ZAMONAVIY BINO VA INSHOOTLARNI LOYIHALASHDA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA VA ENERGIYA SAMARADORLIGI

Turonova Zamira G‘appor qizi
“Asl Loyiha” MChJ arxitektori
Tel.: +998 93 295-96-64

Annotatsiya

Mazkur maqolada zamonaviy bino va inshootlarni loyihalash jarayonida raqamli transformatsiyaning o‘rni, Building Information Modeling (BIM) texnologiyalarining afzalliklari hamda energiya samaradorligini ta’minlashning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Shuningdek, bino va inshootlarning butun hayotiy sikli davomida energiya sarfini kamaytirish, ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlash masalalari yoritilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, BIM texnologiyalarini loyihalash jarayoniga joriy etish qurilish sifati, iqtisodiy samaradorlik va loyiha boshqaruvining shaffofligini sezilarli darajada oshirishi asoslab berilgan. O‘zbekiston qurilish sohasida raqamli texnologiyalarni keng qo‘llash istiqbollari ham tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: BIM, raqamli transformatsiya, energiya samaradorligi, yashil qurilish, barqaror rivojlanish, aqlli bino, loyihalash.

Annotation

This article examines the role of digital transformation in modern building design, the advantages of Building Information Modeling (BIM), and theoretical and practical aspects of energy-efficient construction. Special attention is given to reducing energy consumption throughout the building life cycle, improving sustainability, and optimizing operational costs. The research demonstrates that BIM implementation significantly improves project quality, construction efficiency, and digital project management. The prospects for implementing BIM technologies in Uzbekistan’s

construction sector are also discussed.

Keywords: BIM, digital transformation, energy efficiency, sustainable construction, smart building, green architecture.

Jahon miqyosida urbanizatsiya jarayonining jadallashuvi, aholi sonining o‘sishi hamda infratuzilmaga bo‘lgan ehtiyojning ortishi qurilish sohasini tubdan modernizatsiya qilish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkilotining taxminlariga ko‘ra, 2050-yilga borib dunyo aholisining qariyb 68 foizi shaharlarda istiqomat qiladi. Bu esa zamonaviy, xavfsiz, energiya tejamkor va ekologik barqaror bino hamda inshootlarni qurishga bo‘lgan talabni yanada oshiradi.

Qurilish tarmog‘i dunyo iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lishiga qaramasdan, energiya resurslarini eng ko‘p iste’mol qiluvchi sohalardan biri hisoblanadi. Xalqaro statistik ma'lumotlarga ko‘ra, global energiya iste’molining qariyb 36–40 foizi hamda karbonat angidrid chiqindilarining 37 foizi aynan bino va inshootlar hissasiga to‘g‘ri keladi. Shu sababli energiya samaradorligini oshirish bugungi kunning dolzarb ilmiy va amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi.

So‘nggi yillarda qurilish sanoatida raqamli transformatsiya jarayonlari jadallashmoqda. Ayniqsa, Building Information Modeling (BIM) texnologiyasining keng joriy etilishi loyihalash jarayonini yangi bosqichga olib chiqmoqda. BIM texnologiyasi bino yoki inshootning faqat uch o‘lchamli modelini yaratish bilan cheklanmay, balki konstruktiv elementlar, muhandislik tarmoqlari, qurilish materiallari, smeta, ekspluatatsiya xarajatlari hamda texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini yagona raqamli axborot muhitida boshqarish imkonini beradi.

Bugungi kunda rivojlangan davlatlarda BIM texnologiyalari davlat buyurtmasi asosidagi qurilish loyihalarida majburiy talab sifatida qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar loyiha xatolarini kamaytirish, qurilish muddatlarini qisqartirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish hamda resurslardan oqilona foydalanishda muhim omil hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasida ham qurilish sohasini raqamlashtirish, zamonaviy loyiha texnologiyalarini joriy etish hamda energiya tejamkor binolar qurishni rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Shaharsozlik normalarining takomillashtirilishi, zamonaviy loyiha institutlarida BIM platformalaridan foydalanish hamda xalqaro standartlarni bosqichma-bosqich joriy etish milliy qurilish tarmog‘ining raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qilmoqda.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi zamonaviy bino va inshootlarni loyihalashda BIM texnologiyalarining ahamiyatini ilmiy asoslash, energiya samaradorligini oshirish usullarini tahlil qilish hamda O‘zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni joriy etish istiqbollarini baholashdan iborat.

