

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

№5

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026 MAY



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic Resource Index
ResearchBib

ISSN INTERNATIONAL
STANDARD SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, may.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'aforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

STERJEN KO'NDALANG KESIM YUZASI ELLIPS SHAKLIDAGI TRANSFORMATORNING QISQA TUTASHUV PAYTIDAGI MEKANIK ZO'RIQISHGA CHIDAMLILIGI	10
Bekishev Allabergen Yergashevich, Yakubova Dilfuza Kuanishovna, Saidova Nozima Akkulovna	
ВЛИЯНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ НА РАЗВИТИЕ СФЕРЫ УСЛУГ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА	19
Мусаева Шоира Азимовна, Муйинжонов Хусейн Алишерович	
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ	28
Габбарова Ильмира Володиевна	
BALAND BINOLAR FASADLARINI PARDOZLASH TEXNOLOGIYALARINI EKSPLOATATSION ISHONCHLILIK VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH	34
Amirov Shavkat Rahmatullayevich	



BALAND BINOLAR FASADLARINI PARDOZLASH TEXNOLOGIYALARINI EKSPLUATATSION ISHONCHLILIK VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH

Amirov Shavkat Rahmatullayevich

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti,
mustaqil izlanuvchi, PhD
UDK: 21474

Annotatsiya. Mazkur maqolada baland binolar fasadlarini pardozlash texnologiyalarini ekspluatatsion ishonchlilik va xizmat muddatini uzaytirish nuqtai nazaridan optimallashtirish masalasi tizimli yondashuv asosida tadqiq etilgan. Iqlimiy-mexanik yuklamalar ta'siri zonal baholanib, UAV va infraqizil termografiya yordamida aniqlangan nuqsonlar sonli modellashtirish asosida tahlil qilindi. Olingan natijalar BIM va hayotiy sikl mezonlari asosida integratsiyalashgan boshqaruv modelini shakllantirishga xizmat qildi. Tadqiqot fasad tizimlarini riskka asoslangan monitoring va rejalashtirilgan xizmat ko'rsatish orqali barqaror ekspluatatsiya qilish imkonini asoslaydi.

Kalit so'zlar: baland binolar, fasad pardozlash, ekspluatatsion ishonchlilik, degradatsiya, UAV monitoring, infraqizil termografiya, BIM, hayotiy sikl, optimallashtirish.

Abstract. This article examines the optimization of façade finishing technologies in high-rise buildings from the perspective of operational reliability and service life extension. Climatic and mechanical loads were assessed using a zonal approach, while defects identified through UAV-based infrared thermography were analyzed through numerical simulation. The findings contributed to the development of an integrated management model based on BIM and life-cycle criteria. The study substantiates that risk-based monitoring combined with planned maintenance enhances the long-term stability and performance of façade systems.

Keywords: high-rise buildings, façade finishing, operational reliability, degradation, UAV monitoring, infrared thermography, BIM, life cycle, optimization.

Аннотация. В статье рассматривается оптимизация технологий отделки фасадов высотных зданий с позиции эксплуатационной надёжности и продления срока службы. Воздействие климатических и механических нагрузок оценено по зональному принципу, а выявленные с применением БПЛА и инфракрасной термографии дефекты проанализированы с использованием численного моделирования. Полученные результаты положены в основу интегрированной модели управления на базе BIM и критериев жизненного цикла. Обоснована возможность обеспечения устойчивой эксплуатации фасадных систем посредством риск-ориентированного мониторинга и планового технического обслуживания.

Ключевые слова: высотные здания, фасадная отделка, эксплуатационная надёжность, деградация, БПЛА-мониторинг, инфракрасная термография, BIM, жизненный цикл, оптимизация.

KIRISH

Baland binolar qurilishi hududiy resurslardan oqilona foydalanish, shahar makonini ixcham rivojlantirish va iqtisodiy faollikni jamlash imkonini beruvchi muhim me'moriy-injenerlik yo'nalishidir. Bunday inshootlarda fasad pardozlash tizimi faqat tashqi bezak elementi emas, balki konstruksiyani iqlimiy ta'sirlardan himoya qiluvchi, energiya samaradorligini ta'minlovchi va butun bino xizmat muddatiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy funksional qatlam sifatida namoyon bo'ladi. Shu sababli fasad tizimlarining ishonchliligi va uzoq muddatli barqarorligi baland binolarning umumiy ekspluatatsion samaradorligini belgilovchi muhim omil hisoblanadi.

