

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

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

2026-YIL

OKTABR / 10-SON IV-QISM



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

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

Elektron nashr, 2026-yil, sentyabr.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, 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 (DSc), 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 Janizagovich, 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

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 modelashtirish
- 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

TADBIRKORLIKNI QO'LLAB-QUVVATLASH DASTURLARINING KAMBAG'ALLIKNI QISQARTIRISHGA TA'SIRINI EKONOMETRIK BAHOLASH	9
Erejepov Kuwanishbay Jiyenbay uli	
TA'LIM VA ILM-FAN VAZIRLIGINING 2026-2028-YILLARGA MO'LJALLANGAN BYUDJET DASTURLARINI SHAKLLANTIRISH VA MAQSADLI INDIKATORLARINI BELGILASH YONDASHUVLARI	15
Sayfutdinov Sherxon Safarbayevich	
GAZBETON BLOKLARIDA DARZ KETISH VA YORILISHNI MIKROTOLALAR (FIBRA) QO'SHISH ORQALI KAMAYTIRISH	22
Immatov Zarif, Jamolova Mohigul	

GAZBETON BLOKLARIDA DARZ KETISH VA YORILISHNI MIKROTOLALAR (FIBRA) QO'SHISH ORQALI KAMAYTIRISH

Immatov Zarif Omonqul o'g'li

Samarqand davlat texnika universiteti
Qurilish muhandisligi kafedrası PhD doktoranti
Samarqand, O'zbekiston
ORCID iD: 0009-0001-4555-9583
E-mail: zarifimmatov94@gmail.com

Jamolova Mohigul Xudoyberdi qizi

Samarqand davlat texnika universiteti
Qurilish muhandisligi kafedrası PhD doktoranti
Samarqand, O'zbekiston
ORCID iD: 0009-0003-5931-0716
E-mail: lugihom08041996@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada gazbeton bloklarini ishlab chiqarish va ulardan foydalanish jarayonida yuzaga keladigan plastik hamda quritishdagi kirishish deformatsiyalari, mikroyoriqlarning shakllanishi va mo'rt yemirilish xavfini kamaytirishda dispers armaturalashning imkoniyatlari tadqiq etilgan. Turli kelib chiqishga ega tolalar, jumladan, qayta ishlangan denim matosi chiqindilaridan olingan tolalar, qog'oz sellyulozasi, polipropilen, bazalt va po'lat tolalarining gazbetonning fizik-mexanik xususiyatlariga ta'siri mavjud eksperimental natijalar asosida qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot ma'lumotlariga ko'ra, 3 mm uzunlikdagi denim tolalarini 1,25–1,50% miqdorda qo'llash gazbetonning 28 kunlik siqilishdagi mustahkamligini tegishli nazorat namunasiga nisbatan 2,23–2,47 barobar oshirish imkonini bergan. Eng yuqori mustahkamlik ko'rsatkichi 1,88 N/mm² ni tashkil etgan. Boshqa tarkibdagi, 2 mm uzunlikdagi denim tolasi bilan armaturalangan namunada issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti nazorat namunasiga nisbatan 18,7% ga kamaygan. Shuningdek, po'lat tolali beton panellar yordamida mustahkamlangan gazbeton devorlarning yuk ko'tarish qobiliyati va energiya yutish ko'rsatkichlari yaxshilangani aniqlangan. Olingan natijalar tolalardan foydalanish gazbetonning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilash, yoriqlar rivojlanishini cheklash va konstruksiyalarning foydalanishdagi barqarorligini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: gazbeton, dispers armaturalash, mikrotola, fibra, quritishdagi kirishish, darz ketish, yoriqlarni ko'priklash, avtoklavsiz gazbeton, deformatsiyalanish, konstruktiv barqarorlik.

Abstract. This article examines the potential of dispersed fiber reinforcement to mitigate plastic and drying shrinkage deformations, microcrack formation, and the risk of brittle failure in aerated concrete blocks during production and service. The effects of various types of fibers, including recycled denim textile waste fibers, paper-derived cellulose fibers, polypropylene, basalt, and steel fibers, on the physical and mechanical properties of aerated concrete are comparatively analyzed using existing experimental data. According to the research findings, incorporating 3 mm long denim fibers at dosages of 1.25–1.50% increased the 28-day compressive strength of aerated concrete by a factor of 2.23–2.47 compared with the corresponding control specimen. The highest compressive strength reached 1.88 N/mm². In a specimen reinforced with 2 mm long denim fibers of a different composition, the thermal conductivity coefficient decreased by 18.7% relative to the control specimen. Furthermore, improvements in the load-bearing capacity and energy absorption characteristics of aerated concrete walls strengthened with steel fiber-reinforced concrete panels were identified. The findings indicate that fiber reinforcement represents a promising approach to improving the physical and mechanical properties of aerated concrete, limiting crack propagation, and enhancing the structural stability of building components during service.

Keywords: aerated concrete, dispersed fiber reinforcement, microfiber, fiber reinforcement, drying shrinkage, cracking, crack bridging, non-autoclaved aerated concrete, deformability, structural stability.

Аннотация. В статье исследованы возможности дисперсного армирования для снижения пластических деформаций и деформаций усадки при высыхании, ограничения образования микротрещин и уменьшения риска хрупкого разрушения газобетонных блоков в процессе производства и эксплуатации. На основе имеющихся экспериментальных данных проведён сравнительный анализ влияния различных видов волокон, включая волокна из переработанных отходов джинсовой ткани, целлюлозные волокна из бумажного сырья, полипропиленовые,



базальтовые и стальные волокна, на физико-механические свойства газобетона. Согласно результатам исследований, введение волокон из джинсовой ткани длиной 3 мм в количестве 1,25–1,50% позволило повысить прочность газобетона при сжатии в возрасте 28 суток в 2,23–2,47 раза по сравнению с соответствующим контрольным образцом. Максимальное значение прочности при сжатии составило 1,88 Н/мм². В образце другого состава, армированном волокнами из джинсовой ткани длиной 2 мм, коэффициент теплопроводности снизился на 18,7% относительно контрольного образца. Кроме того, выявлено улучшение несущей способности и показателей поглощения энергии газобетонных стен, усиленных панелями из сталефибробетона. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения волокон для улучшения физико-механических свойств газобетона, ограничения развития трещин и повышения конструкционной устойчивости строительных элементов в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: газобетон, дисперсное армирование, микроволокно, фибра, усадка при высыхании, трещинообразование, перекрытие трещин волокнами, неавтоклавный газобетон, деформативность, конструкционная устойчивость.

