

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasini mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasini mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasini mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasini mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasini mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrasini mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasini professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini assistenti



Evaluation of spatial-structural properties and thermal technical indicators of autoclave-free aerated concrete produced from industrial waste

B.G. Kodirov¹, S.S. Shaumarov¹, S.I. Kandakhorov¹

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Annotation: This article explores the phase-structural properties and thermal specifications of autoclaved gazobeton samples using industrial waste, including quartz sand and steel smelting slag. The size, shape, and distribution of pores in Gazobeton have been estimated using electron microscopy and radiofascial analysis methods. Based on the results of the experiment conducted, the thermal conductivity coefficient was determined in the range 0.138–0.147 W/(m·°C) in gazobeton samples enriched with industrial waste. The results of the study showed that the optimal size and distribution of pores significantly improves the thermal insulating and mechanical properties of the material. The microstructure and analysis of the mineral phase composition of gazobeton determined its potential to increase energy efficiency and strength indicators.

Keywords: gasobeton, industrial waste, autoclave-free technology, porous structure, thermal conductivity coefficient, X-ray analysis, electron microscopy, physical and mechanical properties, phase composition.

Sanoat chiqindilari asosidagi konstruksion gazobetonning fizik-mexanik xossalarni baholash

Kodirov B.G.¹, Shaumarov S.S.¹, Kandahorov S.I.¹

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekistan

Annotatsiya: Ushbu maqolada sanoat chiqindilaridan, jumladan kvarts qumi va po'lat eritish shlakidan foydalanilgan avtoklavsiz gazobeton namunalari fazaviy-strukturaviy xususiyatlari va issiqlik texnik ko'rsatkichlari tadqiq qilingan. Gazobeton tarkibidagi g'ovaklarning o'lchami, shakli va taqsimoti elektron mikroskopiya va rentgenofazaviy analiz usullari yordamida baholangan. Olib borilgan tajriba natijalariga ko'ra, sanoat chiqindilari bilan boyitilgan gazobeton namunalarda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti 0,138–0,147 W/(m·°C) oraliqda aniqlangan. Tadqiqot natijalari g'ovaklarning optimal o'lchami va taqsimoti materialning issiqlik izolyatsion va mexanik xossalarni sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatdi. Gazobetonning mikrostrukturasini va mineral faza tarkibining tahlili uning energiya samaradorligi va mustahkamlik ko'rsatkichlarini oshirish imkoniyatlarini belgilab berdi.

Kalit so'zlar: gazobeton, sanoat chiqindilari, avtoklavsiz texnologiya, g'ovak struktura, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, rentgenofazaviy tahlil, elektron mikroskopiya, fizik-mexanik xossalari, fazaviy tarkib.

1. Kirish

Qurilish materiallarining energiya tejamliligi va ekologik tozaligiga bo'lgan talablar ortib borayotgan bir paytda, energiya samarador texnologiyalar asosida gazobeton bloklari ishlab chiqarish alohida ahamiyat kasb etmoqda. Gazobeton — bu kam zichlikka, yuqori issiqlik izolyatsiyasi xususiyatiga va yetarli darajadagi mustahkamlikka ega hujayraviy beton turidir. Bunday xossalari tufayli gazobeton kam qavatli va energiya samarali qurilishda ajralmas material hisoblanadi.

Zamonaviy gazobeton ishlab chiqarish texnologiyalari faqatgina tayyor mahsulotlarning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilashni emas, balki ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida — xom ashyo aralashmasini tayyorlashdan boshlab avtoklavli ishlov berishgacha — energiya sarfini kamaytirishni maqsad qilgan. Komponentlarni avtomatlashtirilgan tarzda dozalastirish tizimlari joriy etish, avtoklav rejimlarini optimallashtirish,

texnologik issiqlik va suvni qayta foydalanish, muqobil bog'lovchi materiallardan foydalanish kabi choralar energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish va mahsulot tannaxrini sifatni yo'qotmagan holda pasaytirishga imkon beradi.

Bundan tashqari, barqaror rivojlanish va yopiq ishlab chiqarish sikli konsepsiyasiga mos ravishda ikkilamchi resurslardan — masalan, uchuvchi kul, mikrosilika va qurilish chiqindilaridan — foydalanishga ham alohida e'tibor qaratilmoqda. Gazobeton mahsulotlarini ishlab chiqarish texnologiyasi beton aralashmasining tarkibiga bevosita bog'liq bo'lib, beton massasida hosil bo'ladigan g'ovakli struktura, uning shakllanish usullari, gazobetonning mustahkamligi va boshqa ko'plab o'ziga xos xususiyatlar bilan belgilanadi.