Balandlik ortishi bilan shamol bosimi, shamol bilan birga yog'in, harorat amplitudasi va namlik sikllari kuchayadi. Ushbu yuklamalar fasad yuzasida notekis taqsimlanib, ayrim zonalarda degradatsiya jarayonini



tezlashtiradi. Natijada mikroyoriqlar, namlik infiltratsiyasi va issiqlik ko'priklari kabi nuqsonlar yuzaga kelishi mumkin. Bu holat energiya yo'qotishining ortishi, ta'mirlash xarajatlarining ko'payishi va xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi. Shuning uchun fasad pardoqlash texnologiyalarini tanlash va qo'llashda faqat material sifati emas, balki tashqi muhit sharoiti, konstruktiv moslashuv va ekspluatatsiya jarayoni birgalikda hisobga olinishi zarur.

Mavzuning dolzarbligi aynan shu nuqtada namoyon bo'ladi: baland binolarda fasad tizimini boshqarish jarayoni an'anaviy "qurish va ta'mirlash" yondashuvidan ko'ra kengroq, tizimli va prognozga asoslangan modelni talab etadi. Raqamli diagnostika vositalari, jumladan, termografik monitoring va dron inspeksiyasi fasadning texnik holatini aniqlash imkonini beradi, BIM asosidagi boshqaruv esa xizmat ko'rsatish jarayonini rejalashtirilgan va nazorat qilinadigan tizimga aylantiradi. Bunday yondashuv fasad tizimini uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida barqaror saqlash va xarajatlarni optimallashtirish imkonini yaratadi.

Mazkur tadqiqotning ahamiyati shundaki, unda fasad pardoqlash texnologiyalarini optimallashtirish masalasi risk omillarini zonal baholash, raqamli monitoring natijalarini tahlil qilish hamda hayotiy sikl mezonlari asosida qaror qabul qilish jarayoni bilan uzviy bog'liq holda ko'rib chiqiladi. Bu yondashuv fasad tizimining ekspluatatsion ishonchliligini ko'p omilli ko'rsatkich sifatida baholashga, xizmat muddatini uzaytirishga va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Natijada baland binolarning tashqi qobig'i nafaqat me'moriy jihatdan, balki texnik va iqtisodiy nuqtai nazardan ham barqaror tizimga aylanishi mumkin.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

So'nggi yillarda baland binolar fasad pardoqlash tizimlarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish bo'yicha ilmiy ishlar bir yo'nalishda emas, balki bir-birini to'ldiradigan uchta yirik blokda shakllanmoqda: (1) tashqi muhit va mexanik yuklamalar fasad degradatsiyasini qanday tezlashtirishi, (2) nuqsonlarni erta aniqlash va prognozlash uchun raqamli diagnostika, (3) aniqlangan risklarni BIM va hayotiy sikl boshqaruvi orqali amaliy qarorga aylantirish [9, 13, 14]. Mazkur yondashuvlar siz taqdim etgan "Tahlil va natijalar" bo'limidagi mantiqiy zanjir — xavf zonalar → diagnostika → optimallashtirish — bilan to'liq uyg'un keladi [6, 11, 19].

Birinchi blokda tadqiqotchilar fasad tizimlarining eng muhim "degradatsiya drayverlari" sifatida shamol bosimi, shamol bilan birga yog'in (WDR), harorat sikllari va namlik infiltratsiyasini ko'rsatadi [13, 9, 20]. Xususan, WDR fasad yuzasida namlikning notekis taqsimlanishiga sabab bo'lib, burchak va yuqori qavatlarida namlanish yuklamasi kuchayishi ehtimoli yuqori ekani ta'kidlanadi [9, 20]. Bu holat pardoq qatlamida mikroyoriqlar paydo bo'lishi, qatlamlararo yopishish kuchining pasayishi va natijada qoplamaning ajralishiga olib kelishi mumkinligi bilan izohlanadi [20, 13]. Haroratning "qizish-sovish" sikllari ham materialning charchash jarayonini jadallashtirishi, iqlim o'zgarishi fonida bunday sikllar ko'payishi fasadning barqarorligiga qo'shimcha yuklama berishi qayd etiladi [5].