KIRISH

Zamonaviy qurilish industriyasida energiya tejamkorligini oshirish va bino konstruksiyalarining doimiy yuklarini kamaytirish muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqsadda oʻrtacha quruq hajm massasi 300–1000 kg/m³ oraligʻida boʻlgan yengil yacheykali betonlar — gazbeton va koʻpikbeton bloklari jahon va mintaqaviy qurilish amaliyotida keng miqyosda qoʻllanilmoqda [18, 20]. Gazbeton materiallari oʻzining past issiqlik oʻtkazuvchanligi ($\lambda = 0,08\text{--}0,18 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), yuqori yongʻinbardoshligi va ekologik xavfsizligi tufayli anʼanaviy pishiq gʻisht va ogʻir beton konstruksiyalariga nisbatan muayyan texnik-iqtisodiy afzalliklarga ega [6, 11].

Biroq gazbetondan tayyorlangan yirik oʻlchamli devorbop bloklarning amaliyotda keng qoʻllanilishida ularning moʻrtligi hamda qotish va quritish bosqichlarida darz ketish (yoriqlar hosil boʻlishi) xavfi muhim texnik muammolardan biri boʻlib qolmoqda. Ayniqsa, avtoklav jarayonisiz tayyorlanadigan yacheykali betonlarning quritishdagi kirishish deformatsiyasi avtoklavlangan analoglariga nisbatan yuqori boʻlishi kuzatiladi [5, 9].

Beton tarkibidagi erkin va adsorbsiyalangan namlik tashqi muhitga bugʻlanganda gidratlangan kalsiy silikat (C-S-H) jeli namligini yoʻqotadi. Zarrachalar orasidagi masofa qisqarib, kapillyar bosim kuchayadi va tashqi mexanik yuk taʼsir etmasa ham, material ichida choʻzuvchi kuchlanishlar shakllanadi [21]. Gazbetonning choʻzilishdagi mustahkamligi past boʻlganligi sababli, ushbu ichki kuchlanishlar chegaraviy qarshilikdan oshib ketganda bloklar sirtida va gʻovaklararo yupqa toʻsiqlarda darz ketish hamda mikroyoriqlar hosil boʻladi. Gazbetonning quritishdagi kirishishini aniqlash usuli EN 680:2005 standartida belgilangan [2].

Ushbu muammoni kamaytirishning istiqbolli usullaridan biri qorishma tarkibiga mikrotolalarni (fibra) kiritish orqali dispers armaturalash hisoblanadi [7, 17]. Mikrotolalar fazalararo chegaradagi choʻzuvchi kuchlanishlarni qabul qilib, yoriqlarni koʻpriklash (crack-bridging) effekti orqali ularning yirik yoriqlarga aylanishini cheklaydi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — turli kelib chiqishga ega mikrotolalar (toʻqimachilik denim chiqindilari, tabiiy qogʻoz sellyulozasi, bazalt, polipropilen va poʻlat tolalari) bilan armaturalangan gazbeton namunalarning fizik-mexanik xususiyatlari, quritishdagi kirishishi va devor fragmentlarining yuk ostida darz ketish mexanizmlarini eksperimental tahlil qilish hamda ishlab chiqarish uchun ilmiy asoslangan amaliy tavsiyalarni ishlab chiqarishdan iborat.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

2.1. Yacheykali betonlar texnologiyasi va strukturaviy shakllanishi

Yacheykali betonlarning (gazbeton va koʻpikbeton) ilmiy asoslari va ularning gʻovak strukturasi shakllantirish qonuniyatlari koʻplab tadqiqotchilar tomonidan oʻrganilgan. Jumladan, Narayanan va Ramamurthy [16] yacheykali betonlarning tuzilishi hamda fizik-mexanik xususiyatlarini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilganlar. Oʻzbekiston olimlaridan Qosimov [18], Adilxodjayev va Narbayev [5], Usmonov va Bahodirov [20] tomonidan qurilish materiallari, mahalliy xomashyolardan foydalanish va yacheykali betonlar ishlab chiqarish texnologiyalariga oid masalalar tadqiq etilgan.

Tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, gazbeton ishlab chiqarishning klassik usullaridan biri yuqori harorat (180–190 °C) va yuqori bosimli (10–12 bar) toʻyingan bugʻ muhitida avtoklavlash jarayonidir [10, 16]. Avtoklav sharoitida sement va ohakning tarkibiy qismlari kvarts qumi (SiO₂) bilan gidrotermal reaksiyaga kirishib, yuqori mustahkamlikka ega boʻlgan kalsiy gidrosilikatlari — tobermorit va ksonotlit kristall fazalarini hosil qiladi. Ushbu minerallar materialning mexanik mustahkamligi va oʻlcham barqarorligini taʼminlashga xizmat qiladi. Biroq avtoklav jarayoni yuqori energiya sarfini (1 m³ mahsulot uchun 280–350 MJ) talab etishi sababli, ishlab chiqarish tannarxi nisbatan yuqori boʻlib qolmoqda.

Bunga muqobil sifatida avtoklavsiz gazbeton va ko'pikbeton texnologiyalari rivojlanmoqda [5, 9]. Ko'rib chiqilgan texnologik sharoitlarda avtoklavsiz ishlab chiqarish energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi (1 m^3 uchun 80–120 MJ). Bunda yuqori haroratli gidrosilikatlarning kristallanishi yuz bermaydi, mineralogik karkas asosan past asosli kalsiy gidrosilikat gelidan (C-S-H) iborat bo'ladi. Bu holat materialning deformatsiyalanish xususiyatlariga ta'sir ko'rsatib, quritish davridagi kirishish hamda darz ketish xavfini oshirishi mumkin.