Beton aralashmasining asosiy komponentlaridan biri gaz hosil qiluvchi modda (odatda alyuminiy kukuni) va gidratlangan kaltsiy oksidi bilan o'zaro ta'sirga kirishganda vodorod ajraladi. Suvda yomon eriydigan ushbu gaz beton aralashmasida ko'plab gazsimon g'ovaklar hosil qiladi, natijada gazobetonning o'ziga xos hujayraviy tuzilmasi

shakllanadi. Zamonaviy qurilish sanoatida energiya samaradorligi va ekologik tozalikka bo'lgan talabning ortishi natijasida yengil vaznga va past issiqlik o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega qurilish materiallariga ehtiyoj oshmoqda. Gazobeton bunday talablarni qondira oladigan muhim qurilish materiali sifatida keng qo'llanilmoqda. Uning asosiy afzalliklari g'ovakli tuzilma natijasida yuzaga keluvchi past issiqlik o'tkazuvchanlik va yengil vazn hisoblanadi.

Ayni vaqtda, sanoat chiqindilaridan, xususan, kvarts qumi va po'lat eritish shlakidan foydalanib, gazobeton ishlab chiqarishni takomillashtirish imkoniyatlari keng tahlil qilinmoqda. Ushbu tadqiqotda gazobeton tarkibida sanoat chiqindilarini qo'llashning issiqlik texnik va fazaviy xususiyatlarga ta'siri o'rganildi. Maqola sanoat chiqindilari asosida tayyorlangan gazobetonning rentgenofazaviy tahlili, elektron mikroskopik tasviri va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini o'lchash natijalariga asoslangan holda materialning optimal tarkibiy va strukturaviy parametrlarini aniqlashga qaratilgan.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot ishining asosiy maqsadi — sanoat chiqindilari asosida ishlab chiqarilgan avtoklavsiz gazobetonning fazaviy va struktura xususiyatlarini, shuningdek, issiqlik texnik ko'rsatkichlarini tajribaviy va analitik usullarda o'rganishdan iborat. Tadqiqot quyidagi bosqichlarda olib borildi:

Namuna tayyorlash: Gazobeton namunalarini tayyorlashda sanoat chiqindilari — kvarts qumi va po'lat eritish shlaki — asosiy xom ashyo sifatida ishlatildi. Tayyorlangan qorishma $100 \times 100 \times 100$ mm o'lchamdagi kub shaklida quyildi va tabiiy sharoitda qattiqlashtirildi. (1-rasm).



1-rasm. Tayyorlangan namunaning umumiy ko'rinishi

Rentgenofazaviy tahlil: Gazobeton namunalari fazaviy tarkibi rentgen difraksiyasi (XRD) usuli bilan o'rganildi. Rentgenogrammalar yordamida kremniy oksidi, kalsiy oksidi, temir oksidi, kalsiy silikatlar, alyuminiy va magniy oksidlarining mavjudligi aniqlanib, ularning kristall strukturalari tasdiqlandi.

Elektron mikroskopiya: Namunalarning mikrostrukturasi aniqlash uchun elektron mikroskopik tasvirlar olindi. G'ovaklarning o'lchami, shakli va taqsimoti tahlil qilindi. G'ovaklarning o'rtacha o'lchami 400–600 mkm oralig'ida ekanligi aniqlangan. Fizik-mexanik xossalarni baholash: Namunalarning zichligi GOST talablari asosida aniqlandi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti nazariy hisob-kitoblar asosida va eksperimental yo'l bilan

o'lchandi.

Natijalarni tahlil qilish: Olingan rentgenogrammalar, mikroskopik tasvirlar va issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari asosida gazobetonning fazaviy va struktura xususiyatlari baholandi va ularning issiqlik texnik ko'rsatkichlarga ta'siri tahlil qilindi. Metodologiya asosida olib borilgan tajribalar sanoat chiqindilaridan foydalanish orqali gazobetonning energiya samaradorligi va ekologik ustunliklarini tasdiqladi hamda ishlab chiqarish texnologiyasini optimallashtirish uchun ilmiy asos yaratdi.

