

IMPROVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ENERGY EFFICIENT PREFABRICATED FACADE INSTALLATION USING ENERGY AUDITS AND BIM

Nurmatov Ravshan Qahhor o'g'li

*(Chief Power Engineer, Tashkent University of Architecture and Civil Engineering,
Tashkent, Uzbekistan)*

E-mail: nurmatovravshan1@gmail.com

Qodirov Sardor Sobir o'g'li

*(Assistant, Department of Construction of Buildings and Structures, Tashkent
University of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan)*

E-mail: sardorqodirov110599@gmail.com

Abstract

This paper proposes an integrated workflow linking energy audits, BIM and prefabricated facade installation. In an illustrative scenario for 1,200 m² of opaque walls, installation takes 36 rather than 48 shifts, while accounted labour decreases by 15.23%. These are scenario calculations requiring field validation, not measured construction outcomes.

Keywords

energy audit, BIM, prefabricated facade, construction planning, installation, labour input.

ENERGIYA AUDITI VA BIM ASOSIDA ENERGIYA SAMARADOR YIG'MA FASADLARNI O'RNATISHNING TASHKILYI TEXNOLOGIK YECHIMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Nurmatov Ravshan Qahhor o'g'li

(bosh energetik, Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, Toshkent, O'zbekiston)

Qodirov Sardor Sobir o'g'li (*«Bino va inshootlar qurilishi» kafedrası assistenti, Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, Toshkent, O'zbekiston*)

Annotatsiya. Tezisda energiya auditi, BIM modellashtirish va yig'ma fasad montajini o'zaro bog'lovchi yondashuv taklif etiladi. 1 200 m² tashqi devor uchun shartli hisobda montaj muddati 48 smenadan 36 smenaga, hisobga olingan mehnat sarfi esa 15,23 foizga kamayadi. Natijalar ishlab chiqarish kuzatuvlari bilan tasdiqlanishi lozim bo'lgan hisobiy ssenariydir.

Kalit so'zlar: energiya auditi, BIM, yig'ma fasad, qurilishni tashkil etish, montaj, mehnat sarfi.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНО-
ЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МОНТАЖА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
СБОРНЫХ ФАСАДОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОАУДИТА И BIM**

Нурматов Равшан Каххор угли (*главный энергетик, Ташкентский архитектурно-строительный университет, Ташкент, Узбекистан*)

Кодиров Сардор Собир угли (*ассистент кафедры «Строительство зданий и сооружений», Ташкентский архитектурно-строительный университет, Ташкент, Узбекистан*)

Аннотация. В тезисах предложен комплексный подход, связывающий энергоаудит, BIM-моделирование и монтаж сборных фасадов. В условном расчётном сценарии для 1 200 м² наружных стен продолжительность монтажа сокращается с 48 до 36 смен, а учтённые трудозатраты — на 15,23%. Результаты представляют собой расчётный сценарий, требующий проверки в производственных условиях, а не измеренные показатели выполненных работ.

Ключевые слова: энергоаудит, BIM, сборный фасад, организация строительства, монтаж, трудозатраты.

Kirish

Mavjud binolarni energiya jihatidan modernizatsiya qilishda tashqi devorlarning issiqlik himoyasi bilan birga fasad ishlarini tashkil etish usuli ham muhim. Devor geometriyasining loyiha chizmalaridan farqlanishi, materiallarning tartibsiz yetkazilishi va tugunlarning joyida qayta ishlanishi montaj muddatini uzaytirishi mumkin. Shu sababli energiya auditi natijalarini ishlab chiqarish va montaj topshiriqlariga aylantiradigan axborot zanjiri zarur.

Larsen va hammualliflar mavjud binoni o'lchashdan yig'ma elementlarni o'rnatishgacha uzluksiz raqamli ish jarayonining ahamiyatini ko'rsatgan [1]. Callegaro va Albatici esa yig'ma yog'och asosli fasad modullari bilan energiya modernizatsiyasini tadqiq etgan [2]. Mazkur tezisning maqsadi — shu yo'nalishdagi yondashuvlarni energiya auditi ma'lumotlari, montaj uchastkalari va mehnat sarfi bilan bog'laydigan tashkiliy-texnologik yechimni shakllantirish.