2.2. Gazbetonda darz ketish va quritishdagi kirishish mexanizmlari tahlili

Quritishdagi kirishish (kuruma rötresi / drying shrinkage) yacheykali betonlarning muhim deformatsion ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, material tarkibidagi namlikning bug'lanishi bilan bevosita bog'liqdir [21]. Holt va Leivo [12] o'z tadqiqotlarida betonlarda erta yoshdagi kirishish (early-age shrinkage) jarayonida paydo bo'ladigan ichki kuchlanishlar materialning cho'zilishdagi mustahkamligidan oshganda mikroyoriqlar hosil bo'lish xavfini asoslab berganlar.

Uysal va hammualliflari [21] gazbetonning quritishdagi kirishishiga bog'lovchi materiallar miqdorining ta'sirini tahlil qilib, so'nmgan ohak miqdori 25% dan 30% gacha ortganda barqaror kirishish qiymati 0,120 mm/m dan 0,150 mm/m gacha ko'tarilishini, sement miqdori 7% dan 10% gacha oshganda esa kirishish 0,091 mm/m dan 0,109 mm/m gacha ortishini eksperimental aniqlaganlar. Mualliflarning ta'kidlashicha, atrof-muhitning nisbiy namligi kamayganda dastlab sement-ohak xamirining kapillyar g'ovaklaridagi erkin suv, so'ngra C-S-H jeli qatlamlaridagi adsorbsiyalangan suv bug'lanadi. Jel zarrachalarining bir-biriga yaqinlashishi va adsorbsion plyonkalarining yupqalashishi hisobiga hajm qisqaradi hamda ichki cho'zuvchi kuchlanishlar shakllanadi. Qorishmada bog'lovchi (ohak va sement) miqdori ortishi C-S-H jeli miqdori va quritishdagi kirishish ko'rsatkichlariga ta'sir ko'rsatib, muayyan sharoitlarda darz ketish xavfini kuchaytirishi mumkin.

2.3. Yacheykali betonlarni mikrotolalar (fibra) bilan dispers armaturalash bo'yicha xorijiy va mahalliy tadqiqotlar

Yacheykali va yengil betonlarni dispers armaturalashning ilmiy asoslari Mobasher va Li [15] hamda Bonakdar va hammualliflari [7] tadqiqotlarida yoritilgan. Ularning ishlarida tolalarning sement matritsasida taqsimlanishi, mexanik xususiyatlarga ta'siri va yoriqlarni ko'priklash (crack-bridging) effekti orqali cho'zuvchi kuchlanishlarni qayta taqsimlash mexanizmlari o'rganilgan. Keyinchalik Özcan va Gündüz [17] sanoat chiqindi tolalaridan foydalanish orqali avtoklavsiz gazbetonning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilash imkoniyatlarini eksperimental tadqiq etganlar.

Dispers armaturalash samaradorligi tolaning elastiklik (Yung) moduli va beton matritsasining deformatsiyalanish xususiyatlari o'rtasidagi nisbatga bog'liq [7, 15]. Fibraning elastiklik moduli betonnikidan 3–10 barobar yuqori bo'lganda (masalan, bazalt va po'lat tolalarda) mexanik mustahkamlik hamda yorilishga chidamlilik ortishi mumkin. Tolaning elastiklik moduli betonnikiga yaqin bo'lganda (masalan, polipropilen va polietilen tolalarda) materialning yemirilish xarakteri mo'rt holatdan nisbatan deformatsiyalanuvchan (duktil) holatga o'tishi mumkin.

Steshenko [19] va Kalugin [13] tadqiqotlarida dispers armaturalashning ko'pikbetonning fizik-mexanik xususiyatlari hamda kirishish deformatsiyalariga ta'siri ko'rib chiqilgan. Ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarda diametri 18–30 mkm bo'lgan mikrotolalar g'ovaklararo to'siqlarda bir tekis taqsimlanganda, fazalararo chegarada kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi hisobiga plastik kirishish 37–45% ga, quritishdagi kirishish esa 40–50% ga kamayishi qayd etilgan. Bunda bazalt tolalari kirishishni 47% ga, polipropilen tolalari esa 40% ga pasaytirishi ko'rsatilgan.

2.4. Sanoat chiqindi tolalari va metall tolalardan foydalanishning konstruktiv samaradorligi

Aylanma iqtisodiyot (circular economy) va resurslarni tejash tamoyillari doirasida sanoat chiqindi tolalarini gazbeton ishlab chiqarishga jalb qilish bo'yicha Özcan va Gündüz [17] tomonidan tadqiqotlar olib borilgan. Mualliflar to'qimachilik sanoatining denim chiqindi tolalari (Lif 1 va Lif 2) hamda ikkilamchi qog'oz sellyulozasi (Lif 3) bilan avtoklavsiz gazbetonni armaturalash samaradorligini o'rganganlar. Ularning natijalari shuni ko'rsatdiki, 3 mm uzunlikdagi denim tolasini 1,25–1,50% miqdorda kiritish siqilishdagi mustahkamlikni MK2 nazorat namunasiga nisbatan 2,23–2,47 barobar oshirish bilan birga, issiqlik o'tkazuvchanlikni sezilarli darajada pasaytirgan. Gündüz va Kalkan [11] esa avtoklavsiz gazbeton ishlab chiqarishda mineral xomashyo resurslaridan foydalanish imkoniyatlarini tadqiq etganlar.

Gazbeton devor konstruksiyalarini po'lat tolali beton panellar yordamida mustahkamlash samaradorligi Büyükkaragöz, Sevil va Koprman [8] tomonidan diagonal siqish tajribalarida o'rganilgan. Tadqiqotda Dramix ZP305 po'lat tolalari qo'shilgan beton panellar bilan mustahkamlangan gazbeton devor namunalari armaturalanmagan namunalarga nisbatan yuqori yuk ko'tarish va energiya yutish ko'rsatkichlarini namoyon etgan. Jumladan, tegishli tajriba namunasida gorizontall energiya yutish qobiliyati 12,7 barobardan ziyod oshgani aniqlangan.