3. Natija va muhokamalar

Yengil vazn va past issiqlik o'tkazuvchanlik — gazobetonning asosiy afzalliklaridan hisoblanadi. Bunday xususiyatlarga bu qurilish materiali uning g'ovakli tuzilishi tufayli ega bo'ladi. Ushbu maqolada gazobeton va boshqa hujayraviy beton turlarida g'ovaklarning qanday hosil bo'lishi va ular material xossalarga qanday ta'sir ko'rsatishi batafsil yoritib beriladi.

Issiqlik izolyatsiyalovchi materiallarning o'ziga xos xususiyati ularning issiqlik o'tkazuvchanligini sezilarli darajada kamaytiradigan yuqori miqdordagi g'ovakli strukturasini hisoblanadi.



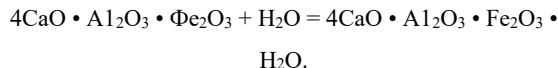
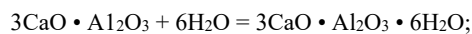
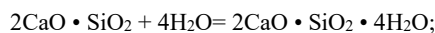
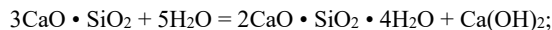
2-rasm. Gazobetonlardagi g'ovaklarning ko'rinishi

Bunda issiqlik o'tkazuvchanligiga materialning g'ovaklari miqdori, g'ovak o'lchamlari va shakli katta ta'sir ko'rsatadi. Yopiq sharsimon shaklga ega g'ovaklari ko'p bo'lgan materiallar eng yaxshi issiqlik izolyatsiyasi qobiliyatiga ega hisoblanadi [1].

Qorishma tarkibidagi xom ashyo sifatini baholashdan maqsad sanoat chiqindisi asosidagi gazobetonning kimyoviy va mineralogik tarkibiga e'tibor qaratish va strukturani shakllantiruvchi omillarni o'rganish hamda zararli oksidlari, minerallarning ko'p miqdordagi turli foizlarda mavjudligi, fizik-mexanik xususiyatlarini ta'sirini aniqlashdan iborat.

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijasiga ko'ra sanoat chiqindilari tarkibida CaO , MgO , SiO_2 , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 , va $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ oksidlari mavjudligi aniqlandi. Ushbu xom ashyo tarkibidagi oksidlar qotish jarayoniga va normal sharoitda biriktiruvchi xususiyatlarining namoyon bo'lishiga o'z ta'sirini o'tkazadi. Oksidlarning faollik koeffitsienti materialning sifatini bog'lovchi moddalar ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida foydalanishga yaroqliligi haqida aniq baho berishga imkon beradi. Portland sementning qotish jarayoni bu alyuminatlar va kalsiy alyuminiyatlar hamda ferritlarni gidratsiyalanishini o'z ichiga olgan murakkab fizik-kimyoviy jarayonidir. Sement suv bilan reaksiyaga kirishganda, unda eriydigan asosiy minerallar quyidagi tenglamalar bo'yicha

gidratlanadi:

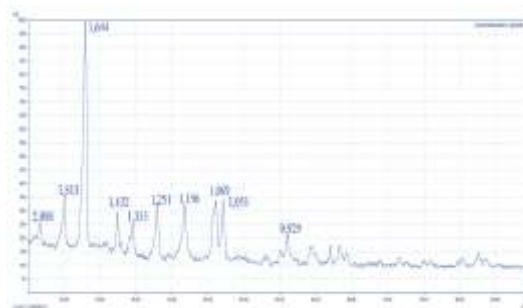


Bunda xom ashyo turiga, atrof-muhit ta'siriga, haroratga, bog'lovchi moddalarning qotish vaqti va qotish sharoitlariga qarab, g'ovakbetonning tarkibi, tuzilishi va bog'lash xususiyatlaridan farq qiluvchi turli xil neoplazmalar paydo bo'lishi mumkin. Avtoklavsiz gazobeton tarkibida mavjud bo'lgan sanoat chiqindilari qo'llanilgan kvarts qumining mayda zarralari sementning strukturasi shakllantirish jarayonida faol ishtirok etib, hosil bo'lgan bloklarning g'ovak devorlarining zichligini oshirish hisobiga mustahkamligini oshirishga yordam beradi [2-3]. Portlandsement zarralari suv bilan reaksiyaga kirilganda, karbonat kaltsiy bilan bog'lovchi moddalarning mayda donalari bilan birgalikda yaxlit bo'lgan zarralar hosil bo'ladi. Bu ta'sir natijasida kontakt zonalarida mustahkam bo'g'inlar paydo bo'lishiga olib keladi [4]. Avtoklavsiz gazobeton namunalarning g'ovakliligi va uning tarkibini aniqlash hamda g'ovaklarining strukturasi to'liq tadqiq etish uchun rentgenogramma tahlili usulidan foydalanildi. Sementning fazaviy tarkibida paydo bo'lgan o'zgarishlarni aniqlash uchun rentgenogrammalar tahlili o'tkazildi (3-rasm).