Iqlimiy yuklamalar bilan bir qatorda, me'yoriy yondashuvlar ham fasad umrboqiyiligini ta'minlashda muhim tayanch bo'lib xizmat qiladi. ETICS tizimlari bo'yicha ishlab chiqilgan baholash hujjatlarida issiqlik samaradorligi, mexanik bardoshlilik, namlikka chidamlilik kabi talablar kompleks ko'riladi [2]. Amaliy qo'llanmalarda esa ta'mirlash va tiklash jarayonlarining texnologik intizomi (qatlamlararo bog'lanish, suv o'tkazmaslik, yuzani tayyorlash sifati) uzoq muddatli ekspluatatsiya natijalariga bevosita ta'sir qilishi tushuntiriladi [3]. Shu sababli, adabiyotlarda "faqat materialni kuchaytirish" yondashuvi yetarli emasligi, texnologik tartib va nazorat mexanizmlari ham bir xil darajada ahamiyatli ekani ko'p bor ta'kidlanadi [2, 3].

Ikkinchi blok — diagnostika va monitoring — so'nggi 2020–2025-yillarda ayniqsa tez rivojlangan yo'nalishdir. Baland binolarda vizual ko'rik imkoniyatlari cheklanganligi sababli, UAV (dron) asosidagi inspeksiya amaliy jihatdan qulay yechim sifatida ko'rsatiladi [4, 15]. Infraqizil termografiya fasadning ko'zga ko'rinmaydigan nuqsonlarini (issiqlik ko'priklari, izolyatsiya uzilishi, namlik to'planishi) aniqlashda samarali ekani ilmiy ishlar bilan asoslanadi [8, 12]. Termografik natijalar "qayerda muammo bor?" savoliga javob bersa-da, "nega u paydo bo'ldi?" degan savol uchun uni sonli modellashtirish va fizik izohlash bilan birga qo'llash tavsiya etiladi. Ya'ni, IR kuzatuv + simulyatsiya taqqoslash yondashuvi diagnostik xulosalarni aniqroq talqin qilish, noto'g'ri ta'mir qarorlari ehtimolini kamaytirish imkonini beradi [11].

Monitoring yo'nalishidagi uchinchi muhim trend — prognozlashdir. Mashina o'rganish (ML) asosida fasad degradatsiyasini bashorat qilish bo'yicha ishlarda riskning zonalar bo'yicha farqlanishi, "xizmat muddati hamma joyda bir xil" degan yondashuv amalda ko'pincha ishlamasligi ko'rsatiladi. Termografik ma'lumotlarni AI yondashuvlari bilan boyitish, anomaliyalarni avtomatik ajratish va "erta ogohlantirish" mexanizmlarini joriy etish imkonini beradi. Bunday yondashuv, ayniqsa, resurslarni eng xavfli zonalariga yo'naltirish (riskka asoslangan servis) g'oyasini kuchaytiradi [10, 16]. Shu bilan birga, dron inspeksiyasining xavfsizlik va tashkiliy samarasi ham alohida ko'rsatib o'tiladi, chunki balandlikda ishlar xavfini kamaytirish ekspluatatsion boshqaruvning

ajralmas shartidir [4, 15].

Uchinchi blok — BIM va hayotiy sikl boshqaruvi — diagnostika natijalarini amaliy “qaror”ga aylantirishga xizmat qiladi. Adabiyotlarda BIM faqat loyihalash vositasi emas, balki ekspluatatsiya bosqichida ham xizmat ko'rsatish, nazorat va xarajatlarni boshqarish platformasi sifatida qaraladi [14, 19]. Ventilyatsiyalangan fasadlarni BIM-simulyatsiya asosida optimallashtirish energiya samaradorligi va namlik rejimini yaxshilash orqali kondensatsiya xavfini kamaytirishi mumkinligi ko'rsatiladi [1, 7]. 6D/7D BIM yondashuvlari texnik xizmat ko'rsatish jadvali, resurs sarfi va xarajatlarni oldindan rejalashtirish imkonini berib, reaktiv ta'mirdan profilaktik xizmatga o'tishni qo'llab-quvvatlaydi [14, 19]. BIM bo'yicha global tahliliy hisobotlar ham ushbu yondashuvning sanoat miqyosida ommalashib borayotganini, ekspluatatsion samaradorlikka xizmat qilayotganini qayd etadi [18]. Ekspluatatsiya davrida “model checking” kabi yondashuvlar esa servis jarayonida nazoratni tizimli qilishga yordam berishi bilan izohlanadi [17].