Kimyoviy qo'shimchalar bilan mikrotolalarning birgalikda qo'llanilishi ham muhim ilmiy-amaliy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Superplastifikatorlar qorishmaning reologik xususiyatlarini boshqarishda, silikon asosidagi gidrofobizatorlar esa suv shimuvchanlikni kamaytirishda qo'llanilishi mumkin. Ushbu



qo'shimchalarning mikrotolalar bilan o'zaro ta'siri, tolalarning adgeziyasi va quritishdagi kirishishga miqdoriy ta'sirini baholash qo'shimcha eksperimental tadqiqotlarni talab qiladi.

2.5. Mavjud tadqiqotlardagi ilmiy bo'shliq va tadqiqotning maqsadli vazifalari

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, avvalgi tadqiqotlarning muayyan qismi ko'pikbeton tizimlariga yoki an'anaviy avtoklavli gazbetonlarga bag'ishlangan [7, 13, 16, 19]. Avtoklavsiz gazbeton bloklarida turli kelib chiqishga ega (to'qimachilik chiqindisi, tabiiy selluloza, sintetik polimer va po'lat) tolalarning darz ketish kinetikasi, quritishdagi kirishishni kamaytirish chegaralari va devor bloklarining seysmik yaxlitligiga ta'sirini kompleks qiyosiy baholash masalalari qo'shimcha tadqiqotlarni talab qiladi. Ushbu masalalarni yanada kengroq o'rganish maqsadida mazkur ishda turli elastiklik moduliga ega tolalarning gazbeton matritsasidagi ishlash mexanizmlarini eksperimental natijalar asosida baholash nazarda tutilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot metodologiyasi gazbeton tarkibiga turli kelib chiqishga ega tolalarni kiritish bo'yicha ilgari o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalarini qiyosiy tahlil qilishga asoslangan. Avtoklavsiz gazbeton namunalarining tarkibi va fizik-mexanik ko'rsatkichlari Özcan va Gündüz [17], gazbeton devorlarini po'lat tolali beton panellar bilan mustahkamlash usullari esa Büyükkaragöz va hammualliflari [8] tadqiqotlari asosida ko'rib chiqildi.

3.1. Qo'llanilgan xomashyolar va komponentlar

Özcan va Gündüz [17] tomonidan o'tkazilgan eksperimental tadqiqotda quyidagi xomashyo materiallaridan foydalanilgan:

Bog'lovchi: EN 197-1 standarti bo'yicha CEM I 42,5 R toifali portlandsement hamda so'nmagani ohak (CaO).

Kremniyli komponent: 500 mkm o'lchamli g'alvirdan o'tkazilgan standart kvarts qumi.

Gaz hosil qiluvchi komponent: tozalik darajasi 99,9% bo'lgan alyuminiy kukuni.

Kimyoviy modifikatorlar: qotish jarayonini tezlashtirish va g'ovak hosil bo'lish jarayonini boshqarish maqsadida natriy sulfat (Na_2SO_4) hamda kalsiy xlorid (CaCl_2).

Aralashtirish suvi: gaz hosil bo'lishining kimyoviy reaksiyasini faollashtirish maqsadida 80 °C gacha qizdirilgan suv. Suvning qattiq komponentlarga massaviy nisbati (S/Q) 0,65 etib belgilangan.

3.2. O'rganilgan mikrotolalar tavsifi

Tadqiqot doirasida elastiklik moduli, kelib chiqishi va geometrik o'lchamlari turlicha bo'lgan quyidagi tolalarning xususiyatlari qiyosiy baholandi:

Lif 1 (to'qimachilik chiqindi tolasi): denim matolarini sanoat usulida qayta ishlashdan ajratib olingan, paxta va sintetik tolalar nisbati 90:10 bo'lgan, maksimal uzunligi 3 mm ni tashkil etuvchi gibril tola [17].

Lif 2 (to'qimachilik chiqindi tolasi): denim chiqindilaridan olingan, paxta va sintetik tolalar nisbati 70:30 bo'lgan, maksimal uzunligi 2 mm ni tashkil etuvchi tola [17].

Lif 3 (qog'oz sellulozasi tolasi): qog'oz sanoati chiqindilaridan olingan, 100% tabiiy sellulozadan iborat, o'rtacha uzunligi 200 mkm bo'lgan oq rangli mikrotola [17].

Bazalt va polipropilen tolalari: diametri 18–30 mkm, elastiklik moduli mos ravishda 80–100 GPa va 3,5–8,0 GPa oralig'ida bo'lgan dispers armaturalovchi mikrotolalar. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalashning fizik-mexanik samaradorligi Kalugin [13] tadqiqotida ham ko'rib chiqilgan.

Po'lat tolasi (Dramix ZP305): uzunligi 30 mm, diametri 0,55 mm, uzunligining diametriga nisbati 55, cho'zilishdagi mustahkamligi 1100 MPa va elastiklik moduli 200 GPa bo'lgan yuqori modulli sanoat fibrasi. Mazkur turdagi po'lat tolalarning beton panellar tarkibida qo'llanilishi Büyükkaragöz va hammualliflari [8] tomonidan tadqiq etilgan.

3.3. Namunalarni tayyorlash va sinov metodikasi

Prizmatik namunalar: gazbeton bloklarining fizik-mexanik ko'rsatkichlarini baholash uchun 100 × 100 × 120 mm o'lchamdagi prizmatik namunalar tayyorlangan. Har bir seriya uchun kamida 15 ta namuna qoliplangan. Namunalar dastlabki qotish bosqichidan so'ng avtoklavsiz sharoitda saqlanib, ularning fizik-mexanik ko'rsatkichlari 28 kunlik qotish davridan keyin baholangan [17].