3-rasm. Sanoat chiqindi kvarts qumi yordamida hosil qilingan gazobetonning rentgenogrammasi

Olingan rentgen tahlillari shuni ko'rsatdiki, gazobeton tarkibida tegishli kimyoviy moddalar quyidagi fazalarda mavjudligi aniqlandi: kremniy oksidi (d, nm = 1,669; 1,512 Å) SiO₂; temir dioksidi (d, nm=1,440 Å) Fe₂O₃; oltingugurt (VI) oksidi (d, nm= 1,584; 0,945 Å) CO₃; kalsiy oksidi (d, nm=1,207; 1002 Å) CaO; natriy oksidi hamda alyuminiy oksidi (d, nm=0,880 Å) Na₂OAl₂O₃. Ushbu fazalar bog'lovchining reaksiyaga kirishuviga, fizik-mexanik xossalriga ijobiy ta'sir etib, tashqi ta'sirlarga chidamliligini oshirishga xizmat qiladi. Sementning kimyoviy tarkibiga o'xshash bo'lgan po'lat eritish shlakining kimyoviy tarkibi rentgenogrammalarning tahlili asosida aniqlandi (4-rasm).



4-rasm. Po'lat eritish shlaki yordamida tayyorlangan gazobetonning kimyoviy o'zgarishning rentgen-strukturaviy tahlili

Po'lat eritish shlaki qo'llanilgan gazobetonning tarkibi kalsiy silikat gidratasiya mahsulotlarini o'z ichiga oladi: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 2,088 Å), gidrolit $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,432 Å). Kristallardan iborat bo'lgan kimyoviy andraditlar $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_2$ (d, nm = 1,644 Å) va $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (d, nm = 1,156 Å) oksid fazalari aniqlandi.

Shuningdek, quyidagi kimyoviy oksid fazalari ham mavjud:

Kalsiy CaCO_3 (d, nm=1,35 Å);

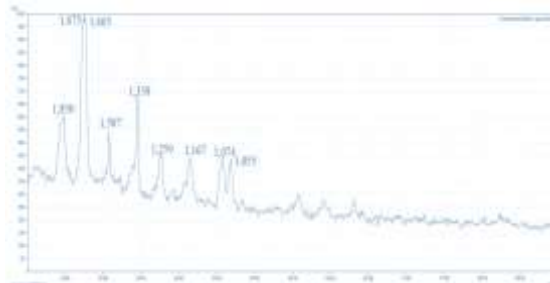
Glaukonit ($\text{K}, \text{H}_2\text{O}$) ($\text{Fe}_3, \text{Al}, \text{Fe}_2, \text{Mg}_2 [\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,251 Å);

Brusterit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,069 Å);

Analsim $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,051 Å);

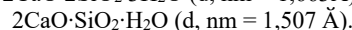
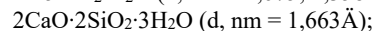
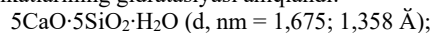
Marganesli kalsiy (Ca, Mn) SO_3 (d, nm = 0,929 Å).

Aniqlangan ushbu fazalar po'lat eritish shlaki qo'llanilgan gazobeton bloklarining fizik-mexanik xossalari yaxshilanishiga yordam beradi. Sanoat chiqindi kvarts qumi va po'lat eritish shlaki yordamida hosil qilingan gazobeton kompozitsiyalarining rentgenogrammalari 5-rasmga keltirilgan.

