oldini oladi. XPS izolyatsiya issiqlik yo‘qotilishini kamaytiradi. Asosiy 3D beton devor konstruktiv mustahkamlikni ta‘minlaydi. Bug‘ to‘sig‘i membranasi kondensatsiya jarayonini cheklashga xizmat qiladi. Ichki “nafas oluvchi” suvoq esa namlikning ichki yuzadan tashqi muhitga diffuziya orqali chiqishini ta‘minlaydi. Ushbu ko‘p qatlamli tizim ichki mikroiqlimni barqarorlashtiradi va sog‘lom yashash muhitini yaratadi.

Loyihani yanada samarali qilish maqsadida **ventilyatsiyasi optimallashtirilgan fasad tizimi** joriy etildi. Ushbu tizim fasad qatlamlari orasida maxsus havo bo‘shliqlari (air cavity) hosil qilishga





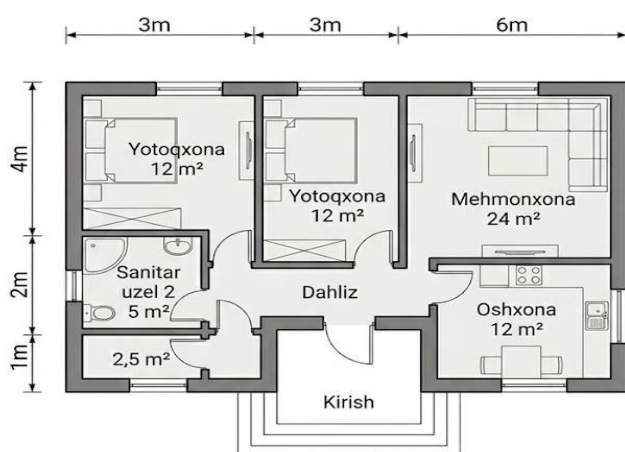
asoslanadi, bu bo'shliqlar tabiiy konvektsiya orqali uzluksiz havo almashinuvini ta'minlaydi. Natijada devor ichida namlik "qamalib qolishi" oldi olinadi va qurilish materiallarining uzoq muddatli degradatsiyasi sekinlashadi.

Ventilyatsion fasad tizimi quyidagi tamoyillar asosida ishlaydi: pastki qismdan kirgan sovuq havo yuqoriga ko'tarilib, issiq va nam havoni tashqariga chiqaradi. Bu jarayon "stack effect" (tabiiy tortilish effekti) orqali amalga oshadi. Shu sababli mexanik ventilyatsiya yuklamasi kamayadi va energiya sarfi optimallashtiriladi. Shuningdek, fasad yuzasida kondensat hosil bo'lishi minimallashtiriladi, bu esa mog'or va biologik zararlarning oldini oladi.

Bunday tizimlar Yevropa Ittifoqining bino energiya samaradorligi standartlarida ham qo'llaniladi (masalan, ventilated facade konsepsiyasi EN 13830 standartiga mos yondashuvlarda keng uchraydi) [13]. Shu jihatdan, Farg'ona sharoitida ushbu yechimning qo'llanilishi iqlimga moslashuvchan va barqaror arxitektura tamoyillariga mos keladi.

Shuningdek, fasad tizimi adaptiv fasad yechimlari bilan integratsiya qilinib, tashqi sharoitga qarab quyoshdan himoya va ventilyatsiya darajasini birgalikda boshqarish imkonini beradi. Bu yondashuv bino energiya samaradorligini oshirish bilan birga ichki mikroiklimni ham barqaror saqlaydi [15].

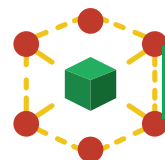
Mazkur kompleks yechimlar Farg'ona vodiysi sharoitida yuqori namlik, kondensatsiya va havo stagnatsiyasi muammolarini kamaytirishga xizmat qiladi. Natijada loyiha uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun barqaror, ekologik xavfsiz va energiya tejamkor arxitektura modeli sifatida shakllanadi.

