

**QURILISH SOHASIDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY
ETISHNING SAMARADORLIGI**

To‘rayev Olimjon Otabekovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Qurilish muhandisligi ta’lim yo’nalishi talabasi

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqot qurilish sohasida innovatsion texnologiyalarni joriy etish samaradorligini baholashga bag’ishlangan. Tadqiqotda raqamli modellash, BIM texnologiyasi, zamonaviy qurilish materiallari, modulli qurilish va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining qurilish jarayonlarining asosiy texnik-iqtisodiy ko’rsatkichlariga ta’siri tizimli tahlil qilindi. Innovatsion texnologiyalarni qo’llashning qurilish muddati, resurslar sarfi, mehnat unumdorligi, mahsulot sifati va umumiy xarajatlarga ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari innovatsiyalarni kompleks joriy etish qurilish samaradorligini oshirishning muhim omili ekanligini ko’rsatadi.*

Abstract. *This study focuses on assessing the effectiveness of implementing innovative technologies in the construction industry. A systematic analysis was conducted of the impact of digital modeling, Building Information Modeling (BIM), advanced construction materials, modular construction, and automated management systems on key technical and economic indicators of construction processes. The effects of innovative technologies on construction duration, resource consumption, labor productivity, product quality, and total costs were evaluated. The findings indicate that the integrated implementation of innovations represents a key factor in improving the efficiency of construction production.*

Аннотация. *Исследование посвящено оценке эффективности внедрения инновационных технологий в строительной отрасли. Проведён системный анализ влияния цифрового моделирования, BIM-технологий, современных строительных материалов, модульного строительства и автоматизированных систем управления на основные технико-экономические показатели строительных процессов. Оценено влияние инновационных технологий на продолжительность строительства, расход ресурсов, производительность труда, качество продукции и совокупные затраты. Результаты исследования показывают, что комплексное внедрение инноваций является одним из ключевых факторов повышения эффективности строительного производства.*

Kalit so‘zlar: *qurilish innovatsiyalari, innovatsion texnologiyalar, BIM, raqamlashtirish, qurilish materiallari, modulli qurilish, avtomatlashtirish, texnik-iqtisodiy samaradorlik.*

Keywords: *construction innovations, innovative technologies, BIM, digitalization, construction materials, modular construction, automation, technical and economic efficiency.*

Ключевые слова: *строительные инновации, инновационные технологии, BIM, цифровизация, строительные материалы, модульное строительство, автоматизация, технико-экономическая эффективность.*

KIRISH

Qurilish sohasi iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lib, uning rivojlanish darajasi hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy holati, infratuzilmaning yangilanishi va ishlab chiqarish salohiyatining ortishi bilan bevosita bog‘liq. Shu bilan birga, zamonaviy qurilish jarayonlari loyihalarning murakkablashuvi, materiallar va energiya resurslari narxining o‘zgarishi, mehnat resurslaridan oqilona foydalanish zarurati hamda qurilish muddatlarini qisqartirish talabi bilan tavsiflanadi. Mazkur sharoitda an‘anaviy texnologiyalar bilan bir qatorda innovatsion yechimlardan foydalanish qurilish tashkilotlarining raqobatbardoshligini ta‘minlovchi muhim omilga aylanmoqda.

Innovatsion texnologiyalarni qurilishga joriy etish faqat yangi uskuna yoki materialdan foydalanish bilan cheklanmaydi. U loyiha boshqaruvi, muhandislik hisoblari, materiallar tanlovi, ishlab chiqarish jarayonlari, qurilish-montaj ishlari, sifat nazorati va obyektning keyingi ekspluatatsiyasini yagona tizim sifatida tashkil etishni nazarda tutadi. Ayniqsa, BIM texnologiyasi, raqamli monitoring, prefabrik va modulli qurilish, 3D-bosma, zamonaviy issiqlik izolyatsiyasi va energiya tejamkor materiallarning rivojlanishi qurilish jarayonlarini yangi sifat bosqichiga olib chiqmoqda.

