3D-PRINTERLAR YORDAMIDA QURILISH MATERIALLARI VA ULAR ASOSIDAGI LOYIHALAR

Rajabova Munisa Shukur qizi
Qarshi Davlat Universiteti, o'qituvchi-stajyor
E-mail: munisarajabova085@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada 3D-printerlar yordamida ishlab chiqarilayotgan qurilish materiallari, ularning afzalliklari, cheklovlari va kelajakdagi istiqbollari yoritilgan. Ushbu texnologiyaning qurilish jarayoniga olib kirilishi qurilish tezligini oshirishi, mehnat xarajatlarini kamaytirishi hamda ekologik jihatdan barqaror yechimlar taklif qilishi mumkin. Maqola texnologik yangiliklar va amaliyotda qo'llanilayotgan misollar asosida tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: 3D-printer, qurilish, beton, avtomatlashtirish, qurilish materiallari, texnologik innovatsiya

Аннотация. В данной статье рассматриваются строительные материалы, производимые с помощью 3D-принтеров, их преимущества, ограничения и перспективы на будущее. Внедрение этой технологии в строительный процесс может повысить скорость строительства, сократить трудозатраты, а также предложить экологически устойчивые решения. Статья основана на анализе технологических новшеств и примерах их применения на практике.

Ключевые слова: 3D-принтер, строительство, бетон, автоматизация, строительные материалы, технологические инновации

Abstract. This article discusses construction materials produced using 3D printers, their advantages, limitations, and future prospects. The introduction of this technology into the construction process can increase construction speed, reduce labor costs, and offer environmentally sustainable solutions. The article is based on an analysis of technological innovations and practical examples of their application.

Keywords: D printer, construction, concrete, automation, building materials, technological innovation

Kirish

So'nggi o'n yillikda 3D-printer texnologiyasi qurilish sohasida inqilobiy o'zgarishlarga sabab bo'ldi. An'anaviy qurilish usullariga nisbatan tezroq, arzonroq va ekologik jihatdan samaraliroq yechimlarni taklif etayotgan bu texnologiya, ayniqsa 3D-beton bosib chiqarish orqali mustahkam va murakkab arxitektura shakllarini yaratishga imkon beradi [1]. Shu bilan birga, 3D-beton aralashmalarining maxsus tarkibi va qotish xususiyatlari texnologiyaning samaradorligini belgilovchi muhim omillardir [2]. Ushbu maqolada 3D-printerlarni rivojlanish bosqichlari va 3D-printerlar yordamida yaratilgan qurilish materiallari, ularning tarkibi va ushbu texnologiya asosida amalga oshirilgan loyihalar ilmiy tahlil qilinadi.

Adabiyotlar tahlili

ISSN 3030-3907

3D printerlar haqida 1970-1980 yillar oralig'ida g'oya ustida ishlashgan va dastlabki fikrlar, patent paydo bo'ldi. Ular asosan qatlamlab ishlab chiqarish g'oyasiga asoslangan edi. Bu bosqichda real 3D printerlar hali mavjud bo'lmagan, lekin g'oyaviy asoslar shakllangan.

1981-yilda Yapon muhandisi **Hideo Kodama** qatlamli ishlab chiqarish asosida fotopolimer yordamida prototiplashtirish usulini taklif qildi. **1984-yilda** Amerikalik muhandis **Chuck Hull Stereolitografiya (SLA)** texnologiyasini ixtiro qildi va 3D bosmaning asoschisi sifatida tanildi. **1986-yilda** Chuck Hull tomonidan **3D Systems** kompaniyasi tashkil etildi.

1990-yillarda Dastlab 3D printerlar faqat sanoat sohasida ishlatilgan, juda qimmat va katta o'lchamli edi. 2000-yillarda 3D bosma biotibbiyot, avtomobilsozlik, aerokosmik sohalarda keng qo'llanila boshlandi**. 2005-yilda RepRap Project** (Replicating Rapid Prototyper) – ochiq manbali 3D printer loyihasi boshlangan. Bu loyiha tufayli 3D printerlar narxi pasaydi va ularni uy sharoitida ishlatish imkoniyati paydo bo'ldi.