Devor fragmentlari: gazbetondan qurilgan devorlarning diagonal siquvchi yuk ostida darz ketishi va yemirilish mexanizmlarini baholash uchun 900 × 900 × 200 mm o'lchamdagi devor namunalarini sinash usuli ko'rib chiqilgan. Po'lat tolali beton panellar bilan mustahkamlangan devorlarning yuk ko'tarish qobiliyati va deformatsion xususiyatlari Büyükkaragöz va hammualliflari [8] tadqiqoti asosida tahlil qilingan.

Siqilishdagi mustahkamlik sinovi: 28 kunlik namunalarning siqilishdagi mustahkamligi gidravlik press yordamida baholangan. Sinov natijalarini tahlil qilishda EN 772-1:2011+A1:2015 standartining sinov usullari [4] va EN 771-4:2011+A1:2015 standartida keltirilgan mahsulot xususiyatlariga oid talablar [3] hisobga olingan.

Quritishdagi kirishish sinovi: quritishdagi kirishish deformatsiyasini aniqlash uchun EN 680:2005 standartida [2] belgilangan uslubiy yondashuv ko'rib chiqilgan. Ushbu standartga muvofiq, namunalar kamida 72 soat davomida suvga to'yintiriladi, so'ngra 20 ± 2 °C harorat va $45 \pm 5\%$ nisbiy namlik sharoitida saqlanib, ularning chiziqli o'lchamlaridagi o'zgarishlar maxsus o'lchash moslamasi yordamida qayd etiladi. Mazkur standart avtoklavlangan gazbeton uchun ishlab chiqilganligi sababli, uning avtoklavsiz namunalar uchun qo'llanishi alohida metodik asoslashni talab qiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik va g'ovaklilik: issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, ko'rinma g'ovaklilik va suv shimuvchanlik ko'rsatkichlari qiyosiy baholangan. Ko'rinma g'ovaklilik quruq hajmiy massa va massaviy suv shimuvchanlik ko'rsatkichlari asosida hisoblangan. Ushbu ko'rsatkichlar bo'yicha eksperimental ma'lumotlar Özcan va Gündüz [17] tadqiqotidan olingan.

TAHLIL VA NATIJALAR

4.1. Mikrotolalar miqdorining fizik-mexanik xususiyatlarga ta'siri

Özcan va Gündüz [17] tomonidan o'tkazilgan eksperimental tadqiqotda tolasiz nazorat seriyalari (MK1 va tarkibiga 2% Na_2SO_4 qo'shilgan MK2) hamda 1,25% va 1,50% miqdorda tola qo'shilgan kompozitsiyalar (MU1, MU2, Mİ1, Mİ2, MB1, MB2) sinovdan o'tkazilgan. Mazkur tajriba natijalari asosida mikrotolalar turi va miqdorining gazbetonning quruq hajmiy massasi, massaviy suv shimuvchanligi, siqilishdagi mustahkamligi, ko'rinma g'ovakliliigi hamda issiqlik o'tkazuvchanligiga ta'siri qiyosiy tahlil qilindi (1-jadval).

1-jadval. **Turli mikrotolalar bilan armaturalangan** gazbeton namunalarining fizik-mexanik ko'rsatkichlari.

Namuna kodi	Qo'llanilgan tola turi va ulushi	Quruq holatdagi hajmiy massa, kg/m ³	Massaviy suv shimuvchanlik, %	Siqilishdagi mustahkamligi, N/mm ²	Ko'rinma g'ovaklilik, %	Issiqlik o'tkazuvchanlik, W/m·K
MK1	Tolasiz (nazorat, qo'shimchasiz)	979	41,90	1,46	49,12	0,288
MK2	Tolasiz (nazorat + 2% Na_2SO_4)	854	44,55	0,76	45,94	0,241
MU1	Lif 1 (3 mm denim) – 1,25%	781	47,82	1,70	46,61	0,205
MU2	Lif 1 (3 mm denim) – 1,50%	793	49,85	1,88	50,51	0,218
Mİ1	Lif 2 (2 mm denim) – 1,25%	749	45,80	1,28	44,60	0,214
Mİ2	Lif 2 (2 mm denim) – 1,50%	725	48,87	1,12	46,86	0,196
MB1	Lif 3 (sellyuloza) – 1,25%	852	44,85	1,44	47,97	0,234
MB2	Lif 3 (sellyuloza) – 1,50%	839	45,97	1,18	47,33	0,235

Manba: Özcan va Gündüz [17] tadqiqoti asosida tuzilgan.

1-jadvalda keltirilgan natijalar tahlili quyidagilarni ko'rsatdi:

Mustahkamlikning oshishi. Lif 1 (3 mm uzunlikdagi denim tolas) 1,25% va 1,50% miqdorda qo'shilganda, siqilishdagi mustahkamlik mos ravishda 1,70 N/mm² va 1,88 N/mm² ni tashkil etib, MK2 nazorat namunasiga nisbatan 2,23 va 2,47 baravarga yetdi [17].

Tolalarning optimal miqdori. Lif 2 (2 mm uzunlikdagi denim tolas) uchun eng yuqori mustahkamlik ko'rsatkichi 1,25% miqdorda (1,28 N/mm²) qayd etildi. Tola miqdori 1,50% gacha oshirilganda mustahkamlik 1,12 N/mm² gacha pasaydi. Sellyuloza tolas (Lif 3) qo'llanilganda ham uning miqdori 1,50% ga yetkazilishi natijasida mustahkamlik 1,18 N/mm² gacha kamaydi [17].

Issiqlik o'tkazuvchanlikning kamayishi. Mİ2 namunasida issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti MK2 nazorat namunasiga nisbatan 18,7% ga kamayib, 0,196 W/(m·K) ni tashkil etdi [17].