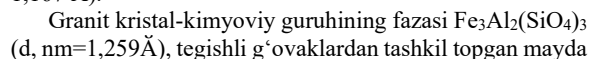
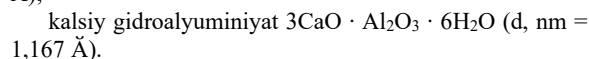
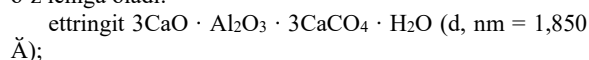


5-rasm. Sanoat chiqindi kvarts qumi va po'lat eritish shlaki yordamida hosil qilingan gazobetonning rentgenogrammasi

5-rasmidagi rentgenogramma natijalari shuni ko'rsatadiki sanoat chiqindi kvarts qumi asosidagi gazobeton namunalarda mikrostrukturaviy g'ovaklarga ega bo'lgan kalsiy silikatlarining gidratasiyasi aniqlandi:



Kalsiy alyuminatlar va alyuminoferitlari gidratasiyasidan hosil bo'lgan gazobeton quyidagi fazalarni o'z ichiga oladi:



fazalarini quyidagilardan iborat:

monomorillonit $\text{Al}_2[\text{OH}]_2 \cdot (\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($d, \text{nm} = 1,074 \text{ \AA}$);

kaolinit $\text{Al}_2(\text{OH})_4 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_5)$ ($d, \text{nm} = 1,055 \text{ \AA}$).

Ushbu kimyoviy tarkiblar orqali gazobetonning kimyoviy xossalari o'zining fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilanishiga xizmat qiladi hamda uning umrboqiyiligi, olovbardoshligi, muzlashga chidamligi kabi xususiyatlarini yaxshilanishiga olib keladi. Sanoat chiqindilari qo'llanilgan barcha namunalar strukturasi tahlili shuni ko'rsatdiki, chiqindi kvarts qumi qo'shilgan gazobeton bir tekis taqsimlangan g'ovakli tuzilishga ega bo'lib, bu esa o'z navbatida issiqlik o'tkazuvchanligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun tadqiqot ishining keyingi bosqichida ushbu gazobeton tarkibining issiqlik o'tkazuvchanligini tadqiq etishdan iborat.

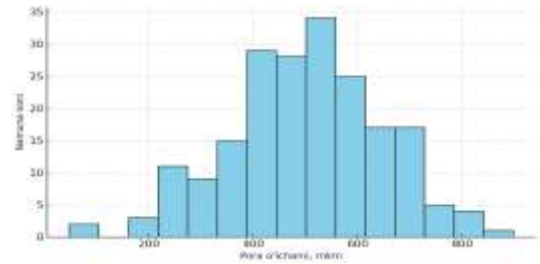
Issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlash uchun avtoklavsiz gazobeton 100x100x100 mm o'lchamdagi namunalar tayyorlandi. So'ng issiqlik o'tkazuvchanligi "Qurilish issiqlik texnikasi" me'yoriy qoidalari asosida nazariy hisob-kitoblari bo'yicha aniqlangan. Sanoat chiqindisi asosidagi gazobetonning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti

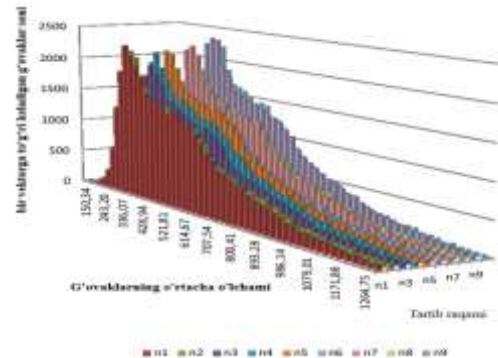
Gazobeton tarkibi	Zichligi, kg/m^3	$\lambda, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 1 namuna	$\lambda, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 2 namuna	$\lambda, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 3 namuna
Ishlab chiqarish tashkiloti	667	0,1415	0,1395	0,144
tarkibi bo'yicha tayyorlangan gazobeton	656	0,143	0,143	0,1415
	662	0,145	0,144	0,1435
	652	0,139	0,138	0,142
Sanoat chiqindi kvarts qumi asosidagi gazobeton	658	0,141	0,139	0,141
	660	0,1425	0,142	0,145
Po'lat eritish shlaki asosidagi gazobeton	650	0,14	0,143	0,142
	648	0,142	0,145	0,144
	646	0,1435	0,146	0,145
Sanoat chiqindi kvarts qumi va shlaki asosidagi gazobeton	662	0,141	0,145	0,143
	664	0,143	0,141	0,142
	663	0,1445	0,146	0,147