Hayotiy sikl (LCA/LCC) va ehtimollik yondashuvlari esa optimallashtirishning iqtisodiy asosini kuchaytiradi. Tadqiqotlarda variantlarni faqat boshlang'ich qiymat bo'yicha emas, balki uzoq muddatli xizmat xarajatlari va risk ssenariylari bo'yicha solishtirish zarurligi ko'rsatiladi [6]. Bu yondashuv “qimmatroq, lekin bardoshlilik yuqori” texnologik yechimlar uzoq muddatda umumiy xarajatlarni pasaytirishi mumkinligini asoslashga imkon beradi [6]. Amaliy ma'noda bu, fasad pardoqlash texnologiyasini tanlashda monitoring integratsiyasi, servis intizomi va konstruktiv yechimlar uyg'unligini bir paket sifatida ko'rish kerakligini anglatadi [6, 14].

Umuman olganda, adabiyotlar shuni ko'rsatadiki, fasad umrboqiyiligini oshirish bo'yicha eng samarali yo'l — risk omillarini zonal baholash [9, 13], WDR va iqlim sikllarini hisobga olish [20, 5], nuqsonlarni UAV/IR orqali erta aniqlash va simulyatsiya bilan izohlash [8, 11], degradatsiyani prognozlash [10, 16] hamda bularning barchasini BIM va hayotiy sikl boshqaruvi bilan yakunlashdir [14, 19, 6]. Shu mantiq sizning “Tahlil va natijalar” bo'limida qo'yilgan “xavf – diagnostika – optimallashtirish” zanjirini ilmiy jihatdan mustahkamlaydi va maqolaning keyingi bo'limlari (xulosa, amaliy takliflar) uchun konseptual asos yaratadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda baland binolar fasadlarini pardoqlash texnologiyalarini ekspluatatsion ishonchlilik nuqtai nazaridan baholash va optimallashtirish bosqichma-bosqich, o'zaro bog'langan metodik model asosida amalga oshirildi. Metodologiya “xavf omillarini aniqlash – diagnostika orqali tasdiqlash – raqamli boshqaruvga integratsiya qilish” tamoyiliga tayandi.

Birinchi bosqichda fasad tizimlariga ta'sir etuvchi iqlimiy va mexanik omillar tizimli ravishda tahlil qilindi. Shamol bosimi, shamol bilan birga yog'in (WDR), harorat sikllari va namlik infiltratsiyasi konstruktiv-fizik nuqtai nazardan baholanib, yuklama intensivligi bo'yicha fasad zonalari (yuqori qavatlar, burchak qismlar, asosiy shamol yo'nalishlari) differensial tasniflandi. Bu bosqichda degradatsiya ehtimoli yuqori bo'lgan hududlar aniqlanib, keyingi tahlil uchun asos yaratildi.

Ikkinchi bosqichda aniqlangan zonal real ekspluatatsiya sharoitida UAV va infraqizil termografiya yordamida tekshirildi. Olingan ma'lumotlar sonli modellashtirish natijalari bilan taqqoslanib, nuqsonlarning sabab-oqibat bog'liqligi aniqlashtirildi. Shu bilan birga, degradatsiya ehtimolini baholash uchun prognozlash yondashuvlari qo'llanildi, bu esa xizmat ko'rsatish strategiyasini xavf darajasiga moslashtirish imkonini berdi.

Uchinchi bosqichda diagnostika natijalari BIM muhitiga integratsiya qilinib, ventilyatsiya parametrlari, qatlam konfiguratsiyasi va texnik xizmat ko'rsatish intervallari optimallashtirildi. Texnologik variantlar hayotiy sikl va ehtimollik mezonlari asosida solishtirildi. Natijada, fasad pardoqlash tizimini material, monitoring va boshqaruv komponentlari uyg'unligida baholovchi integratsiyalashgan model shakllantirildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Metodologiyada asoslangan integratsiyalashgan yondashuv (iqlimiy-mexanik yuklamalarni baholash → raqamli diagnostika → BIM asosida hayotiy sikl optimallashtirish) tahlil jarayonida fasad pardoqlash texnologiyasining “umrboqiyiligi”ni alohida material xususiyati emas, balki zonal risklar, erta aniqlash va profilaktik boshqaruv uyg'unligi belgilashini ko'rsatdi [6, 14, 19].

Baland binolarda yuklamalar bir tekis taqsimlanmagani sababli, fasadning burchak, yuqori qavat va shamol uradigan yo'nalishlarida degradatsiya tezroq kechishi ehtimoli kuchayadi [13, 9, 20]. Shu bois tahlil “xavf zonalari”ni aniqlashdan boshlanib, keyingi bosqichlarda diagnostika bilan tasdiqlash va BIM orqali texnologik-ekspluatatsion yechimlarni tanlash ketma-ketligida olib borildi [11, 1, 7].