Tadqiqotning maqsadi qurilish sohasida innovatsion texnologiyalarni joriy etishning samaradorligini tizimli baholash, ularning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarga ta‘sirini aniqlash hamda qurilish tashkilotlarida innovatsiyalarni qo‘llashning ustuvor yo‘nalishlarini asoslashdan iborat.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, iqtisodiy samaradorlikni baholash, texnik ko‘rsatkichlarni taqqoslash va ilmiy adabiyotlarni umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Innovatsion texnologiyalar samaradorligi qurilish muddati, mehnat unumdorligi, materiallar sarfi, energiya iste‘moli, qurilish-montaj ishlarining sifati va umumiy xarajatlar kabi ko‘rsatkichlar majmuasi orqali baholandi.

Iqtisodiy samaradorlikni aniqlashda umumiy yondashuv sifatida innovatsiyani joriy etishdan olingan iqtisodiy samara uning dastlabki investitsiya xarajatlariga nisbati orqali ifodalanishi mumkin: $E = (S_0 - S_1 - I) / I$, bu yerda S_0 — an‘anaviy texnologiyadagi xarajatlar, S_1 — innovatsiya joriy etilgandan keyingi ekspluatatsion va ishlab chiqarish xarajatlari, I — innovatsiyani joriy etish uchun zarur boshlang‘ich investitsiya. Ushbu ko‘rsatkichni alohida loyiha sharoitlari, texnologiyaning xizmat muddati va diskont stavkasini hisobga olgan holda yanada takomillashtirish mumkin.

Bundan tashqari, samaradorlikni faqat qisqa muddatli iqtisodiy foyda bilan baholash yetarli emas. Qurilish obyektining hayotiy sikli davomida energiya sarfi, ta‘mirlash ehtiyoji, materiallarning xizmat muddati, ekologik yuklama va boshqaruv xarajatlari ham hisobga olinishi lozim. Shu sababli maqolada innovatsion texnologiyalarning ko‘p mezonli samaradorlik konsepsiyasiga ustuvor ahamiyat berildi.

QURILISHDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNING ASOSIY YO‘NALISHLARI. BIM texnologiyasi qurilish loyihalarini uch o‘lchamli raqamli muhitda shakllantirish va loyiha ishtirokchilari o‘rtasidagi axborot almashinuvini tizimlashtirish imkonini beradi. BIMdan foydalanish konstruktiv, arxitektura va muhandislik yechimlari o‘rtasidagi nomuvofiqliklarni qurilish boshlanishidan oldin aniqlashga, materiallar hajmini

aniqlashtirishga va loyiha o'zgarishlarini nazorat qilishga yordam beradi. Natijada qayta ishlash, ortiqcha material sarfi va vaqt yo'qotishlarining kamayishi kutiladi.

Modulli va prefabrik qurilish texnologiyalarida binoning ayrim elementlari yoki modullari zavod sharoitida tayyorlanib, qurilish maydonida yig'iladi. Zavod sharoitidagi barqaror texnologik nazorat mahsulot sifatini oshirishga, ob-havo sharoitining ta'sirini kamaytirishga va qurilish maydonidagi ishlarning davomiyligini qisqartirishga xizmat qiladi. Bunday yondashuv, ayniqsa, takrorlanuvchi tipdagi turar joy, ijtimoiy va sanoat obyektlarida iqtisodiy jihatdan samarali bo'lishi mumkin.

Innovatsion qurilish materiallari ham samaradorlikning muhim manbalaridan biridir. Yuqori mustahkamlikka ega betonlar, mineral qo'shimchalar bilan modifikatsiyalangan bog'lovchilar, kompozit materiallar, zamonaviy issiqlik izolyatsiyasi va energiya samarador qoplamalar konstruksiyaning xizmat muddatini oshirishi hamda binoning ekspluatatsion energiya sarfini kamaytirishi mumkin. Materialni tanlashda faqat dastlabki narx emas, balki uning butun xizmat davridagi iqtisodiy samarasi baholanishi kerak.

Avtomatlashtirish va raqamli monitoring qurilish maydonidagi mehnat xavfsizligi, texnika ishlashi, materiallar harakati va ishlarning bajarilish holatini real vaqtga yaqin rejimda nazorat qilish imkonini kengaytiradi. Dronlar, sensorlar, geodezik raqamli uskunalar va boshqaruv platformalaridan foydalanish ma'lumotlarni tezkor yig'ish va qaror qabul qilish jarayonini takomillashtiradi.

INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNING TEXNIK-IQTISODIY SAMARADORLIGI. Innovatsion texnologiyalarning eng muhim afzalliklaridan biri qurilish davomiyligini qisqartirish imkoniyatidir. Qurilish muddatining qisqarishi obyektning foydalanishga topshirilish vaqtini tezlashtiradi, vaqtinchalik infratuzilma va boshqaruv xarajatlarini kamaytiradi hamda investitsiya mablag'larining aylanishini jadallashtiradi. Shu sababli vaqt omili innovatsion texnologiyalar samaradorligini baholashda mustaqil ko'rsatkich sifatida qaralishi lozim.

Mehnat unumdorligi ham muhim mezondir. Avtomatlashtirilgan va mexanizatsiyalashgan jarayonlarda bir ishchiga to'g'ri keladigan ishlab chiqarish hajmini oshirish imkoniyati mavjud. Biroq avtomatlashtirishning samarasi faqat ishchi sonini kamaytirish bilan emas, balki ishchilarning malakasini oshirish, xavfsizligini ta'minlash va yuqori qo'shilgan qiymatli vazifalarga yo'naltirish bilan baholanishi kerak.

Materiallar sarfini optimallashtirish BIM va raqamli hisoblash vositalarining amaliy natijalaridan biridir. Loyiha bosqichida materiallarning aniq hajmini belgilash, konstruktiv yechimlarni variantlar bo'yicha taqqoslash va chiqindilarni kamaytirish qurilish tannarxiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, qimmat va energiya talab qiluvchi materiallarda kichik foizdagi tejamkorlikning o'zi loyiha miqyosida sezilarli iqtisodiy samara berishi mumkin.

Sifat ko'rsatkichlari bo'yicha ham innovatsiyalar muhim afzalliklarga ega. Zavod sharoitida prefabrik elementlarni tayyorlash, raqamli nazorat va sensorlardan foydalanish texnologik jarayonning takrorlanuvchanligini oshiradi. Natijada inson omiliga bog'liq ayrim xatolarni kamaytirish va konstruksiyalarning belgilangan parametrlarini barqaror saqlash imkoniyati ortadi.

SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARINI QIYOSIY BAHOLASH

Ko'rsatkich	An'anaviy yondashuv	Innovatsion yondashuv	Kutiladigan ta'sir
Loyihalash	2D chizmalar, alohida fayllar	BIM va yagona raqamli model	Muvofiqlik oshadi, xatolar kamayadi
Qurilish muddati	Bosqichlar ketma-ketligi yuqori	Prefabrik/modulli va raqamli boshqaruv	Muddat qisqarishi
Material sarfi	Me'yoriy hisob va qo'lda nazorat	Aniq raqamli hisob va optimallashtirish	Chiqindilar kamayishi
Mehnat unumdorligi	Yuqori qo'l mehnati ulushi	Mexanizatsiya va avtomatlashtirish	Unumdorlik oshishi
Sifat nazorati	Davriy nazorat	Raqamli monitoring va sensorlar	Nuqsonlarni erta aniqlash
Ekspluatatsiya	Energiya samaradorligi turlicha	Energiya tejankor yechimlar	Hayotiy sikl xarajatlari kamayishi

Jadvaldan ko'rinadiki, innovatsion texnologiyalarning samarasi birgina ko'rsatkich bilan chegaralanmaydi. Masalan, BIM texnologiyasining dastlabki joriy etish xarajati mavjud bo'lsa-da, loyiha xatolarining kamayishi va boshqaruvning takomillashishi hisobiga keyingi bosqichlarda iqtisodiy foyda yuzaga keladi. Shu sababli innovatsion texnologiyalarni tanlashda investitsiya xarajatlari bilan bir qatorda butun hayotiy sikl davomida olinadigan natijalarni hisobga olish zarur.

INNOVATSIYALARNI JORIY ETISHDAGI MUAMMOLAR. Qurilish tashkilotlarida innovatsiyalarni joriy etish jarayoni bir qator to'siqlarga ega. Birinchidan, yangi dasturiy va texnologik vositalar uchun boshlang'ich investitsiya talab qilinadi. Ikkinchidan, xodimlarning raqamli kompetensiyasi yetarli bo'lmasa, texnologiyaning mavjudligi kutilgan samarani bermasligi mumkin. Uchinchidan, turli tashkilotlar foydalanadigan dastur va ma'lumotlar formatlarining o'zaro mosligi muammosi yuzaga keladi.