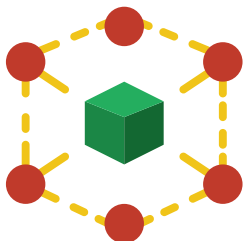


Fasad (ko'rinish)



3-rasm. Farg'ona shahri uchun chizilgan loyiha





Toshkent shahri uchun loyiha tahlili

Toshkent shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha universal energiya samarador model sifatida shakllantirildi. Ushbu hududda iqlim o'zgaruvchanligi yuqori darajada kuzatiladi: yoz oylarida yuqori harorat, qishda esa sovuq ob-havo ustunlik qiladi. Shu sababli loyiha ko'p funktsiyali konstruktiv tizim asosida ishlab chiqildi. Uy tarkibida 22 m² mehmonxona va ikki yotoqxona mavjud. Oshxona va sanuzel qulay rejalashtirish tamoyillari asosida joylashtirilgan. Texnik xona muhandislik tizimlarini boshqarishga xizmat qiladi. Rejalashtirishda kompaktlik va funktsionallik asosiy mezon sifatida qabul qilindi.

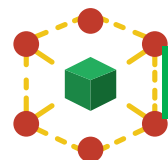
Devor tizimi bir nechta issiqlik himoya qatlamlaridan tashkil topgan. Tashqi qatlam sifatida 3D beton ishlatilgan. EPS izolyatsiya energiya yo'qotilishini kamaytiradi. Asosiy beton devor konstruksiyaning mustahkamligini oshiradi. Ichki yengil beton qatlam mikroiklimni barqarorlashtirishga xizmat qiladi. Ichki suvoq esa namlik va harorat balansini saqlashga yordam beradi. Loyihada tabiiy va sun'iy ventilyatsiya tizimlari uyg'unlashtirilgan bo'lib, bu yil davomida ichki mikroiklimni barqaror ushlab turadi. Deraza tizimlari quyosh nurlaridan samarali foydalanishga moslashtirilgan. Qishda issiqlikni saqlash va yozda ortiqcha qizishni kamaytirish asosiy maqsad sifatida belgilangan. Natijada bino energiya sarfi sezilarli darajada optimallashtiriladi.

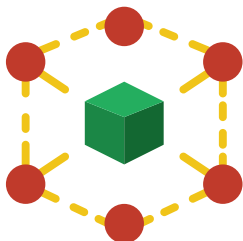
Loyihani yanada rivojlantirish maqsadida uchta asosiy energiya samarador texnologiya integratsiya qilindi: **kinetik quyoshdan himoya tizimi, quyosh panellari asosidagi energiya ishlab chiqarish tizimi** hamda **“sovuq tom” (cool roof) qoplamasi**. Ushbu yechimlar bino energiya balansini faol va passiv usullar orqali boshqarish imkonini beradi.

Kinetik quyoshdan himoya tizimi fasadga integratsiya qilingan harakatlanuvchi soylash elementlariga asoslanadi. Ushbu elementlar quyosh nurlarining tushish burchagiga mos ravishda avtomatik yoki yarim avtomatik tarzda o'z holatini o'zgartiradi. Natijada ichki xonalarda ortiqcha qizib ketish kamayadi va tabiiy yoritish darajasi optimal holatda saqlanadi. Bunday yondashuv binoning sovutish yuklamasini kamaytirishga xizmat qiladi.

Loyihaning asosiy energiya manbalaridan biri sifatida tom qismiga yuqori samaradorlikka ega **fotovoltaik quyosh panellari** o'rnatilishi ko'zda tutilgan. Xususan, bifacial (ikki tomonlama nur qabul qiluvchi) va PERC texnologiyali panellar qo'llanilishi tavsiya etiladi. Bu texnologiyalar quyosh energiyasini elektr energiyasiga yuqori samaradorlikda aylantirib, bino ehtiyojlarining katta qismini mustaqil qoplash imkonini beradi. Shu orqali bino “energiya iste'molchisi”dan “energiya ishlab chiqaruvchi” tizimga aylanishi mumkin [14].