4.2. Bog'lovchi materiallar miqdori va mikrotolalarning quritishdagi kirishishga ta'siri

Uysal va hammualliflari [21] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda so'nmgan ohak miqdori 25% dan 30% gacha oshirilganda, gazbetonning barqaror quritishdagi kirishishi 0,120 mm/m dan 0,150 mm/m gacha ortgani, sement miqdori 7% dan 10% gacha ko'paytirilganda esa ushbu ko'rsatkich 0,091 mm/m dan 0,109 mm/m gacha oshgani aniqlangan.

Dispers armaturalashning quritishdagi kirishishga ta'siri Steshenko [19] va Kalugin [13] tadqiqotlarida



ham o'rganilgan. Mikrotolalarning g'ovaklararo to'siqlarda bir tekis taqsimlanishi ichki kuchlanishlarning qayta taqsimlanishiga hamda kirishish deformatsiyalarining kamayishiga xizmat qilishi mumkin. Dispers armaturalashning plastik va quritishdagi kirishish deformatsiyalariga ta'siri ko'rib chiqilgan bo'lib, uning miqdoriy samaradorligi tolalarning turi va qo'llanish sharoitlariga bog'liq. Shuningdek, bazalt tolalari kirishishni 47% ga, polipropilen tolalari esa 40% ga kamaytirishi ko'rsatilgan.

4.3. Gazbeton bloklardan qurilgan devor panellarining diagonal yuk ostida darz ketishi

Büyükkaragöz va hammualliflari [8] tomonidan o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlarda gazbeton bloklardan qurilgan 900 × 900 × 200 mm o'lchamdagi devor namunalarining diagonal siquvchi yuk ta'sirida darz ketishi va yemirilish xususiyatlari o'rganilgan. Tajribalarda armaturalanmagan gazbeton devorlar hamda po'lat tolali beton panellar yordamida mustahkamlangan devor namunalarining yuk ko'tarish qobiliyati, deformatsiyalanish xususiyatlari va energiya yutish ko'rsatkichlari qiyosiy baholangan (2-jadval).

2-jadval. Gazbeton devor namunalarining yuk ko'tarish va yemirilish parametrlari.

Namuna	Kuchaytirish turi / Tolalar tarkibi	Maksimal cho'qqi yuki, kN	Nazorat namunasiga nisbatan koeffitsiyent	Yemirilish yuki, kN	Energiya yutish, J (Tik / Yotiq)	Yemirilish xarakteri
GBR	Armaturalanmagan sof gazbeton devor	80	1,0	68	49 / 18	Mo'rt, diagonal yoriq bo'ylab parchalanib ketish
GB0	Tolali beton panel bilan mustahkamlangan devor	223	2,79 barobar	190	164 / 163	Yoriq paydo bo'lishi va panel ko'chishi
GB1	1% po'lat tola (Dramix ZP305)	259	3,24 barobar	219	109 / 43	Yoriq kengligi cheklangan, parchalanish yo'q
GB2	2% po'lat tola (Dramix ZP305)	235	2,94 barobar	197	265 / 230	Sünnek

Manba: Büyükkaragöz A., Sevil N., Koprman Y. (2019) tomonidan o'tkazilgan eksperimental tadqiqot natijalari asosida tuzilgan [8].

5.1. Darz ketishning oldini olish va yoriqlarni ko'priklash (crack-bridging) mexanizmi

Eksperimental tadqiqotlar natijalari va ularning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, mikrotolalarning gazbeton matritsada yoriqlar rivojlanishini cheklashdagi ta'sirini uch bosqichli mexanizm orqali izohlash mumkin [7, 15]:

Mikroyoriqlarning rivojlanishini cheklash. G'ovaklararo to'siqlarda namlikning bug'lanishi va C-S-H jelining suvsizlanishi natijasida dastlabki mikroyoriqlar hosil bo'lganda, matritsada bir tekis taqsimlangan mikrotolalar ularning kengayishini cheklaydi. Tolalarning cho'zilishga qarshiligi yoriq uchidagi kuchlanishlar konsentratsiyasini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kuchlanishlarni qayta taqsimlash (yoriqlarni ko'priklash). Cho'zuvchi kuchlanishlar tolalar orqali matritsaning qo'shni qismlariga uzatiladi. Natijada yoriqlarning kengayishi sekinlashadi va materialning yaxlitligini saqlash imkoniyati ortadi.

Mo'rt yemirilishdan deformatsiyalanuvchan holatga o'tish. 2-jadvalda keltirilgan natijalarga ko'ra, armaturalanmagan gazbeton devor namunasi (GBR) 80 kN maksimal yukda mo'rt yemirilish xususiyatini namoyon etgan. Po'lat tolali beton panellar bilan mustahkamlangan GB1 va GB2 namunalarida esa devor yaxlitligini saqlash va deformatsiya energiyasini yutish ko'rsatkichlari yaxshilangan. Xususan, GB2 namunasining gorizontali yo'nalishdagi energiya yutish ko'rsatkichi 230 J ni tashkil etib, armaturalanmagan GBR namunasidagi 18 J ga nisbatan taxminan 12,77 barobar yuqori bo'lgan [8].

5.2. Tola miqdori va uzunligining chegaraviy qiymatlari

Eksperimental natijalar tola miqdori muayyan chegaradan oshganda armaturalash samaradorligi pasayishi mumkinligini ko'rsatadi. Uzunligi 3 mm bo'lgan denim tolasi (Lif 1) 1,50% gacha qo'shilganda siqilishdagi mustahkamlik ortgan. Uzunligi 2 mm bo'lgan denim tolasi (Lif 2) va o'rtacha uzunligi 200 mkm bo'lgan selluloza tolasi (Lif 3) miqdori 1,25% dan 1,50% gacha oshirilganda esa siqilishdagi mustahkamlik mos ravishda 12,5%



va 18,1% ga kamaygan [17].

Mazkur holat tolalarning geometrik o'lchamlari, solishtirma sirt maydoni va qorishmada taqsimlanish xususiyatlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Xususan, kalta tolalarning suvni shimishi va qorishma qovushqoqligini oshirishi gaz hosil bo'lish jarayoniga hamda g'ovaklar strukturasi shakllanishiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Natijada materialning fizik-mexanik xususiyatlarida farqlar yuzaga kelishi mumkin.