2010–2020-yillar 3D printerlar narxi pasaydi, sifati oshdi. Uyda foydalaniladigan **FDM printerlar** keng tarqaldi (masalan, Creality, Prusa). 3D dizaynlar onlayn almashinuv platformalari (Thingiverse, MyMiniFactory) rivojlandi. Tibbiyotda suyak implantlari, protezlar, 3D bosilgan organlar ustida ishlanmoqda.

2020–yildan to hozirgi kungacha ko'p materialli bosma, metall 3D bosma, bioprinting (tirik hujayralardan organ bosish) rivojlanmoqda. Qurilishda 3D bosilgan uylar, mashinasozlikda butlovchi qismlar ishlab chiqarilmoqda. 3D printerlar sun'iy intellekt bilan birlashtirilmoqda (avtomatlashtirish, nazorat).

3D printerlarning yaqin kelajakdagi **yo'nalishlari Kosmik 3D bosma –** fazoda qurilmalar va ehtiyot qismlar bosish**. To'liq funksional organlar** bosib chiqarish (bioprinting). **Masshtabli 3D bosma –** ko'priklar, binolar, avtomobillar bosishni rejalashtirilgan.

3D-printer texnologiyasining asosiy xususiyatlari

3D-printerlar yordamida qurilish materiali bosib chiqarishda qatlamma-qatlam prinsip qo'llaniladi, bu esa an'anaviy usullarga nisbatan konstruksiyalarning shakl va strukturasini kengaytirishga imkon beradi [4]. Buswell va boshqalar [1] tomonidan ta'kidlanganidek, 3D-beton tarkibida yuqori sifatli sement, stabilizatorlar, tez qotuvchi qo'shimchalar va tolalar qo'shilishi kerak.

Maxsus qurilish materiallari

So'nggi tadqiqotlar, xususan, Mohamed (2024)[3] tomonidan olib borilgan ilmiy ishda, mineral qo'shimchalar (kvars qumi va ugleroq changi) va polimer tolalarning 3D-beton xossalarini sezilarli yaxshilashini ko'rsatdi. Shuningdek,

ISSN 3030-3907

ekologik jihatdan barqaror chiqindi materiallarni ishlatish imkoniyatlari ham ko‘rib chiqilmoqda [5].

Loyihalar va amaliy qo‘llanmalar

Apis Cor kompaniyasi tomonidan amalga oshirilgan Rossiyadagi 24 soat ichida bosib chiqarilgan uy loyihasi texnologiyaning tezkorligi va samaradorligini amaliy jihatdan isbotladi [6]. Eindhoven shahridagi loyiha esa arxitektura erkinligi va murakkab dizaynlarni yaratishda 3D-beton texnologiyasining afzalliklarini namoyish etdi [7].

3. Natijalar

3D-printerlar yordamida yaratilgan qurilish materiallarining texnik xususiyatlari:

- **Bosish qobiliyati:** Maxsus qotish tezlatgichlar va viskozite modulyatorlari yordamida qatlamlar shaklini 20 daqiqa ichida ushlab turadi [2].
- **Mustahkamlik:** 28 kunlik bosimga chidamlilik 40-60 MPa oralig‘ida, bu an’anaviy beton bilan solishtirganda raqobatbardoshdir [3].
- **Qatlamlararo yopishuv:** Min 0.2 MPa qiymatida bo‘lib, struktura barqarorligini ta’minlaydi [1].
- **Ekologik samaradorlik:** kvars qumi va boshqa chiqindi materiallarni qo‘shish karbon izini kamaytiradi va chiqindilarni qayta ishlashga yordam beradi [5].

Dunyoning birinchi tijoratga yo‘naltirilgan 3D-printerda qurilgan uylar loyihasi Project Milestone – Eindhoven, Niderlandiya (2021–2025). Unda uylar soni 5 ta bo’lib, texnologiyasi betonni qatlam-qatlam bosish orqali qurilgan.