Asosiy qism

Taklif etilayotgan usulda avval binoning haqiqiy geometriyasi, devor qatlamlari, tayanch asosning holati va energiya iste'moli o'rganiladi. Termografiya issiqlik nuqsonlarini aniqlash uchun qo'llanadi; issiqlik uzatish koeffitsiyenti esa faqat termogramma orqali belgilanmaydi. Zarur hollarda issiqlik oqimi va ichki-tashqi haroratlar o'lchanib, konstruksiyaning hisobiy tavsiflari aniqlashtiriladi.

Keyin BIM modelida har bir fasad moduliga alohida identifikator beriladi. Uning o'lchami, massasi, issiqlik izolyatsiyasi, mahkamlash tuguni, o'rnatiladigan uchastkasi, yetkazish navbati va qabul qilish holati qayd etiladi. Model elementlarini kalendar jadval bilan bog'lash montaj ketma-ketligini oldindan tekshirishga xizmat qiladi. Zavod komplektatsiyasi va tashish tartibi aynan shu ketma-ketlikka moslashtiriladi.

Texnologik jarayon asosni tayyorlash, geodezik belgilash, mahkamlash tizimini o'rnatish, oldindan komplektlangan modullarni montaj qilish, tutashuvlarni bajarish va qabul nazoratidan iborat. Yashirin ishlar yopilishidan avval mahkamlash, izolyatsiya

uzluksizligi, namlikdan himoya va loyihadagi yong‘inga qarshi elementlar tekshiriladi. Natijalar tegishli modulning raqamli pasportiga kiritiladi.

Baholash ikki alohida taqqoslashga asoslanadi: issiqlik yo‘qotishlari rekonstruksiya dan oldingi va keyingi holat bo‘yicha, montaj esa bir xil yakuniy fasad yechimini bajaradigan A va B texnologiyalar bo‘yicha solishtiriladi. A — elementlarni maydonda alohida yig‘ish; B — oldindan komplektlash va BIM yordamida rejalashtirilgan montaj. Issiqlik tejalishini faqat BIMning ta’siri deb talqin qilish mumkin emas.

Bir xil xususiyatli devor, tutashuv va mahkamlash elementlaridan iborat soddalashtirilgan hisob uchun quyidagi ifoda qo‘llanadi:

$$H = U \times A + \psi \times l + \chi \times n. \quad (1)$$

Bu yerda H — fasad uchastkasining issiqlik uzatish koeffitsiyenti, W/K; U — devorning yuza birligiga tegishli koeffitsiyent, W/(m²·K); A — devor maydoni, m²; ψ — chiziqli issiqlik ko‘prigi koeffitsiyenti, W/(m·K); l — tutashuvlar uzunligi, m; χ — bitta nuqtaviy issiqlik ko‘prigi koeffitsiyenti, W/K; n — mahkamlash elementlari soni. Turli tipdagi elementlar mavjud bo‘lsa, har bir guruh hissasi alohida hisoblanib qo‘shiladi.

Shartli ssenariyda $A = 1\,200\text{ m}^2$, $l = 240\text{ m}$, rekonstruksiya gacha $U = 1,32$ va $\psi = 0,20$, undan keyin $U = 0,32$ va $\psi = 0,09$ deb qabul qilindi. Yangi mahkamlashlar uchun $n = 2\,400$ va $\chi = 0,01\text{ W/K}$ olindi. Bular muayyan binoda o‘lchangan ko‘rsatkichlar emas, usulni namoyish etuvchi boshlang‘ich taxminlardir.

$$H_0 = 1,32 \times 1\,200 + 0,20 \times 240 = 1\,632\text{ W/K};$$

$$H_1 = 0,32 \times 1\,200 + 0,09 \times 240 + 0,01 \times 2\,400 \\ = 429,6\text{ W/K}.$$

Natijada issiqlik uzatish koeffitsiyenti 1 202,4 W/K yoki 73,68% kamayadi. Bir xil harorat farqida bu aynan ko‘rilayotgan devor uchastkasidan uzatiladigan issiqlik

oqimining kamayishini bildiradi; butun binoning energiya iste'moli shuncha foizga kamayadi degani emas.