Bundan tashqari, tom yuzasida **sovuq tom (cool roof)** texnologiyasi qo'llaniladi. Ushbu tizim yuqori reflektivlikka ega maxsus qoplamalar orqali quyosh nurlarini qaytaradi va tomning qizib ketishini kamaytiradi. Natijada ichki binoga uzatiladigan issiqlik oqimi pasayadi hamda konditsioner tizimlariga bo'lgan talab kamayadi. Bu esa yoz mavsumida energiya sarfini sezilarli darajada optimallashtiradi.

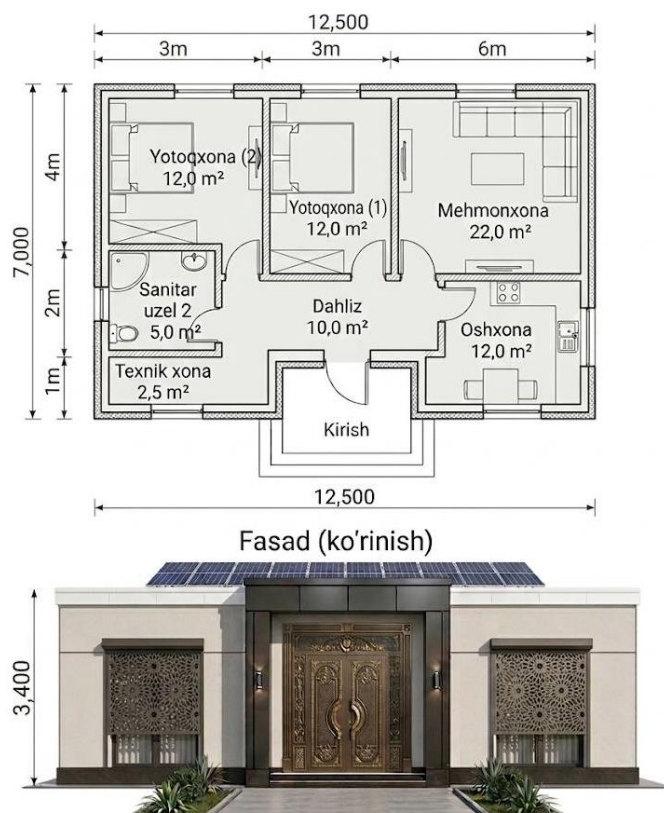




Mazkur texnologiyalar majmuasi Toshkent sharoitida bino energiya samaradorligini kompleks ravishda oshiradi: passiv himoya (cool roof), faol boshqaruv (kinetik fasad) va aktiv energiya ishlab chiqarish (quyosh panellari) bir tizimda uyg'unlashtiriladi [16].

Ilmiy jihatdan fotovoltaik tizimlarning samaradorligi va binolarga integratsiyasi bo'yicha bir qator tadqiqotlar mavjud bo'lib, ular ushbu yondashuvning yuqori iqtisodiy va ekologik foyda berishini tasdiqlaydi .

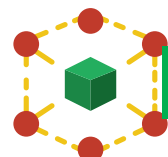
Ushbu loyiha zamonaviy arxitektura va raqamli qurilish texnologiyalarining uyg'un namunasi hisoblanadi. Model iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali yechim sifatida tavsiya etiladi hamda boshqa hududlarga moslashtirilishi mumkin.