Birinchi (chiqindi qumi), ikkinchi (po'lat eritish shlaki) va uchinchi (chiqindi kvarts qumi va shlaki) namunalar (D600 markali) 650-664 kg/m^3 zichlik ko'rsatkichlariga ega bo'lgan gazobeton olindi. Ushbu namunalarning issiqlik o'tkazuvchanligi 0,142-0,169 $\text{Wt/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ni tashkil etdi. Bu esa GOST 10180-2012 talablariga to'la javob beradi. Olib borilgan tadqiqotlar Davidyuk A.N. [5] nazariyasiga ham to'liq mos kelib, unga ko'ra materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti uning o'rtacha zichligiga va strukturasi bog'liq bo'lib, materialning xususiyatiga qarab 60-70 foizgacha o'zgarishi mumkin. Shuningdek, g'ovakbetonning mineralogik tarkibini tanlashda, gazobetonning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, o'rtacha zichligi, material strukturasi eng maqbul echimini topish muhim ahamiyat kasb etadi. Gazobetonida g'ovaklar hajmining ortishi hamda ularning bir-biri bilan o'zaro ochiq kanallar hosil qilishi issiqlikdan himoya xossalari yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun g'ovakbetonlarni ishlab chiqarishda imkon qadar bir xil shakldagi g'ovak tuzilishga ega bo'lgan issiqlik izolyatsion materiallarni yaratishga harakat qilinadi. Bu struktura nafaqat issiqlik xususiyatlarini yaxshilaydi, balki mustahkamlik xususiyatlarini ham oshiradi [6]. Shuni inobatga olgan holda keyingi bo'limda gazobeton strukturasi uning mustahkamligi va issiqlik o'tkazuvchanligiga ta'siri batafsil ko'rib chiqamiz.



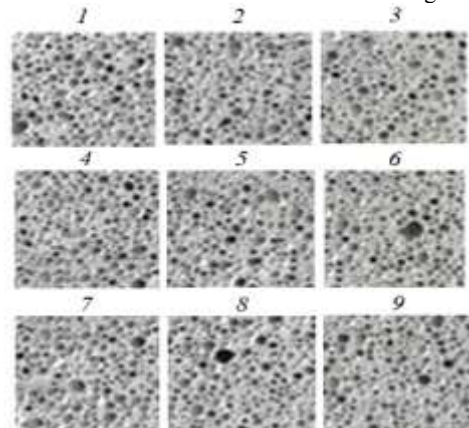
6-rasm. Pora o'lchamlari bo'yicha taqsimot gistogrammasi

6-rasmda gazobeton namunasidagi pora o'lchamlarining taqsimotiga oid gistogramma tasvirlangan. Gistogrammada pora o'lchamlari mikrometr (mkm) birligida gorizontal o'qda, ularning takrorlanish chastotasi esa vertikal o'qda ko'rsatilgan. Taqsimotning shakli g'ovak strukturaning nisbatan bir xil va tarqoq xususiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Pora o'lchamlari asosan 400–600 mkm diapazonida jamlangan bo'lib, bu gazobetonning past zichlik va yuqori issiqlik izolyatsiya xususiyatlarini ta'minlaydi. Eng ko'p uchraydigan pora diametri 500 mkm atrofida qayd etilgan. G'ovaklarning o'lcham oralig'i va ularning taqsimoti materialning issiqlik o'tkazuvchanligi, mustahkamligi hamda suv shimish xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.



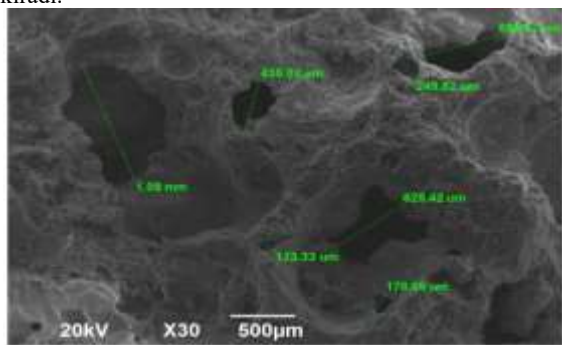
7-rasm. G'ovaklarning o'lcham bo'yicha taqsimlanish gistogrammasi

Ushbu taqsimot tahlili gazobetonning optimal fazaviy va struktura xususiyatlarini shakllantirish imkonini beradi, bu esa uning energiya samaradorligini va uzoq muddatli ishlash barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi. Tahlil natijalari Akimova A.V. [7] tomonidan ishlab chiqilgan metodikaga asoslanib, avtoklavlangan hujayravii betonlarda g'ovak o'lchamlarining taqsimotini va ularning fazoviy rivojlanishini baholash uslubi doirasida olib borilgan.



