

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

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. **Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
2. **Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari - muhandislik** va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
3. **Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
4. **Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

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

Abstract:

The article briefly describes the historical development of aerated concrete production technology, modern methods and the contribution of Uzbek scientists to this field, and also theoretically analyzes the relationship between the thermal insulation properties of autoclaved aerated concrete and its composition, porous structure and density. The study compared aerated concrete samples with different compositions (standard, slag and sand waste variants), analyzed their thermal conductivity coefficient (λ), density (ρ) and strength. According to the results, the thermal insulation capacity of aerated concrete improved by 12–15% by adding industrial waste, and the combination of slag and sand waste gave especially optimal indicators. In addition, the fact that the λ value of aerated concrete is linearly dependent on its density was expressed through the mathematical model ($\lambda = f(\rho)$).

Keywords:

aerated concrete, industrial waste, autoclave-free technology, porous structure, thermal conductivity coefficient, X-ray phase analysis, electron microscopy, physical and mechanical properties, phase composition

Sanoat chiqindilari asosida ishlab chiqarilgan avtoklavsiz gazobetonning fazaviy-strukturaviy xususiyatlari va issiqlik texnik ko'rsatkichlarini baholash

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

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

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 namunalari issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti 0,138–0,147 W/(m·°C) oraliqda aniqlangan. Tadqiqot natijalari g'ovaklarning optimal o'lchami va taqsimoti materialning issiqlik izolyatsion va mexanik xossalari sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatdi. Gazobetonning mikrostrukturasi 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 ko'effitsiyenti, 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 dozalashtirish tizimlarini 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

tannarxini 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 ko'effitsiyentini o'lchash natijalariga asoslangan holda materialning optimal tarkibiy va strukturaviy parametrlarini aniqlashga qaratilgan.

2. Tadqiqot metodikasi

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 100×100×100 mm o'lchamdagi kub shaklida quyildi va tabiiy sharoitda qattiqlashtirildi. (1-rasm).



1-rasm. Tayyorlangan namunaning umumiy ko'rinishi

Rentgenofazaviy tahlil: Gazobeton namunalarining 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 ko'effitsiyenti nazariy hisob-kitoblar asosida va eksperimental yo'l bilan o'lchandi.

Natijalarni tahlil qilish: Olingan rentgenogrammalar, mikroskopik tasvirlar va issiqlik o'tkazuvchanlik

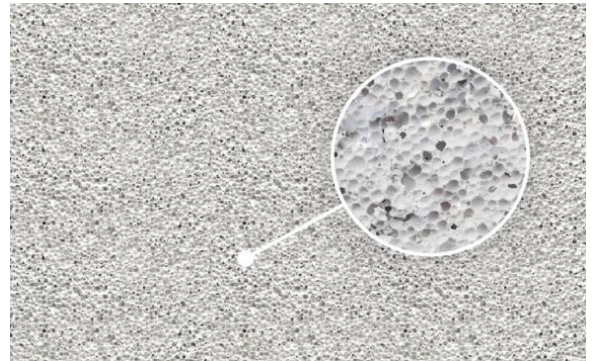
ko'rsatkichlari asosida gazobetonning fazaviy va struktura xususiyatlari baholandi va ularning issiqlik texnik ko'rsatkichlarga ta'siri tahlil qilindi.

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 xossalari 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.



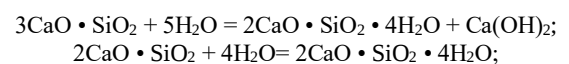
2-rasm. Gazobetonlardagi g'ovaklarning ko'rinishi

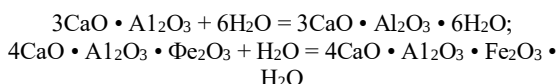
Bunda issiqlik o'tkazuvchanligiga materialning g'ovaklari miqdori, g'ovak o'lchamlari va shakli katta ta'sir ko'rsatadi. Yopiq sharsimon shaklga ega g'ovaklari ko'p bo'lgan materiallar eng yaxshi issiqlik izolyatsiyasi qobiliyatiga ega hisoblanadi [1].