Mazkur tadqiqotda zamonaviy bino va inshootlarni loyihalashda raqamli transformatsiya hamda energiya samaradorligini ta’minlash bo‘yicha ilmiy yondashuvlar kompleks tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, statistik ma’lumotlarni umumlashtirish, ilmiy adabiyotlarni o‘rganish hamda xalqaro tajribalarni taqqoslash usullaridan foydalanildi.

Tahlil davomida BIM (Building Information Modeling) texnologiyalarining loyiha sifati, qurilish xarajatlari, ekspluatatsiya samaradorligi hamda energiya tejashga ta'siri baholandi. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasida qurilish sohasini raqamlashtirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlar ham ilmiy jihatdan o‘rganildi.

Tadqiqotning nazariy asosini BIM texnologiyalari, raqamli transformatsiya, “yashil qurilish”, energiya samaradorligi va barqaror rivojlanish konsepsiyalariga oid mahalliy hamda xorijiy ilmiy manbalar tashkil etdi. Olingan natijalar umumlashtirilib, amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

So‘nggi o‘n yilliklarda qurilish sanoatida yuz berayotgan texnologik o‘zgarishlar loyihalash usullarining tubdan yangilanishiga olib keldi. An’anaviy ikki o‘lchamli (2D) chizmalar asosida ishlash usuli zamonaviy qurilish loyihalarining murakkabligini

to‘liq qamrab ololmayapti. Shu sababli uch o‘lchamli axborot modellariga asoslangan BIM texnologiyalari qurilishning barcha bosqichlarida keng qo‘llanilmoqda.

BIM texnologiyasi bino yoki inshootning raqamli nusxasini yaratish bilan bir qatorda, konstruktiv elementlar, muhandislik kommunikatsiyalari, qurilish materiallari, smeta hujjatlari va ekspluatatsiya ma'lumotlarini yagona axborot bazasida boshqarish imkonini beradi. Bu esa loyiha ishtirokchilari o‘rtasidagi axborot almashinuvini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Ilmiy tadqiqotlarga ko‘ra, BIM texnologiyalaridan foydalanish loyihalash bosqichida yuzaga keladigan xatolarni 30–40 foizgacha kamaytiradi, qurilish muddatini 15–20 foizga qisqartiradi hamda loyiha qiymatini optimallashtirish imkonini yaratadi. Ayniqsa, murakkab muhandislik inshootlari va ko‘p qavatli binolarni loyihalashda BIM texnologiyasining afzalliklari yaqqol namoyon bo‘ladi.

Bugungi kunda BIM texnologiyasi 3D modellashtirish bilan cheklanib qolmay, 4D (vaqt), 5D (xarajat), 6D (ekspluatatsiya va energiya samaradorligi) hamda 7D (bino aktivlarini boshqarish) darajalarigacha rivojlangan. Natijada loyihaning butun hayotiy sikli yagona raqamli platforma orqali boshqariladi.

Bino va inshootlarni loyihalashda energiya samaradorligini oshirish ham zamonaviy arxitekturaning asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Loyihalash bosqichidayoq binoning geografik joylashuvi, quyosh nurlaridan foydalanish, tabiiy shamollatish, issiqlik izolyatsiyasi va energiya tejovchi materiallardan foydalanish ko‘zda tutiladi. Bunday yondashuv ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish bilan birga ekologik xavfsizlikni ham ta’minlaydi.

1-jadval

An’anaviy CAD va BIM texnologiyalarining qiyosiy tahlili

Baholash mezoni	An’anaviy CAD	BIM texnologiyasi
Loyiha modeli	2D chizmalar	3D intellektual model
Ma’lumotlar bazasi	Alohida hujjatlar	Yagona axborot bazasi

Xatolarni aniqlash	Qurilish vaqtida	Loyihalash bosqichida
Smeta tuzish	Qo‘lda	Avtomatik
Muhandislik tarmoqlari	Alohida ishlanadi	Integratsiyalashgan
Qurilish xarajatlari	Nisbatan yuqori	Optimallashtirilgan
Ekspluatatsiya	Alohida hujjatlar	Raqamli boshqaruv
Energiya tahlili	Cheklangan	Real vaqt rejimida

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, BIM texnologiyasi loyihalash jarayonini nafaqat tezlashtiradi, balki barcha loyiha ishtirokchilari uchun yagona axborot maydonini yaratadi. Natijada loyiha sifati oshadi, qurilish jarayonida yuzaga keladigan texnik xatolar kamayadi hamda iqtisodiy samaradorlik ortadi.