8-rasm. Gazobeton namunalari kesim yuzasining tabiiy ko'rinishi

G'ovaklarning tarqalish gistogrammalari tahlilidan ko'rinib turibdiki, aralashmaning tekis harakatchanligi saqlangan va bir xil gaz hosil qiluvchi qo'llanilganda, modifikatsiyalovchi kremnezemli komponent va mikroaromatizatsiyalovchi tolaning ta'siri ahamiyatsiz xarakterga ega. G'ovaklar massivining asosiy o'lchami 250 dan 700 mkm gacha oraliqda o'zgarib turadi, bu esa minimal issiqlik o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi, optimal sovuqqa chidamlilikda, chunki o'lchami 200 mkm dan yuqori bo'lgan g'ovaklar xavfsiz hisoblanadi. Mikroskopik tadqiqotlar oldindan tayyorlangan yassi siniqlar va kukunsimon preparatlar ko'rinishidagi namunalarda, ularni chinni hovonchada maydalash yo'li bilan 25-56 marta ishchi kattalashtirish bilan MIN-8 qutblangan mikroskopda o'tkazildi. Usul kristallar va shisha massasining miqdorini hisoblashdan iborat. Mikroskopning o'tuvchi yorug'ligida tayyorlangan namunaning barcha donalari kulrang bo'ladi. Analizator va polyarizator yoqilganda (ayqash nikollarda) kristall hosilalar ko'rinadi va shisha massasi qora rangga kiradi.



9-rasm. Tekshirilayotgan namunaning elektron mikroskopiysi

Donalarni hisoblashda kristall shakllanishlar o'rganilayotgan preparatning umumiy hajmining taxminan 8-10% ni tashkil qiladi, bunda kristall faza tarkibining minimal qiymati ilgari tasvirlangan qarayishga ega bo'lgan yacheykali beton massivi zonasidan olingan namunaga to'g'ri keladi. Olingan natijalar ma'lum ma'lumotlarga zid kelmaydi. O'tkazilgan rentgenografik tadqiqotlar va petrografiya natijasida zarba texnologiyasi bo'yicha tayyorlangan o'rganilayotgan gazobeton strukturasidagi tobermorit fazasining fazaviy tarkibi aniqlandi va miqdori baholandi.

4. Xulosa

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida sanoat chiqindilari asosida tayyorlangan avtoklavsiz gazobetonning mikrostrukturasi va fazaviy tarkibi aniqlanib, materialning fizik-mexanik va issiqlik texnik ko'rsatkichlariga ijobiy ta'siri tasdiqlandi. Gazobeton namunalari 400–600 mkm diapazondagi g'ovak o'lchamiga ega bo'lib, bu issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentining 0,138–0,147 W/(m·°C) oralig'ida saqlanishiga imkon berdi. Aniqlangan fazaviy tarkib — tobermorite, xonotlite va boshqa gidrosilikat birikmalari — materialning mustahkamligini va uzoq muddatli ishlash xususiyatlarini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi. Shuningdek, sanoat chiqindilaridan foydalanish nafaqat gazobetonning sifatini oshirdi, balki atrof-muhit uchun iqtisodiy va ekologik jihatdan ham foydali yechimlar taklif etdi. Ushbu tadqiqot natijalari kelgusida energiya tejankor va yuqori sifatli gazobeton mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar / Reference