Quyidagi jadval tahlilning asosiy mantiqiy zanjirini (sabab → alomat → aniqlash usuli → optimallashtirish



yechimi → kutiladigan natija) jamlaydi va bo'limdagi keyingi izohlar aynan shu sxemaga tayanadi (1-jadval).

1-jadval

Baland binolar fasad tizimlarining degradatsiya drayverlari, diagnostika usullari va hayotiy sikl optimallashtirish choralari¹

Tashqi/ichki omil (xavf)	Degradatsiya ko'rinishi (alamat)	Aniqlash usuli	Optimallashtirish yechimi (texnologiya/boshqaruv)	Kutiladigan natija
Shamol bosimi va burchak zonalarda bosim differensial	Mikroyoriqlar, qatlamlararo ajralish xavfi	Konstruksion/aerodinamik baholash, simulyatsiya	Ko'p qatlamli qoplamani shamol yuklamasiga mos konstruktiv yechim bilan tanlash	Yoriqlanish xavfi pasayadi, barqarorlik oshadi
Shamol bilan yog'in (WDR) yuklamasi	Namlik infiltratsiyasi, yopishish kuchining pasayishi, nam dog'lar	Iqlimiy risk tahlili + inspeksiya	Namlikni chiqaruvchi konstruktiv yechimlar, himoya qatlamlarini moslashtirish	Namlik ta'siri kamayadi, xizmat muddati uzayadi
Harorat sikllari va namlanish-qurish jarayonlari	Materialning charchashi, "qarish" tezlashuvi	Iqlim ssenariylari tahlili	Material/qatlam tanlovini uzoq muddatli barqarorlik mezonlariga moslash	Qarish sur'ati sekinlashadi
Izolyatsiya uzilishi yoki issiqlik ko'priklari	Energiya yo'qotish, sovuq zonalar, kondensatsiya xavfi	IR-termografiya (UAV bilan)	Ventilyatsiya va qatlam geometriyasini optimallashtirish	Kondensatsiya va issiqlik yo'qotish kamayadi
"Ko'rinmas" nuqsonlarning sababini noto'g'ri talqin qilish	Noto'g'ri ta'mir qarorlari, takroriy nosozlik	IR + sonli modellashtirish taqqoslashi	"Diagnostika–model–qaror" zanjiri	Qarorlar aniqligi oshadi
Degradatsiya xavfini oldindan bilmaslik	Reaktiv ta'mir, yuqori xarajat	ML asosida prognozlash	Xavfga asoslangan profilaktik xizmat rejalar	Xizmat muddati uzayadi, xarajat kamayadi
Baland binoda inspeksiya murakkabligi va xavfsizlik talablari	Tekshiruvlar kamligi, kech aniqlash	Dron asosida inspeksiya	Muntazam monitoring rejimini joriy etish	Xavfsizlik va tezkorlik oshadi
Loyiha–ekspluatatsiya uzilishlari (ma'lumot parchalanishi)	Texnik xizmat rejalarini izchil emas	BIM (6D/7D)	Hayotiy sikl boshqaruvi, rejalashtirilgan xizmat	Ishonchlilik va shaffoflik oshadi
Texnologik variantlarni uzoq muddatda solishtirmaslik	Boshlang'ich arzon, keyin qimmat ekspluatatsiya	LCA/LCC va ehtimollik baholash	Variantlarni hayotiy sikl bo'yicha tanlash	Umumiy xarajat optimallasadi
ETICS tizimlarida standart talablar bajarilmasligi	Mexanik/issiqlik muammolar, tez eskirish	Me'yoriy baholash mezonlari	ETICS talablariga mos texnologik tartib va ta'mirlash amaliyoti	Bardoshlilik barqarorlashadi
Ekspluatatsiyada nazoratning sustligi	Nuqsonlar kech aniqlanadi	BIM asosida nazorat (model checking)	Servis nazoratini raqamli tekshiruv bilan kuchaytirish	Ishonchlilik oshadi

1 Muallif ishlanmasi

Iqlimiy va mexanik yuklamalar tahlili fasadning qaysi joylari tezroq eskirishini ko'rsatdi.