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, mineralarning ko'p miqdorda turli foizlarda mavjudligi, fizik-mexanik xususiyatlarining ta'sirini aniqlashdan iborat.

Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijasiga ko'ra sanoat chiqindilari tarkibida CaO, MgO, SiO₂, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, va FeO + Fe₂O₃ 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 ko'effitsienti 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:





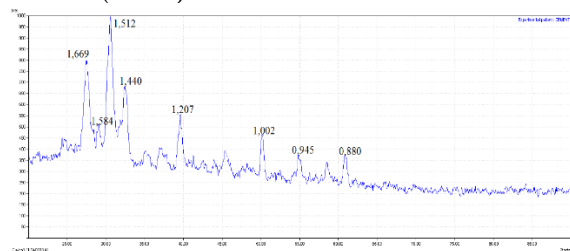
Bunda xom ashyo turiga, atrof-muhit ta'siriga, haroratga, bog'lovchi moddalarning qotish vaqti va qotish sharoitlariga qarab, g'ovakbetonning tarkibi, tuzilishi va bog'lash xususiyatlaridan farq qiluvchi turli xil neoplazmalar paydo bo'lishi mumkin.

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).

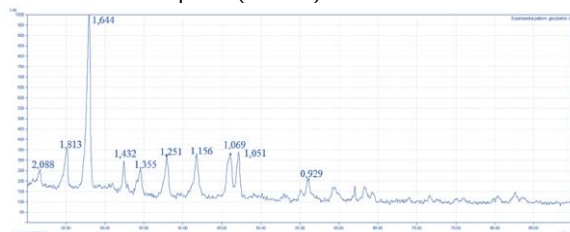


3-rasm. Sanoat chiqindi kvarts qumi yordamida hosil qilingan gazobetonning rentgenogrammasi

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; kaltsiy 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 xossalarga ijobiy ta'sir etib, tashqi ta'sirlarga chidamliligini oshirishga xizmat qiladi.

Sementning kimyoviy tarkibiga o'xshash bo'lgan po'lat eritish shlakining kimyoviy tarkibi rentgenogrammalarining tahlili asosida aniqlandi (4-rasm).



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

Po'lat eritish shlak qo'llanilgan gazobetonning tarkibi kaltsiy silikat gidratatsiya mahsulotlarini o'z ichiga

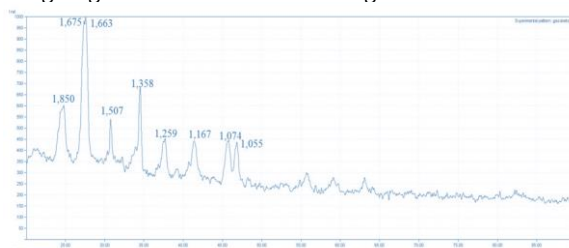
oladi: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 2,088 Å), gidrolit $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,432 Å). Kristallardan iborat bo'lgan kimyoviy andraditlar $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_2$ (d, nm = 1,644 Å) va $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (d, nm = 1,156 Å) oksid fazalari aniqlandi.

Shuningdek, quyidagi kimyoviy oksid fazalari ham mavjud:

Kalsiy CaCO₃ (d, nm = 1,35 Å);
 Glaukonit (K, H₂O) (Fe₃, Al, Fe₂, Mg)₂ [Si₃AlO₁₀](OH)₂ · nH₂O (d, nm = 1,251 Å);
 Brusterit Ca(Al₂Si₆O₁₆) 5H₂O (d, nm = 1,069 Å);
 Analsim Na(AlSi₂O₆)H₂O (d, nm = 1,051 Å);
 Marganesli kalsiy (Ca, Mn) SO₃ (d, nm = 0,929 Å).