Montaj muddati va hisobga olingan mehnat sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$T = A / P; \quad L = T \times N \times t + L_z. \quad (2)$$

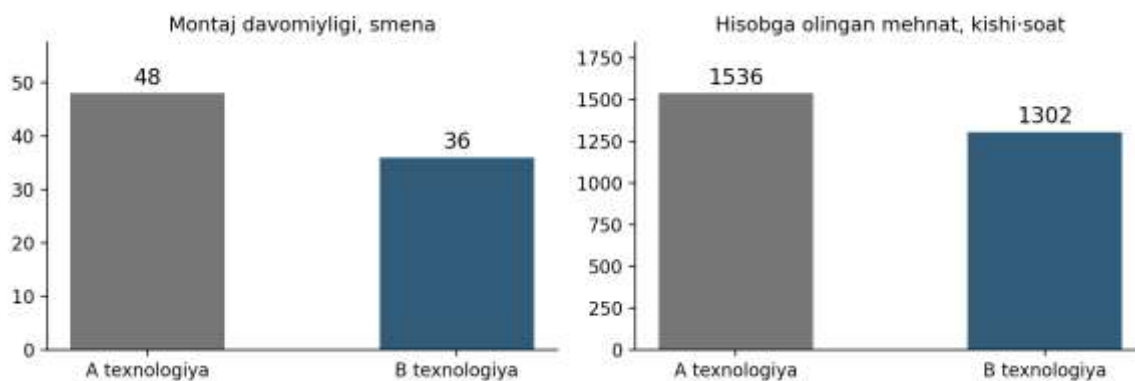
Bu yerda T — yuqoriga qarab butun songa yaxlitlanadigan montaj smenalari soni; P — brigadaning unumdorligi, $m^2/smena$; N — ishchilar soni; t — smena davomiyligi, soat; L_z — qo'shimcha zavod komplektatsiyasi mehnati, kishi·soat; L — hisobga olingan jami mehnat sarfi, kishi·soat.

To'rt kishilik brigada va sakkiz soatlik smenada A texnologiya unumdorligi 25 $m^2/smena$, B texnologiyani 34 $m^2/smena$ deb olindi. Shunda montaj muddati tegishli 48 va 36 smenani tashkil etadi. B texnologiya uchun qo'shimcha 150 kishi·soat zavod komplektatsiyasi kiritildi:

$$L_a = 48 \times 4 \times 8 = 1\,536 \text{ kishi·soat};$$

$$L_b = 36 \times 4 \times 8 + 150 = 1\,302 \text{ kishi·soat}.$$

Hisobiy ssenariyda montaj muddati 25%, hisobga olingan mehnat sarfi esa $(1\,536 - 1\,302) / 1\,536 \times 100 = 15,23\%$ kamayadi (1-rasm). Bu natija qabul qilingan unumdorlikka bog'liq bo'lib, texnologiyaning tajribada tasdiqlangan samarasi sifatida qaralmaydi.



1-rasm. Shartli ssenariyda montaj muddati va mehnat sarfining taqqoslanishi

Manba: taqdim etilgan boshlang'ich taxminlar asosidagi mualliflar hisobi.

Hisob barcha loyiha xarajatlarini qamrab olmaydi. BIM tayyorlash, logistika, ko'tarish texnikasi, kutishlar va qayta ishlash xarajatlari alohida o'lchanishi kerak. Amaliy tekshiruvda bir xil ish hajmi va sifat talablari uchun operatsiyalar xronometraji olib boriladi. Issiqlik samarasi esa taqqoslanadigan ob-havo va foydalanish sharoitlarida baholanadi. Mahkamlash tizimining mustahkamligi, seysmik ta'sirlarga chidamliligi va yong'in xavfsizligi loyiha bo'yicha tekshiriladi.

Xulosa

Energiya auditi ma'lumotlarini BIM elementlari va montaj topshiriqlari bilan bog'lash yig'ma fasad ishlarini rejalashtirish va nazorat qilish uchun izchil asos yaratadi. Taklif etilgan yondashuvning asosiy natijasi — tekshiruv, komplektatsiya, yetkazish va montaj ma'lumotlarini modul identifikatori orqali birlashtirishdir. Shartli hisob montaj muddatini 12 smenaga va hisobga olingan mehnat sarfini 234 kishi·soatga kamaytirish imkoniyatini ko'rsatdi. Amaliy joriy etishdan oldin tajriba uchastkasida montaj, to'liq mehnat hisobi va issiqlik-texnik monitoring o'tkazilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Larsen K. E., Lattke F., Ott S., Winter S. Surveying and digital workflow in energy performance retrofit projects using prefabricated elements. Automation in Construction. 2011. Vol. 20, No. 8. P. 999–1011. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.04.001>

2. Callegaro N., Albatici R. Energy retrofit with prefabricated timber-based façade modules: Pre- and post-comparison between two identical buildings. Journal of Facade Design and Engineering. 2023. Vol. 11, No. 1. P. 1–18. <https://doi.org/10.47982/jfde.2023.1.01>