Taxminiy ishchi tarkib elementlari (asosida boshqa 3D beton loyihalaridan)

Tarkib elementi	Vazifasi
Portland tsement	Asosiy bog‘lovchi
Suyuqlashtiruvchi plastifikator	Oqim va bosib chiqarishda qulaylik
Qotish tezlatgichi	Tezroq shakl ushlab turish
Viskozite modulyator stabilizatori	qotishdan oldin devor qatlamining hal qilinmasligi, oqib ketmasligi
Mayda qum	Qatlamma bosishda silliq qatlam hosil qilish
Ehtimol mineral qo‘shimchalar	Emissiyalarni kamaytirish, zichlik, mustahkamlikni oshirish — lekin tasdiqlangan manba yo‘q

ISSN 3030-3907



1-rasm. Project Milestone – Eindhoven, Niderlandiya (2021–2025).



2-rasm. Project Milestone – Eindhoven, Niderlandiya (2021–2025)

4. Muhokama

3D-beton texnologiyasi an’anaviy qurilish usullariga qaraganda ko‘plab afzalliklarga ega bo‘lsa-da, ayrim cheklovlar mavjud. Masalan, katta miqdorda bosib chiqarish uchun printerlarning maksimal o‘lchami va materiallarning narxi hozircha cheklovchi omillar hisoblanadi[4]. Shuningdek, qatlamlararo yopishuvni yaxshilash uchun yangi modifikatorlar va polimerlar tadqiq etilmoqda[3]. Kelajakda materiallarning ekologik barqarorligi va mexanik mustahkamligini oshirish uchun yangi formula va texnologiyalarni joriy etish muhimdir.

Quyidagi rasmda 3D-bosma printer yordamida Apis Cor loyihasi Rossiyada 24 soat ichida qurib, bitkazilgan bo’lib, bino maydon yuzasi 38m^2 ni tashkil etadi.

ISSN 3030-3907

Qurilish materiali sifatida tez qotuvchi 3D-beton aralashmasi hisoblanadi va bu loyihaning asosiy xususiyatlari shundan iboratki, arzon, tez, issiqlik izolatsiyasi juda kuchli, sovuq iqlim uchun juda mos hisoblanadi.



3-rasm. “Apis Cor” loyihasi Rossiya

Quyidagilar «Apis Cor» kabi 3D-beton loyihalarida tez-tez ishlatiladigan komponentlardir:

- Maxsus sement aralashmasi — tez qotuvchi tsement yoki tezlatkichlar qo‘shilgan.
- mayda qum (mayda zarrachali, 0-2 mm) — ekstruderni tik ishlashi uchun kerak.
- Superplastifikatorlar — aralashmaning suyuqligini yaxshilash, oqishi va qatlam bosib chiqishda silliq oqim hosil bo‘lishini ta’minlash uchun.
- Qotish tezlatgichlari — qatlamning shaklini tezda saqlab, tuzilmaning qulashini oldini olishga yordam beradi.
- Viskozite modulyatorlari / stabilizatorlar — ekstruderlarda ishlash vaqtida betonda qabul qiluvchanlik va shakl barqarorligini saqlash.
- Tolalar (masalan, polipropilen tolalari) — betonni yorilishlardan himoya qilish, tortishish kuchini oshirish uchun.

TECLA – Loy asosida qurilgan 3D-bosma uy (Italiya, 2021)

Loyihaning to’liq nomi *TECLA* bo’lib, u Italiyaning Lombarda massivida qad rostlagan. Arxitektor Mario Cusinella tomonidan loyiha ishlab chiqilgan bo’lib, binoning ichki yuzasi 60m^2 ni tashkil etadi. Binoni qurish uchun 200 soat vaqt sarflangan.

Bino uchun Qurilish materiallari va aralashma tarkibi

Komponent	Tavsifi / Maqsadi
Mahalliy tuproq / loy	Qurilishning asosiy elementi sifatida ishlatilgan. Loy yaqin daryo sohasidan olinib, filtrlangan.