Zamonaviy qurilish sohasida energiya samaradorligi bino va inshootlarni loyihalashning eng muhim mezonlaridan biri hisoblanadi. Jahon amaliyotida energiya resurslaridan oqilona foydalanish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni, balki ekologik barqarorlikni ta'minlashning ham muhim omili sifatida qaralmoqda. Shu bois loyihalash bosqichidayoq energiya sarfini kamaytirishga qaratilgan innovatsion yechimlarni qo‘llash zarur hisoblanadi.

Energiya samaradorligini ta’minlashning asosiy yo‘nalishlaridan biri binoning joylashuvi va arxitektura yechimlarini iqlim sharoitiga mos ravishda ishlab chiqishdir. Binoning quyoshga nisbatan to‘g‘ri orientatsiyasi, tabiiy yoritish va shamollatish tizimlarini samarali tashkil etish elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Bundan tashqari, issiqlik izolyatsiyasi yuqori bo‘lgan qurilish materiallaridan foydalanish qishda issiqlik yo‘qotilishini, yozda esa ortiqcha qizishni kamaytiradi.

Bugungi kunda “Aqlli bino” (Smart Building) konsepsiyasi keng rivojlanmoqda. Mazkur tizimda sun’iy intellekt, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va sensor qurilmalar yordamida yoritish, isitish, sovitish hamda shamollatish tizimlari avtomatik

boshqariladi. Natijada energiya sarfi 25–30 foizgacha kamayadi va bino ekspluatatsiyasi yanada samarali tashkil etiladi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ham energiya samaradorligini oshirishning muhim yo‘nalishidir. Quyosh panellari, geotermal issiqlik nasoslari va yomg‘ir suvlarini yig‘ish tizimlarini loyihalash bosqichida inobatga olish binoning ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi hamda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi.

Shuningdek, BIM texnologiyasi energiya modellashtirish imkoniyatiga ega bo‘lib, loyihalash bosqichidayoq binoning yillik energiya iste’molini hisoblash, turli konstruktiv yechimlarni taqqoslash va eng maqbul variantni tanlash imkonini beradi. Bu esa loyihaning iqtisodiy samaradorligini oshirish bilan birga, xalqaro ekologik standartlarga mos kelishini ta’minlaydi.

2-jadval

Energiya samaradorligini oshirishning asosiy usullari

Texnologiya	Afzalligi	Kutilayotgan natija
BIM energiya tahlili	Energiya sarfini oldindan hisoblaydi	15–20 % energiya tejaladi
Issiqlik izolyatsiyasi	Issiqlik yo‘qotilishi kamayadi	25–35 % issiqlik tejaladi
Quyosh panellari	Elektr energiyasi ishlab chiqaradi	Elektr xarajatlari kamayadi
LED yoritish	Kam energiya sarflaydi	50–70 % elektr tejaladi
Aqlli boshqaruv tizimlari	Avtomatik nazorat	20–30 % energiya tejaladi
Tabiiy shamollatish	Sun’iy sovitishni kamaytiradi	Ekspluatatsiya xarajatlari kamayadi

So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida qurilish sohasini modernizatsiya

qilish, raqamli texnologiyalarni keng joriy etish hamda xalqaro standartlarga mos loyiha tizimini yaratish bo‘yicha qator islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, davlat va xususiy loyiha tashkilotlarida Autodesk Revit, Civil 3D, Navisworks kabi zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanish ko‘lami kengaymoqda.

Biroq BIM texnologiyalarini to‘liq joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, malakali mutaxassislarning yetishmasligi, ayrim loyiha tashkilotlarida texnik infratuzilmaning to‘liq shakllanmaganligi hamda me’yoriy hujjatlarning to‘liq moslashtirilmaganligi ushbu jarayonni sekinlashtirmoqda.