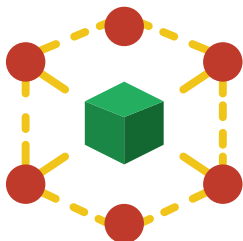


4-rasm. Toshkent shahri uchun chizilgan loyiha

Qurilish texnologiyasi va iqtisodiy samaradorlik

Tadqiqot natijalari 3D bosma texnologiyalar qurilish jarayonini sezilarli darajada jadallashtirish imkonini berishini ko'rsatdi [8]. Taklif etilgan texnologik modelga ko'ra, qurilish jarayoni uch asosiy bosqichda amalga oshiriladi: birinchi bosqichda poydevor tayyorlanadi va printer uskunalari o'rnatiladi, ikkinchi bosqichda asosiy devor konstruksiyalari 3D printer yordamida bosib chiqariladi, uchinchi bosqichda esa ichki pardoqlash hamda muhandislik kommunikatsiyalari montaji





bajariladi. Ushbu yondashuv an'anaviy qurilish usullariga nisbatan vaqtni sezilarli darajada qisqartiradi va qurilish jarayonining uzluksizligini ta'minlaydi.

3D bosma texnologiyaning muhim afzalliklaridan biri material sarfining aniq hisob-kitob asosida amalga oshirilishidir. Beton qorishmasi faqat zarur hajmda sarflanishi natijasida chiqindilar hajmi kamayadi hamda resurslardan samarali foydalanish imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, qurilish jarayonining avtomatlashtirilishi inson omiliga bog'liq xatolarni minimallashtirib, konstruksiyalarning aniqligi va sifat ko'rsatkichlarini oshiradi. Zamonaviy 3D printerlarning yuqori aniqlikda ishlashi murakkab geometrik shakllarni qisqa muddatda va sifatli bajarish imkonini beradi.

Tadqiqot davomida energiya samarador devor tizimlari va ko'p qatlamli konstruksiyalarning ekspluatatsion xarajatlarga ta'siri ham baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, issiqlik yo'qotilishini kamaytiruvchi konstruktiv qatlamlar binoning umumiy energiya sarfini sezilarli darajada optimallashtiradi. Hisob-kitoblarga ko'ra, energiya iste'moli an'anaviy uy-joylarga nisbatan 40–70 % gacha kamayishi mumkin. Bu esa uzoq muddatli ekspluatatsiya davrida iqtisodiy samaradorlikni oshiradi hamda aholining kommunal xarajatlarini qisqartirishga xizmat qiladi.

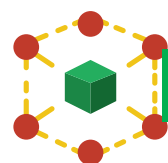
Texnologiyaning ekologik jihatlari ham tadqiqotda alohida e'tirof etildi. Qurilish chiqindilarining kamayishi va energiya sarfining optimallashtirilishi atmosferaga chiqariladigan zararli chiqindilar hajmini pasaytiradi. Kompakt rejalashtirish tamoyillari esa yer maydonidan oqilona foydalanish imkonini beradi. Shu bilan birga, energiya samarador uy-joylarning ekspluatatsiya davridagi uglerod izi an'anaviy binolarga nisbatan pastroq bo'lishi aniqlandi.

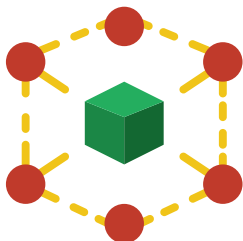
Umuman olganda, 3D bosma texnologiyalar asosida qurilgan energiya samarador uy-joylar iqtisodiy, ekologik va texnologik jihatdan istiqbolli yechim sifatida baholandi. Tadqiqot natijalari ushbu texnologiyalar kelgusida arzon, zamonaviy va energiya tejankor uy-joylarni ommaviy qurishda muhim o'rin egallashi mumkinligini ko'rsatadi.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijalari O'zbekistonning turli iqlimiy hududlari uchun ishlab chiqilgan 3D bosma uy-joy modellarining yuqori energiya samaradorlik ko'rsatkichlariga ega ekanligini ko'rsatdi. Har bir loyiha hududning tabiiy-iqlimiy sharoitlariga moslashtirilgan bo'lib, passiv sovutish va issiqlikni saqlash tamoyillariga asoslandi. Tadqiqot davomida qo'llanilgan konstruktiv va rejalashtirish yechimlari ichki mikroiklimni barqarorlashtirish hamda energiya sarfini kamaytirishga xizmat qilishi aniqlandi.