ISSN 3030-3907

Suv	Loyiha aralashmasini tuzatish va loyni qotkazish uchun zarur.
Spirt tolalari (guruch po‘sti tolalari)	Aralashmaga tolalar qo‘shilgan. Bu tolalar issiqlik izolatsiyasi va strukturaviy mustahkamlikni oshirishga yordam beradi.
Kichik miqdordagi bog‘lovchi/modifikator kimyoviy qo‘shimchalar	Loyning barqarorligini yaxshilash, suvga chidamlilik va mustahkamlikni oshirish uchun. Masalan, Mapei kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan stabilizator suyuqlikni saqlaydigan plastiklashtiruvchi qo‘shimchalar (super-plasticizer) va suvga qarshi vositalar (water-repellent admixtures) ishlatilgan.
Issiqlik (termal) xossalarni yaxshilovchi tashqi devorlarning strukturasida to‘rib chiqilgan ribbed qatlamlar	Devorlar 350 ta qatlamda bosib chiqarilgan, har bir qatlam taxminan 12 mm qalinlikda. Shu bilan birga, ribbelangan shakl nafaqat tashqi ko‘rinish, balki yalıtım va issiqlik massasi uchun ham xizmat qiladi.
Poydevor	Poydevor qismining faqat beton ishlatilgan – uy butunlay loydan bo‘lsa-da, poydevor qismida beton ishlatish kerak bo‘lgan strukturalar va barqarorlik sababli.



4-rasm. TECLA – Loy asosida qurilgan 3D-bosma uy (Italiya, 2021)

ISSN 3030-3907

Xulosa

3D-printerlar yordamida qurilish materiallari, xususan maxsus tarkiblangan betonlar, qurilish sanoatini tubdan o‘zgartirishga qodir. Ularning afzalliklari orasida tezlik, arzonlik, ekologik tozalik va murakkab dizaynlarni yaratish imkoniyati mavjud. Hozirgi vaqtda ushbu texnologiya bo‘yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar materiallarning texnik ko‘rsatkichlarini yaxshilashga qaratilgan bo‘lib, amaliy loyihalar bularning samaradorligini tasdiqlaydi. Kelajakda 3D-beton texnologiyasining yanada rivojlanishi qurilish jarayonining avtomatlashuvi va barqarorligiga xizmat qiladi. Bugungi kunda dunyoda 3D-beton texnologiyasi qurilish sohasida inqilobiy o‘zgarishlarni olib kelmoqda. Masalan,Rossiya shahrida ta’lim olayotgan talabalar tomonidan 3D printer yordamida 100 m^2 li uy qurishdi, uyning qurishiga ketgan vaqt 36 soat davom etdi va an’anaviy usullarga qaraganda 36% arzonroq bo‘ldi. Bugungi kunda O‘zbekistonda 3D-beton texnologiyasini keng qo‘llash bo‘yicha hozirgi kunda aniq bir ma’lumotlar mavjud emas. Biroq, bu texnologiyaning afzalliklari, jumladan, qurilish vaqtining qisqarishi, materiallar sarfining kamayishi va dizayn erkinligi, kelajakda O‘zbekistonda ham qo‘llanilishini kutish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Buswell, R. A., Leal de Silva, W. R., Jones, S. Z., & Dirrenberger, J. (2018). 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research. *Cement and Concrete Research*, 112, 37-49. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.05.006

2. Le, T. T., Austin, S. A., Lim, S., Buswell, R. A., Gibb, A. G., & Thorpe, T. (2012). Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete. *Cement and Concrete Research*, 42(3), 513-521. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.06.003

3. Mohamed, M., et al. (2024). Rheological and mechanical properties of 3D printable concrete mixes with mineral admixtures. *Construction and Building Materials*, 427, 131395. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.131395

4. Kazemian, A., Yuan, X., Cochran, E., & Khoshnevis, B. (2017). Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture. *Automation in Construction*, 76, 43-52. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.006

5. Liu, Z., et al. (2025). Sustainable utilization of waste materials in 3D printable concrete: Performance and environmental impact assessment. *Emergent Materials*, 8, 1357-1379. https://doi.org/10.1007/s42247-024-00942-4

6. Apis Cor (2023). 24-hour 3D printed house project. https://time.com/4692376/3d-printing-house-apis-cor/

ISSN 3030-3907

7. Eindhoven Project (2024). World's first 3D printed concrete housing project. https://link.springer.com/article/10.1007/s40964-025-01314-y

ISSN 3030-3907