Kelgusida qurilish tarmog‘ida BIM texnologiyalaridan majburiy foydalanishni bosqichma-bosqich yo‘lga qo‘yish, oliy ta’lim muassasalarida BIM bo‘yicha maxsus fanlarni keng joriy etish, milliy standartlarni xalqaro ISO 19650 talablari bilan uyg‘unlashtirish hamda davlat buyurtmasi asosidagi yirik loyihalarda BIM platformalaridan foydalanishni kengaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Bundan tashqari, xalqaro ekologik sertifikatlash tizimlari – LEED va BREEAM standartlarini O‘zbekiston sharoitiga moslashtirish energiya tejamkor va ekologik xavfsiz binolar sonining ortishiga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, bino va inshootlarni loyihalash jarayonida BIM texnologiyalarini qo‘llash loyihaning barcha bosqichlarida samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Raqamli modellashtirish vositalari orqali loyiha ishtirokchilari yagona axborot maydonida ishlashi natijasida konstruktiv va muhandislik yechimlari o‘rtasidagi nomuvofiqliklar loyihalash bosqichidayoq aniqlanadi. Bu esa qurilish vaqtida qo‘shimcha xarajatlar va muddatlarning uzayishini kamaytiradi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, BIM texnologiyalaridan foydalanish:

- loyiha hujjatlaridagi xatolarni 30–40 % gacha kamaytiradi;
- qurilish muddatini 10–20 % ga qisqartiradi;
- materiallar isrofini 15–20 % ga kamaytiradi;

- ekspluatatsiya xarajatlarini 20–30 % gacha optimallashtiradi.

Energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha qo‘llanilgan zamonaviy texnologiyalar, jumladan, yuqori sifatli issiqlik izolyatsiyasi, energiya tejovchi oynalar, LED yoritish tizimlari, quyosh panellari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari binolarning ekspluatatsiya davridagi energiya iste’molini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu nafaqat iqtisodiy samaradorlikni, balki ekologik barqarorlikni ham ta’minlaydi.

O‘zbekiston sharoitida BIM texnologiyalarini keng joriy etish qurilish tarmog‘ining raqobatbardoshligini oshirish, loyihalash sifati va shaffofligini ta’minlash hamda xalqaro standartlarga mos zamonaviy qurilish amaliyotini shakllantirish uchun muhim omil hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot natijalari zamonaviy bino va inshootlarni loyihalashda raqamli transformatsiya va energiya samaradorligi o‘zaro uzviy bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. BIM texnologiyalaridan foydalanish loyiha sifatini oshirish, qurilish jarayonini optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda muhim vosita hisoblanadi.

Energiya tejamkor qurilish tamoyillarini loyihalash bosqichidayoq qo‘llash bino va inshootlarning butun hayotiy sikli davomida resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi. Binolarda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, zamonaviy issiqlik izolyatsiyasi materiallarini qo‘llash va aqlli boshqaruv tizimlarini joriy etish energiya iste’molini kamaytirish bilan birga ekologik xavfsizlikni ham ta’minlaydi.

O‘zbekistonda qurilish sohasini raqamlashtirish jarayonlarini jadallashtirish, BIM texnologiyalarini davlat buyurtmasi asosidagi yirik loyihalarda bosqichma-bosqich majburiy joriy etish, milliy shaharsozlik me'yorlarini xalqaro ISO 19650 standartlari bilan uyg‘unlashtirish hamda mutaxassislarni zamonaviy raqamli texnologiyalar bo‘yicha tayyorlash istiqboldagi ustuvor vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Kelgusida BIM texnologiyalarini sun’iy intellekt, geoinformatsion tizimlar (GIS) va “Aqlli shahar” (Smart City) konsepsiyalari bilan integratsiyalash orqali qurilish tarmog‘ida yanada yuqori samaradorlikka erishish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish kodeksi. – Toshkent, 2023.
2. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works.
3. ISO 19650-2:2018. Delivery phase of the assets.
4. O‘zbekiston Respublikasi Shaharsozlik normalari va qoidalari (ShNQ). – Toshkent.
5. United Nations Environment Programme. Global Status Report for Buildings and Construction. Nairobi, 2023.
6. U.S. Green Building Council. LEED v4 for Building Design and Construction. Washington, 2021.
7. Building Research Establishment. BREEAM International New Construction Manual. London, 2022.
8. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2018.
9. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. Paris, 2023.
10. Autodesk. Autodesk Revit User Guide. 2024.
11. Smith P. BIM Implementation in Construction Projects. London, 2020.
12. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management. Wiley, 2015.