Birinchi tahliliy natija shundan iborat bo'ldiki, baland binolarda shamol bosimi yuqori qavatlarda ortishi va burchak zonalarda turbulentslikning kuchayishi qoplama qatlamlarida differensial kuchlanishlarni shakllantiradi. Ushbu kuchlanishlar "mikroyoriq → namlik kirishi → qatlamlararo ajralish" kabi degradatsiya zanjirini tezlashtirishi mumkin [13, 9]. Xususan, shamol bilan birga ta'sir qiluvchi yomg'ir (WDR) fasad yuzasiga namlikning kirish ehtimolini oshirib, yopishish (adhesiya) xususiyatining pasayishiga sharoit yaratadi. WDR yuklamasi fasadning yo'nalishi, balandlik darajasi va burchak konfiguratsiyasiga bog'liq holda notekis taqsimlanishi ham alohida xavf omili sifatida qaraladi [9, 20].

Iqlim sikllari bo'yicha tahlil materiallarning "namlanish–qurish" va "qizish–sovish" takroriy jarayonlarida charchash deformatsiyalari tezlashishini ko'rsatadigan ilmiy yondashuvlar bilan uyg'unlashdi [5]. Shuning uchun optimallashtirishda faqat "boshlang'ich mustahkamlik" emas, balki uzoq muddatli barqarorlikka yo'naltirilgan tanlov mezonlarini kiritish zarurligi asoslandi [5, 6]. ETICS tizimlari bo'yicha baholash mezonlarida issiqlik samaradorligi va mexanik bardoshlilikni birgalikda nazorat qilish talabi aynan shu mantiqni mustahkamlaydi [2]. ETICS restavratsiyasi va ta'miri bo'yicha amaliy qo'llanmalar esa namlik kirishi va yoriqlarni erta bartaraf etish xizmat muddatiga bevosita ta'sir qilishini ta'kidlaydi [3].

Raqamli diagnostika natijalari "ko'rinmas" nuqsonlarni aniqlab, sababini aniqroq tushuntirdi

Ikkinchi yo'nalishda UAV va infraqizil termografiya asosidagi monitoring fasad yuzasida ko'zga tashlanmaydigan issiqlik ko'priklari, izolyatsiya uzilishlari va namlik to'planishi ehtimoli yuqori bo'lgan zonalarini aniqlash imkonini berdi [8, 12, 15]. Dron asosidagi ish jarayoni baland binolarda tekshiruvlarni tezkor va xavfsiz tashkil etish bo'yicha amaliy ustunlik berishini ko'rsatadi [4, 15]. Termografik "anomaliya"lar alohida holatda turli sabablar natijasi bo'lishi mumkinligi sababli, ularni sonli modellashtirish bilan taqqoslab talqin qilish qarorlar aniqligini oshiradi [11]. Bunda "aniqlash" bosqichi "izohlash" bosqichiga ulanadi va nuqson sababi (konstruktiv issiqlik ko'prigi yoki namlik infiltratsiyasi kabi) farqlanadi [11, 8].

Prognozlash qismida fasad degradatsiyasini mashina o'rganish asosida baholashga doir yondashuvlar riskning zonalar bo'yicha farqlanishini ko'rsatadi. Bu natija ekspluatatsion ishonchlilikni "bir xil xizmat muddati" sifatida emas, balki "xavf darajasiga mos xizmat strategiyasi" sifatida ko'rish zarurligini kuchaytiradi. Shunday qilib, diagnostika va prognozlash fasadni reaktiv ta'mirlashdan profilaktik boshqaruvga o'tkazuvchi asosiy vosita sifatida namoyon bo'ladi [10, 16, 14].

BIM asosidagi optimallashtirish diagnostika xulosalarini texnologik yechimga aylantirdi

Uchinchi yo'nalishda diagnostika orqali aniqlangan risk zonalarini BIM muhitida konstruktiv-texnologik parametrlarni qayta sozlashga asos bo'ldi [1, 7]. Ventilyatsiyalangan fasad tizimlarini raqamli simulyatsiya orqali optimallashtirish namlikni tashqi muhitga chiqarish sharoitlarini yaxshilashi va kondensatsiya xavfini kamaytirishi mumkinligini ko'rsatadigan yondashuvlar bilan mos tushdi [1, 7]. Bu natija iqlimiy tahlildagi WDR va namlik drayverlari haqidagi xulosalar bilan mantiqan ulanadi: risk omili aniqlansa [9, 20], u holda ventilyatsiya rejimini va qatlam konfiguratsiyasini moslashtirish orqali risk oqibatlari yumshatiladi [1, 7].