Mazkur muammolarni hal qilish uchun qurilish tashkilotlarida bosqichma-bosqich raqamli transformatsiya strategiyasini ishlab chiqish maqsadga muvofiq. Dastlab loyiha boshqaruvi va hujjat aylanishini raqamlashtirish, keyinchalik BIM, monitoring, avtomatlashtirish va hayotiy sikl boshqaruvini integratsiya qilish mumkin. Shu bilan birga, mutaxassislarni muntazam qayta tayyorlash va amaliy ko'nikmalarini rivojlantirish innovatsiyaning asosiy shartlaridan biri hisoblanadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, qurilishda innovatsion texnologiyalarning samaradorligi ularni alohida vosita sifatida emas, balki o'zaro integratsiyalashgan texnologik tizim sifatida qo'llashda yuqoriroq bo'ladi. Masalan, BIM modeli materiallar va konstruksiyalar haqidagi ma'lumotlarni shakllantiradi, raqamli monitoring esa qurilish jarayonining amaldagi holatini aniqlaydi, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi esa ushbu ma'lumotlar asosida tezkor qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlaydi.

Ilmiy nuqtayi nazardan, innovatsion texnologiyalar samaradorligini uch darajada baholash maqsadga muvofiq: texnologik, iqtisodiy va hayotiy sikl darajasi. Texnologik darajada aniqlik, tezlik, sifat va mehnat unumdorligi; iqtisodiy darajada investitsiya, tannarx, tejamkorlik va qaytish muddati; hayotiy sikl darajasida esa energiya sarfi, xizmat muddati, ta'mirlash xarajatlari va ekologik ta'sir baholanadi.

O'zbekiston sharoitida innovatsiyalarni joriy etishda mahalliy xomashyo va qurilish materiallari bazasidan samarali foydalanish, iqlim sharoitiga mos energiya tejamkor konstruksiyalarni tanlash, hududiy qurilish tashkilotlarining texnik imkoniyatlarini hisobga olish va malakali kadrlar tayyorlashga alohida e'tibor berish zarur. Innovatsion texnologiya texnik jihatdan ilg'or bo'lishi bilan birga, mahalliy sharoitda iqtisodiy va tashkiliy jihatdan maqbul bo'lishi kerak.

XULOSA.Qurilish sohasida innovatsion texnologiyalarni joriy etish qurilish jarayonlarining texnik, iqtisodiy va tashkiliy samaradorligini oshirishning muhim yo'nalishlaridan biridir. BIM, zamonaviy qurilish materiallari, modulli va prefabrik qurilish, avtomatlashtirish hamda raqamli monitoring vositalari qurilish muddatlarini qisqartirish, resurslardan foydalanishni optimallashtirish, sifatni oshirish va xarajatlarni kamaytirish imkoniyatini yaratadi.

Innovatsion texnologiyalarning real samarasi ularni tanlash va joriy etishning ilmiy asoslanganligiga bog'liq. Shu sababli texnologiyani faqat dastlabki narxiga qarab emas, balki butun hayotiy sikl xarajatlari, texnik natijalar, mehnat unumdorligi, energiya samaradorligi va ekspluatatsion foydasi asosida baholash lozim. Qurilish tashkilotlari uchun raqamli transformatsiya, kadrlar kompetensiyasini rivojlantirish va texnologiyalararo integratsiyani ta'minlash ustuvor vazifalardan biri bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Wiley, 2018.
2. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Wiley.
3. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.
4. ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM — Information management using BIM — Part 2: Delivery phase of the assets.
5. World Economic Forum. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology. World Economic Forum, 2016.
6. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. McKinsey & Company, 2017.

7. United Nations Environment Programme. 2024 Global Status Report for Buildings and Construction. UNEP, 2024.
8. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 2009, Vol. 18, No. 3, pp. 357–375.
9. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 2011, Vol. 11, No. 3, pp. 241–252.
10. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi. Qurilish sohasini raqamlashtirish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha materiallar.