- [1] Горлов Ю.П. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы [Текст] / Ю.П. Горлов, И.Ф. Еремин, Б.У. Седунов. -М.:Стройиздат, 2006.-192 с.
- [2] Миронов С.А. Бетоны автоклавного твердения [Текст] / [С.А. Миронов, М.Я. Кривицкий, Л.А. Малинина и др.]- Стройиздат, 2008.
- [3] Федоркин С.И. Механохимическая активация известняков при высокоскоростном измелчении и ее роль в формировании свойств карбонатных материалов на силикат-натриевом вяжущем [Текст] / С.И. Федоркин, М.А. Лукьяненко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. «Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта». – Днепропетровск: ПГАСА. – 2004. – Вып. 30. – С. 10 – 15.
- [4] Бондар А. В. Использование карбонатных пород как микронаполнителей в сухих строительных смесях пористой структуры [Текст] / А. В. Бондар, В. П. Ковалский, В. П. Очеретний // Сборник материалов международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии – 2016", Тюмен, 27-29 апреля 2016 г. – Тюмен : РИО ФГБОУ ВО ТИУ, 2016. – Т. II. – С. 207-213.
- [5] Давидюк А.Н. Конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны на стекловидных пористых заполнителях [Текст]: Дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук/ А.Н. Давидюк Ростов-на-Дону. - 2009. - 284 с.
- [6] Дятлов Е.М., Гайлевич С.А., Миненкова Г.Я., Радченко С.Л. Тугоплавкие теплоизоляционные материалы, полученные способами пено- и газообразования [Текст] / [Дятлов Е.М., Гайлевич С.А., Миненкова Г.Я., Радченко С.Л.] // Стекло и керамика.- 2002.-№2, с.20-23.
- [7] Акимов А. В. Разработка ячеистого дисперсно-армированного бетона автоклавного твердения модифицированного активными минеральными добавками : дис. – –Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dslib.net> (дата обращения: 14.06. 2016), 2016.
- [8] Еременок П.Л. Известняковые бетоны и бетониты [Текст] / П.Л. Еременок, Ю.В. Измайлов, В.Е. Ящук // К.: Бюро техн. информации НИИСК АС и АН УССР. – 2008. – С. 18 – 23.
- [9] Shaumarov, S., Kandakhorov, S., Umarov, K. Development of the Optimal Composition of Aerated Concrete Materials on the Basis of Industrial Waste. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030087
- [10] Adilkhodjaev, A., Tsoy, V., Khodzhaev, S., Shaumarov, S., Umarov, K. Research of the influence of silicon-organic hydrophobizer on the basic properties of cement stone and mortar. International Journal of Advanced Science and Technology, 2020, 29(5), стр. 1918–1921
- [11] Shaumarov, S., Adilkhodjaev, A., Kondrazhenko, V. Experimental research of structural organization of heat-insulating structural building materials for energy efficient buildings. E3S Web of Conferences, 2019, 97, 02009
- [12] Галицков К. С., Баранова М. Н., Болховецкий А. С. Исследование влияния структурно-фазового состава ячеистого бетона на внутреннее

тепловыделение в процессе его автоклавной обработки
//Градостроительство и архитектура. – 2023. – Т. 13. – №.
2. – С. 51.

[13] Газиев У.А. «Отходи промышленности в
производстве строительных материалов и изделий». Учебник-Ташкент-2015. Стр. 232-242.

[14] Микелини Э. и др. Автоклавная ячеистая
бетонная кладка для энергоэффективных зданий:
современное состояние и перспективы развития
//Строительство и строительные материалы. – 2023. – Т.
402. – С. 132996.

Mualiflar haqida ma'lumot / Information about the authors

B.G'. Kodirov	Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekistan
S.S. Shaumarov	Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekistan
S.I. Kandahorov	Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekistan

S. Negmatov, T. Ulmasov, N. Abed, V. Sergienko, S.

Bukharov, V. Tulyaganova, S. Bozorboev

Study of the influence of technological factors on the properties of acoustic composites containing natural fibers and targeted additives.....

231

N. Abed, M. Tukhtasheva, S. Negmatov, K. Negmatova,

Sh. Kasimov, J. Negmatov, A. Abdulazibdulakahorov,

I. Muradov, N. Ergashev

Compilation of analysis of tribotechnically modified composite polymer materials and their physicochemical, tribotechnical properties used in mechanical engineering.....

235

N. Abed, S. Negmatov, A. Grigoriev, S. Eminov,

V. Tulyaganova, B. Jabbarov, S. Bazarbayev, S. Shamsieva

Investigation of the triboelectrization process of composite polymer materials depending on the type and nature of polymers and fillers...

239

Z. Negmatov, A. Khursanov, K. Negmatova

Investigation of the physico-chemical properties and flotation ability of the developed experimental batches of composite chemical flotation reagents-foamers KHF-VS-B.....

243

D. Musabekov, K. Negmatova, D. Raupova, H. Rakhimov

Creation and development of a technological line for the production of composite chemical reagents-demulsifiers used in the technology of dehydration and desalination of petroleum emulsion.....

247

M. Ulugova, S. Negmatov, N. Talipov

Investigation of physico-chemical processes forming the structure of water-resistant composite materials based on modified gypsum binders.....

251

M. Kasimova, K. Negmatova

Research and development of effective dye composition formulations for use in the dyeing process of cotton fabric.....

255

B. Kodirov, S. Shaumarov, S. Kandahorov

Analysis of the technological properties of industrial waste-based structural gasobeton.....

259

B. Kodirov, S. Shaumarov, S. Kandahorov

Evaluation of spatial-structural properties and thermal technical indicators of autoclave-free aerated concrete produced from industrial waste.....

264