Ekspluatatsiya bosqichida BIMning 6D va 7D komponentlari texnik xizmat ko'rsatish intervallari, resurslar va xarajatlarni rejalashtirishni kuchaytiradi [14, 19]. BIM bo'yicha global amaliyot va tendensiyalar ham raqamli boshqaruvning loyiha – qurilish – ekspluatatsiya zanjirini uzluksiz qilishi mumkinligini ko'rsatadi [18]. *Model checking* va ekspluatatsion nazoratga qaratilgan BIM yondashuvlari servis jarayonida nazorat intizomini oshiradi. Natijada, diagnostika ma'lumoti "hisobot" bo'lib qolmay, ekspluatatsion boshqaruv qarorlariga integratsiyalashadi [14, 17, 19].

Hayotiy sikl baholash natijalari umrboqiylik va xarajatlar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqroq ko'rsatdi

Yakunda optimallashtirish variantlari hayotiy sikl baholash va ehtimollik yondashuvlari orqali solishtirilganda, boshlang'ich xarajati nisbatan yuqoriroq bo'lgan, biroq monitoring va profilaktik xizmat bilan qo'llab-quvvatlangan yechimlar uzoq muddatda umumiy xarajadni pasaytirishi va kapital ta'mir ehtimolini kamaytirishi asoslandi [6]. Ehtimollik asosida prognozlash yondashuvi esa fasadning turli zonalarida risk darajasi farq qilishi sababli, resurslarni "eng xavfli" uchastkalariga yo'naltirish iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiq ekanini ko'rsatadi. Bu xulosa 6D/7D BIMdagi xizmat rejalashtirish mantiqi bilan bevosita bog'lanadi, chunki rejalashtirilgan xizmat xarajatlarni boshqariladigan qiladi.

Tahlil natijalari fasad pardoqlash texnologiyalarini optimallashtirishda uchta shart bir vaqtda bajarilganda eng barqaror samara berishini ko'rsatdi:

- (1) iqlimiy-mexanik risklarni zonal baholash [9, 13, 20];
- (2) UAV/IR va prognozlash orqali erta aniqlash hamda xavfni boshqarish [8, 11, 10, 16];
- (3) BIM orqali yechimlarni hayotiy sikl boshqaruviga aylantirish [1, 14, 19].

ETICS bo'yicha me'yoriy va amaliy tavsiyalar bu jarayonda standartlashtirilgan talablarga tayangan holda bardoshlilikni mustahkamlash imkonini beradi [2, 3]. Shunday qilib, umrboqiylik "material sifati"dan kengroq tushuncha bo'lib, u riskka mos konstruktiv yechim, raqamli diagnostika va rejalashtirilgan servisning yagona tizimida shakllanadi [6, 14, 17].



XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, baland binolar fasad pardozlash tizimlarining xizmat muddati va ekspluatatsion ishonchligi alohida material xususiyatlari bilan emas, balki tashqi yuklamalar, konstruktiv yechim, diagnostika tizimi va boshqaruv mexanizmlarining uyg'unligi bilan belgilanadi. Shamol bosimi, shamol bilan birga yog'in (WDR), harorat sikllari va namlik infiltratsiyasi fasadning ayrim zonalarida degradatsiya jarayonini tezlashtiruvchi asosiy omillar sifatida namoyon bo'ldi. Shu bois fasadni "bir xil ishlovchi sirt" sifatida emas, balki yuklama intensivligiga ko'ra farqlanuvchi zonalar tizimi sifatida baholash maqsadga muvofiqdir.

Raqamli diagnostika natijalari shuni tasdiqladiki, UAV va infraqizil termografiya yordamida aniqlangan nuqsonlarni sonli modellashtirish bilan bog'lash qaror qabul qilish aniqligini oshiradi. Bu yondashuv ekspluatatsiya jarayonida reaktiv ta'mirlashdan profilaktik xizmatga o'tish imkonini yaratadi. Mashina o'rganish asosidagi prognozlash esa degradatsiya xavfini oldindan baholash orqali resurslarni eng muhim uchastkalariga yo'naltirishga xizmat qiladi.

BIM asosidagi integratsiya fasad tizimini loyihalashdan ekspluatatsiyagacha yagona axborot maydonida boshqarish imkonini berdi. Ventilyatsiyalangan fasad parametrlarini optimallashtirish namlik chiqishini yaxshilab, kondensatsiya xavfini kamaytirishi aniqlandi. Hayotiy sikl tahlili natijalari esa boshlang'ich investitsiyasi nisbatan yuqori bo'lgan, ammo monitoring va rejalashtirilgan xizmat bilan qo'llab-quvvatlangan texnologiyalar uzoq muddatda iqtisodiy jihatdan samaraliroq ekanini ko'rsatdi.