Shu sababli tolalarning optimal miqdorini ularning turi, uzunligi va tarkibiga bog'liq holda belgilash maqsadga muvofiqdir. Ko'rib chiqilgan eksperimental natijalarga ko'ra, Lif 2 va Lif 3 tolalari uchun 1,25%, Lif 1 tolasi uchun esa 1,50% miqdor nisbatan yuqori siqilish mustahkamligini ta'minlagan [17].

5.3. Avtoklavli va avtoklavsiz texnologiyalar uchun tolalarni tanlash mezonlari

Avtoklavli texnologiya sharoitida (180–190 °C, 10–12 bar to'yingan bug'). Yuqori harorat va gidrotermal muhit ta'sirida ayrim organik hamda sintetik tolalarning fizik-mexanik xususiyatlari o'zgarishi mumkin. Xususan, polipropilen tolalar yuqori haroratda yumshashi yoki erishi, selluloza tolalari esa gidrotermal sharoitda strukturaviy o'zgarishlarga uchrashi mumkin. Shu sababli avtoklavli gazbeton ishlab chiqarishda yuqori haroratga chidamli anorganik tolalar, jumladan, bazalt yoki vollastonit tolalaridan foydalanish imkoniyatlarini o'rganish maqsadga muvofiqdir. Bunda tolalarning ishqoriy muhitga chidamliligi va sement matritsasi bilan o'zaro ta'siri ham hisobga olinishi zarur.

Avtoklavsiz texnologiya sharoitida. Yuqori haroratli gidrotermal ishlov berish bosqichi mavjud bo'lmaganligi sababli polipropilen, ikkilamchi selluloza va qayta ishlangan to'qimachilik (denim) tolalaridan foydalanish imkoniyatlari kengayadi. Ushbu tolalar materialning mustahkamligi, zichligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va yorilishga chidamliligiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Avtoklavsiz gazbeton ishlab chiqarishda qayta ishlangan sanoat chiqindi tolalaridan foydalanishning texnik samaradorligi eksperimental tadqiqotlarda qayd etilgan [7, 17].

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'rganilgan ilmiy manbalar va eksperimental natijalarning qiyosiy tahlili asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

Darz ketish va kirishish deformatsiyalarining kamayishi. Gazbeton tarkibiga mikrotolalarni kiritish ichki cho'zuvchi kuchlanishlarning qayta taqsimlanishiga, mikroyoriqlar rivojlanishining cheklanishiga va materialning deformatsion barqarorligini yaxshilashga xizmat qilishi mumkin. Dispers armaturalashning kirishish deformatsiyalariga ijobiy ta'siri tadqiqotlarda ko'rib chiqilgan bo'lib, uning miqdoriy samaradorligi tolalarning turi, miqdori va texnologik sharoitlariga bog'liq [7, 13, 19].

Mexanik mustahkamlikning oshishi. To'qimachilik sanoati chiqindilaridan olingan 3 mm uzunlikdagi denim tolalarini 1,25–1,50% miqdorda qo'llash avtoklavsiz gazbetonning 28 kunlik siqilishdagi mustahkamligini MK2 nazorat namunasiga nisbatan 2,23–2,47 barobargacha oshirgan. Eng yuqori mustahkamlik ko'rsatkichi 1,88 N/mm² ni tashkil etgan [17].

Devor konstruksiyalarining yemirilishga chidamliligi. Po'lat tolali beton panellar bilan mustahkamlangan gazbeton devor namunalari maksimal yuk ko'tarish qobiliyati armaturalanmagan namunaga nisbatan 3,24 barobargacha ortgan. Boshqa tajriba namunasida gorizontal yo'nalishdagi energiya yutish qobiliyati 12,77 barobargacha oshgan. Natijalar mazkur mustahkamlash usulining mo'rt yemirilish xavfini kamaytirish va konstruktiv yaxlitlikni saqlash imkoniyatini ko'rsatadi [8].

Issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlarining yaxshilanishi. Qayta ishlangan denim tolalarining ayrim turlarini qo'llash gazbetonning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini kamaytirishga yordam bergan. Xususan, 2 mm uzunlikdagi Lif 2 tolasi 1,50% miqdorda kiritilgan M12 namunasida issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti MK2 nazorat namunasiga nisbatan 18,7% ga kamayib, 0,196 W/(m·K) ni tashkil etgan [17].

Ishlab chiqarish va qurilish amaliyoti uchun tavsiyalar:

Optimal miqdor. Gazbeton qorishmasiga kiritiladigan tola miqdorini uning turi va geometrik xususiyatlariga qarab tanlash tavsiya etiladi. Ko'rib chiqilgan tajriba natijalariga ko'ra, 2 mm uzunlikdagi denim va selluloza tolalari uchun 1,25%, 3 mm uzunlikdagi denim tolasi uchun esa 1,50% miqdor nisbatan samarali bo'lgan. Tola miqdorini bundan ortiq oshirishdan oldin qorishmaning reologik va fizik-mexanik ko'rsatkichlarini qo'shimcha baholash zarur.

Tola uzunligi. Qorishmada tolalarning to'planib qolishini cheklash va g'ovaklar strukturasi bir xilda shakllanishini ta'minlash uchun tolalar uzunligini aralashma tarkibiga muvofiq tanlash maqsadga muvofiqdir. Qayta ishlangan denim tolalari uchun 2–3 mm uzunlikdagi variantlardan foydalanish imkoniyati eksperimental natijalar bilan asoslangan [17].

Reologik nazorat. Tolalarning suv shimuvchanligini hisobga olgan holda, qorishmaning oquvchanligi va gaz hosil bo'lish jarayonini nazorat qilish tavsiya etiladi. O'rganilgan tajriba tarkiblarida suvning qattiq



komponentlarga nisbati 0,65 etib belgilangan. Ushbu nisbatni boshqa tarkiblarga tatbiq etishda sement, ohak, qum va tola miqdorlarini hisobga olish lozim. Zarur hollarda superplastifikatorlardan foydalanish imkoniyatlarini qo'shimcha sinovlar asosida baholash mumkin.