Aniqlangan ushbu fazalar po'lat eritish shlak qo'llanilgan gazobeton bloklarining fizik-mexanik xossalari yaxshilanishiga yordam beradi.

Sanoat chiqindi kvarts qumi va po'lat eritish shlak yordamida hosil qilingan gazobeton kompozitsiyalarining rentgenogrammalari 5-rasmda keltirilgan.



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

5-rasmdagi rentgenogramma natijalari shuni ko'rsatdiki sanoat chiqindi kvarts qumi asosidagi gazobeton namunalarda mikrostrukturaviy g'ovaklarga ega bo'lgan kaltsiy silikatlarining gidratatsiyasi aniqlandi:

$5\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,675; 1,358 Å);
 $2\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,663 Å);
 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,507 Å).

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

ettringit $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaCO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,850 Å);

kalsiy gidroalyuminiyat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (d, nm = 1,167 Å).

Granit kristal-kimyoviy guruhining fazasi $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (d, nm = 1,259 Å), tegishli g'ovaklardan tashkil topgan mayda 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, nm = 1,074 Å);

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

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



gazobetonon 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

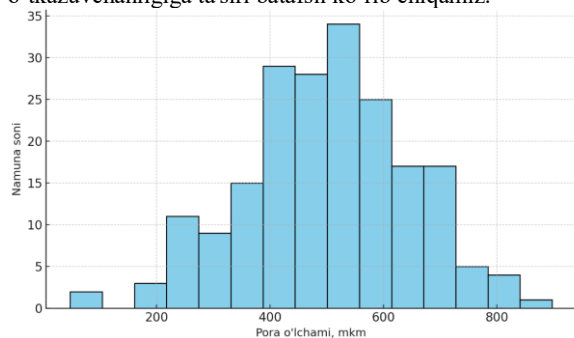
Gazobeton tarkibi	Zichligi, kg/m ³	λ , Vt/m·°C 1 namuna	λ , Vt/m·°C 2 namuna	λ , Vt/m·°C 3 namuna
Ishlab chiqarish tashkiloti	667	0,1415	0,1395	0,144
tarkibi bo'yicha tayyorlangan gazobeton	656	0,143	0,143	0,1415
	662	0,145	0,144	0,1435
Sanoat chiqindi kvars qumi asosidagi gazobeton	652	0,139	0,138	0,142
	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 kvars 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

Birinci (chiqindi qumi), ikkinchi (po'lat eritish shlaki) va uchinchi (chiqindi kvars qumi va shlaki) namunalar (D600 markali) 650-664 kg/m³ zichlik ko'rsatkichlariga ega bo'lgan gazobeton olindi. Ushbu namunalarning issiqlik o'tkazuvchanligi 0,142-0,169 Vt/m·°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.

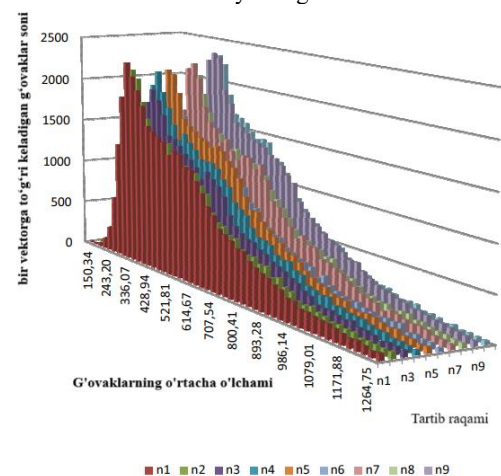
Gazobeton g'ovaklar hajmining ortishi hamda ularning bir-biri bilan o'zaro ochiq kanallar hosil qilishi issiqlikdan himoya xossalarini yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun g'ovakbetonlarni ishlab chiqarishda imkon qadar bir xil shakldagi g'ovak tuzilishga ega bo'lgan issiqlik izolyasion materiallarni yaratishga harakat qilinadi. Bu struktura nafaqat issiqlik xususiyatlarini yaxshilaydi, balki mustahkamlik xususiyatlarini ham oshiradi [6]. Shuni inobatga olgan holda keyingi bo'limdada gazobeton strukturasi uning mustahkamligi va issiqlik o'tkazuvchanligiga ta'siri batafsil ko'rib chiqamiz.