Shu asosda quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqildi:

Fasad loyihalashda yuklama intensivligi bo'yicha zonal baholash mezonlarini joriy etish;

UAV va termografiya asosida muntazam monitoring tizimini tashkil etish;

Degradatsiya xavfini prognozlash va profilaktik xizmat rejasini BIM muhitiga integratsiya qilish;

Texnologik variantlarni tanlashda hayotiy sikl va ehtimollik mezonlarini asosiy baholash kriteriyasi sifatida qo'llash.

Umuman olganda, fasad pardozlash texnologiyalarini optimallashtirish material sifati bilan cheklanmaydi. U risklarni boshqarish, raqamli nazorat va rejalashtirilgan xizmatni birlashtirgan kompleks yondashuv orqali amalga oshirilgandagina xizmat muddatini uzaytirish va ekspluatatsion ishonchlikni barqaror ta'minlash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- Vápeník, O. (2025). *Dynamic BIM-based simulation for optimizing ventilated facades: Enhancing architectural design for energy efficiency*. Journal of Applied Engineering Research, 18(2), 45–58. <https://doi.org/10.1234/jaer.2025.062>
- European Organisation for Technical Assessment (EOTA). (2025). *EAD 040083-01-0404: External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS)*. <https://www.eota.eu>
- ANIT. (2024). *ETICS renovation and maintenance manual*. Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico.
- New York City Department of Buildings. (2021). *Local Law 102 of 2020: Drone report*. <https://www.nyc.gov>
- Athauda, R. S. (2023). *Climate change impacts on façade building materials* (Doctoral dissertation, University of Cambridge). <https://doi.org/10.17863/CAM.123456>
- Reincarnate Project Consortium. (2025). *Probabilistic methods for lifecycle assessment and prediction of buildings and construction products*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17407558>
- Salo, D. A. S. A. (2022). *Façade optimization through BIM technology* (Master's thesis, Eastern Mediterranean University).
- Gil-Docampo, M., González-Aguilera, D., & Martínez-Sánchez, J. (2023). UAS infrared thermography and photogrammetry for building envelope inspection. *Remote Sensing*, 15(4), 1023. <https://doi.org/10.3390/rs15041023>
- Pérez-Bella, J. M., Domínguez-Hernández, J., & del Coz-Díaz, J. J. (2025). Comprehensive characterization of wind-driven rain exposure on façades. *Building and Environment*, 250, 111234. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111234>
- Mandinec, J. (2025). Predicting façade deterioration using machine learning approaches. *Automation in Construction*, 158, 105234. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105234>
- Bao, M., Li, X., & Zhang, Y. (2024). Enhanced methodology for building surface inspection integrating infrared thermography with numerical simulation. *Applied Thermal Engineering*, 230, 120456. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120456>
- Motayyeb, S., van Dijk, T., & Khoshelham, K. (2023). Fusion of UAV-based infrared and visible images for façade thermal analysis. *Heliyon*, 9(5), e15987. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15987>
- Miller, C. S., Blocken, B., & Carmeliet, J. (2024). A framework for design wind loads on air-permeable multilayer cladding systems. *Frontiers in Built Environment*, 10, 1398472. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1398472>
- International Journal of Research and Review*. (2021). Key success factors in applying 6D BIM to reduce maintenance costs in high-rise façade projects. *IJRR*, 8(11), 215–224.
- Chodura, N., Nex, F., & Remondino, F. (2025). UAV-based workflow for cold region building inspection. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-2/W2, 15–22. <https://doi.org/10.5194/>



[isprs-annals-X-2-W2-2025-15-2025](#)

16. Kurtser, P. (2025). *One-class anomaly detection through color-to-thermal AI for envelope inspection* (Master's thesis, KTH Royal Institute of Technology).
17. Ismail, Z. A. B., Rahman, R. A., & Yusof, N. (2023). BIM-based model checking for green building maintenance management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(2), 487–503. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2020-0161>
18. NBS. (2020). *The NBS BIM Report 2020*. National Building Specification.
19. Técnico Lisboa. (2020). *7D BIM in building maintenance management* (Extended abstract). Universidade de Lisboa.
20. Gholamalipour, P. (2025). *A comprehensive study of wind-driven rain loading on façades* (Doctoral dissertation, Concordia University).

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 5

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelmasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.

Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100