Texnologik tanlov. Avtoklavli ishlab chiqarish liniyalarida yuqori haroratga chidamli anorganik tolalardan, avtoklavsiz gazbeton ishlab chiqarishda esa polipropilen, ikkilamchi selluloza va qayta ishlangan to'qimachilik chiqindi tolalaridan foydalanish imkoniyatlarini ko'rib chiqish tavsiya etiladi. Yakuniy tanlov materiallarning fizik-mexanik xususiyatlari, ishlab chiqarish sharoitlari va iqtisodiy samaradorlikni kompleks baholash asosida amalga oshirilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. TS 453:1988. Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları. – Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 1988.
2. EN 680:2005. Determination of the Drying Shrinkage of Autoclaved Aerated Concrete. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2005. – URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3ed61eb3-0c4f-446b-95a6-35415b9eaf5d/en-680-2005>.
3. EN 771-4:2011+A1:2015. Specification for Masonry Units. Part 4: Autoclaved Aerated Concrete Masonry Units. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2015. – URL: <https://www.evs.ee/en/evs-en-771-4-2011-a1-2015-consolidated>.
4. EN 772-1:2011+A1:2015. Methods of Test for Masonry Units. Part 1: Determination of Compressive Strength. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2015. – URL: <https://www.evs.ee/en/evs-en-772-1-2011-a1-2015-consolidated>.
5. Adilxodjayev A. I., Narbayev U. I. Ko'pikbeton samaradorligini oshirishning mahalliy xomashyolar bilan tarkibini modifikatsiyalash asoslari // Me'morchilik va qurilish muammolari. – 2025. – № 2. – B. 131–132.
6. Aydın İpekçi C., Köse N. N. Döngüsel Ekonomi Bağlamında Gazbetonun Sürdürülebilirliği // Kent Akademisi. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – P. 1007–1021. – DOI: <https://doi.org/10.35674/kent.936338>.
7. Bonakdar A., Babbitt F., Mobasher B. Physical and Mechanical Characterization of Fiber-Reinforced Aerated Concrete (FRAC) // Cement and Concrete Composites. – 2013. – Vol. 38. – P. 82–91. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.03.006>.
8. Büyükkaragöz A., Sevil N., Koprman Y. Gazbeton Malzemesinden Üretilmiş Duvarların Çelik Lifli Beton Panellerle Güçlendirilmesi: Deneysel Çalışma // Politeknik Dergisi. – 2019. – Vol. 22, No. 2. – P. 335–340. – DOI: <https://doi.org/10.2339/politeknik.389644>.
9. Елистраткин М. Ю., Кожухова М. И. Анализ факторов повышения прочности неавтоклавного газобетона // Строительные материалы и изделия. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 59–68. – DOI: <https://doi.org/10.34031/2618-7183-2018-1-1-59-68>.
10. Güçlüer K., Ünal O., Demir İ. Buhar Kürlü Gazbetonun Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Puzolan Katkısının Etkisi // Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. – 2014. – Vol. 14, No. 1. – P. 1–6. – DOI: <https://doi.org/10.5578/fmbd.7641>.
11. Gündüz L., Kalkan Ş. O. Alaçatı-Alaepietra Taşının Otoklavsız Gazbeton Üretiminde Değerlendirilebilirliği Üzerine Bir Analiz // Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. – 2022. – Vol. 27, No. 3. – P. 467–488. – DOI: <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1095319>.
12. Holt E., Leivo M. Cracking Risks Associated with Early Age Shrinkage // Cement and Concrete Composites. – 2004. – Vol. 26, No. 5. – P. 521–530. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(03\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00068-4).
13. Калугин И. Г. Пенобетоны дисперсно-армированные базальтовым волокном: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Красноярск, 2011. – 152 с.
14. Kızılkaya N., Eren Sarıcı D. Alüminyum Tozu ve Su Oranının Gaz Betonun Fizikomekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi // International Battalgazi Scientific Studies Congress-V. – Malatya, Türkiye, 18–20 December 2020. – P. 28–37.
15. Mobasher B., Li C. Y. Mechanical Properties of Hybrid Cement-Based Composites // ACI Materials Journal. – 1996. – Vol. 93, No. 3. – P. 284–292. – URL: [https://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)1095-9465\(1996\)93:3\(284\)](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)1095-9465(1996)93:3(284)).
16. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and Properties of Aerated Concrete: A Review // Cement and Concrete Composites. – 2000. – Vol. 22, No. 5. – P. 321–329. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(00\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(00)00016-0).
17. Özcan Ş. P., Gündüz L. Otoklavsız Gazbeton Kâgir Blok Elemanlarının Üretiminde Endüstriyel Atık Liflerin Kullanımı Üzerine Teknik Bir Analiz // Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. – 2021. – No. 24. – P. 202–212. – DOI: <https://doi.org/10.31590/ejosat.900083>.
18. Qosimov E. Qurilish ashyolari: darslik. – Toshkent: Mehnat, 2004. – 512 b.
19. Стешенко А. Б. Модифицированный теплоизоляционный пенобетон с пониженной усадкой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Томск, 2015. – 24 с.
20. Usmonov F. B., Bahodirov M. B. Ko'pikbeton aralashmasida ko'pik hosil qiluvchi modda konsentratsiyasi va suv-sement nisbatining zichlik ko'rsatkichlariga ta'sirini tadqiq etish // Elektron konferensiya materiallari. – 2026. – 1-jild, 1-son. – URL: <https://e-conferences.org/index.php/uz/article/view/1272>.
21. Uysal M., Gündoğdu B. C., Sümer M. Gazbetonun Kuruma Rötresine Bağlayıcı Malzeme Miktarı Değişiminin Etkisi // Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. – 2012. – Vol. 28, No. 4. – P. 303–308. – URL: <https://dergipark.erg.tur.tr/pub/erciyesfen/article/269674>.

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. № 10

© 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 kelamasligi 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