Nukus shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha cho'l iqlimiga mos ravishda dumaloq va kompakt shaklda loyihalashtirildi. Ushbu shakl shamol bosimini kamaytirish va issiqlik yo'qotilishini minimallashtirish imkonini berdi. Ko'p qatlamli devor tizimi, ichki hovli, "cool roof" texnologiyasi hamda kinetik quyoshdan himoya fasadi binoning passiv sovutish imkoniyatlarini sezilarli darajada oshirdi. Natijada yoz mavsumida ichki haroratni barqaror saqlash va konditsioner tizimlariga bo'lgan ehtiyojni kamaytirish imkoniyati yaratildi.





Samarqand shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha sharqona hovli arxitekturasini tamoyillariga asoslandi. Markaziy ichki hovli tabiiy ventilyatsiyani kuchaytirib, yoz oylarida sovutish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qildi. Gazobeton va ventilyatsion qatlamlardan tashkil topgan devor tizimi qishda issiqlikni ushlab qolish, yozda esa ortiqcha qizib ketishni cheklash imkonini berdi. Adaptiv fasad va kinetik quyoshdan himoya tizimlari ichki yorug'lik hamda issiqlik balansini optimallashtirib, energiya samaradorligini yanada oshirdi [15].

Farg'ona vodiysi uchun ishlab chiqilgan loyiha yuqori namlik va yopiq atmosfera sharoitlariga moslashtirildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, ventilyatsion fasad tizimlari va bug' to'sig'i membranalari devor konstruksiyalarida kondensatsiya hosil bo'lishining oldini olishda samarali natija ko'rsatdi. "Nafas oluvchi" ichki suvoq va ventilyatsion bo'shliqlar orqali tabiiy havo almashinuvi yaxshilandi. Shu bilan birga, adaptiv fasad tizimlari yordamida quyoshdan himoya va ventilyatsiya jarayonlarini birgalikda boshqarish imkoniyati yaratildi. Bu esa ichki mikroiklimni barqarorlashtirish bilan birga energiya sarfini kamaytirishga xizmat qildi.

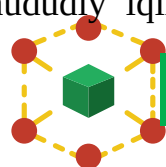
Toshkent shahri uchun ishlab chiqilgan loyiha universal energiya samarador model sifatida shakllantirildi. Tadqiqotda passiv va aktiv energiya tejovchi texnologiyalarni bir tizimda uyg'unlashtirish yuqori samaradorlik bergani aniqlandi. Kinetik quyoshdan himoya tizimi ichki xonalarning ortiqcha qizib ketishini kamaytirdi, "cool roof" qoplamasi esa tom yuzasining qizishini chekladi. Fotovoltaik quyosh panellarining integratsiyasi natijasida binoning energiya iste'molini qisman mustaqil qoplash imkoniyati yaratildi [14]. Ushbu texnologiyalar majmuasi binoning energiya balansini optimallashtirib, uni energiya iste'molchidan qisman energiya ishlab chiqaruvchi tizimga aylantirish imkonini berdi.

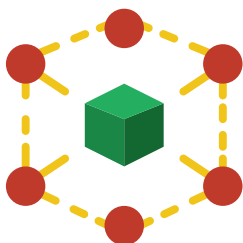
Qurilish texnologiyasi bo'yicha olib borilgan tahlillar 3D bosma texnologiyalar qurilish muddatini sezilarli qisqartirishini ko'rsatdi [8]. Tadqiqot doirasida taklif etilgan uch bosqichli qurilish modeli yordamida uylarni qisqa muddatda barpo etish mumkinligi aniqlandi. Material sarfining aniq hisob-kitob asosida amalga oshirilishi chiqindilar hajmini kamaytirib, iqtisodiy samaradorlikni oshirdi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, energiya sarfi an'anaviy uy-joylarga nisbatan 40–70 % gacha kamayishi mumkin.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari hududiy iqlimga moslashtirilgan 3D bosma uy-joylar ekologik, iqtisodiy va energiya samarador jihatdan istiqbolli yechim ekanligini ko'rsatdi. Qo'llanilgan adaptiv fasadlar, ventilyatsion tizimlar, "cool roof" texnologiyalari va quyosh panellari binolarning ekspluatatsion samaradorligini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Ushbu yondashuvlar kelgusida O'zbekiston hududlarida ommaviy energiya samarador uy-joylarni loyihalash va qurishda metodik asos sifatida qo'llanilishi mumkin.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, 3D bosma energiya samarador uylar O'zbekistonning turli hududlari uchun istiqbolli arxitektura-konstruktiv yechim hisoblanadi. Tadqiqot davomida hududiy iqlim





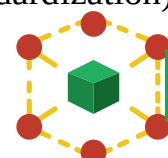
omillari asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Har bir loyiha hududning ekologik va meteorologik sharoitlariga moslashtirildi. Nukus modeli issiq va quruq iqlim uchun samarali natija ko'rsatdi. Samarqand modeli tabiiy shamollatish imkoniyatlarini kengaytirdi. Farg'ona modeli namlikdan himoyalovchi innovatsion tizimlarni taklif etdi. Toshkent modeli esa universal va ko'p funksiyali yechim sifatida tavsiflandi.

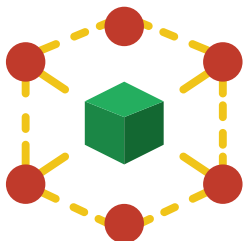
Energiya samarador konstruktiv qatlamlar issiqlik yo'qotilishini kamaytirishga xizmat qildi. Tabiiy shamollatish tizimlari ichki mikroiklim sifatini yaxshiladi. 3D bosma texnologiyalar qurilish muddatlarini sezilarli darajada qisqartirdi. Material sarfining kamayishi iqtisodiy samaradorlikni oshirdi. Qurilishdagi avtomatlashtirish inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirdi. Loyihalar ekologik barqarorlik talablariga mos ravishda ishlab chiqildi. Xalqaro standartlarga mos yondashuvlar ilmiy asoslangan natijalarni ta'minladi.

Tadqiqot natijalari 3D bosma uylarning amaliy ahamiyatini tasdiqladi. Ushbu texnologiyalar kelajakda arzon uy-joylar qurilishida muhim o'rin egallashi mumkin. Ayniqsa, energiya resurslarini tejash masalasi dolzarb bo'lib qolmoqda. Shuning uchun energiya samarador arxitektura yechimlariga talab ortib bormoqda. 3D bosma texnologiyalar zamonaviy qurilishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Kelgusida ushbu sohada qo'shimcha ilmiy tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment.
2. Buswell R.A., Soar R.C., Gibb A.G.F. 3D Printing Using Concrete Extrusion. Automation in Construction, 2018.
3. Smith P. Architecture in a Climate of Change. Routledge, London, 2015.
4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. Wiley Publishing, 2018.
5. ISO 6946:2017. Building components and building elements — Thermal resistance.
6. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment.
7. ISO 52000-1:2017. Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment.
8. Khoshnevis B. Automated Construction by Contour Crafting. Journal of Automation in Construction, 2014.
9. Le T.T., Austin S.A., Lim S. et al. Mix Design and Fresh Properties for High-Performance Printing Concrete. Materials and Structures, 2012.
10. Gosselin C., Duballet R., Roux P. Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete. Construction and Building Materials, 2016.
11. Ashrae Handbook Fundamentals. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2021.
12. O'zbekiston Respublikasi Qurilish me'yorlari va qoidalari (KMK/SHNQ) to'plami.
13. EN 13830: Curtain walling — Product standard (European Committee for Standardization)





14. Kalogirou, S.A. "Solar energy engineering: processes and systems", Academic Press, 2014.
15. Loonen, R. C. G. M., Trčka, M., Cóstola, D., Hensen, J. L. M. (2013). *Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, 483–493.
16. Пирматов Р.Х., Обухов С.С. «Объемно-планировочное решение энергоэффективного жилого дома для города Ташкента» Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте. 2017, 67-68.