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

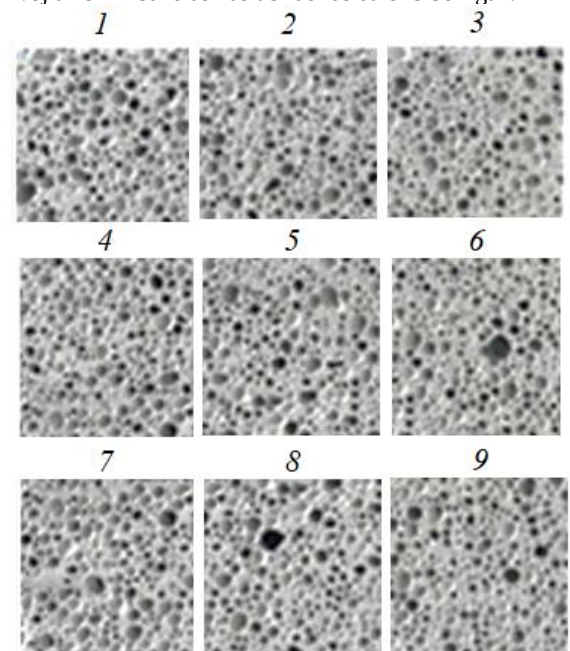
6-rasmda gazobeton namunasidagi pora o'lchamlarining taqsimotiga oid gistogramma tasvirlangan. Gistogrammada pora o'lchamlari mikrometr (mkm) birligida gorizontal o'qda, ularning takrorlanish chastotasi esa vertikal o'qda ko'rsatilgan. Taqsimotning shakli g'ovak strukturaning nisbatan bir xil va tarqoq 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

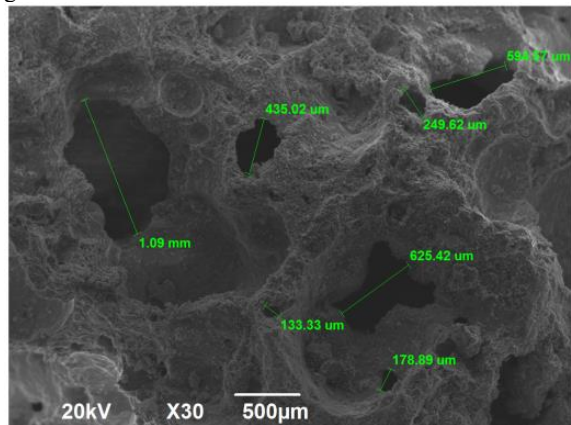
Ushbu taqsimot tahlili gazobetonning optimal fazaviy va struktura xususiyatlarini shakllantirish imkonini beradi, bu esa uning energiya samaradorligini va uzoq muddatli ishlash barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi. Tahlil natijalari Akimova A.V. [7] tomonidan ishlab chiqilgan metodikaga asoslanib,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



9-rasm. Tekshirilayotgan namunaning elektron mikroskopiysi

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.

Ushbu kristallar va shisha massasining miqdorini hisoblashdan iborat. Mikroskopning o'tuvchi yorug'ligida tayyorlangan namunaning barcha donalari kulrang bo'ladi. Analizator va polarizator yoqilganda (ayqash nikollarda) kristall hosilalar ko'rinadi va shisha massasi qora rangga kiradi. 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 miqdoriy baholandi.

4. Xulosa

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida sanoat chiqindilari asosida tayyorlangan avtoklavsiz gazobetonning mikrostrukturasini 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 koeffitsiyentining 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 tejamkor va yuqori sifatli gazobeton mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [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. Яшук // 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.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot / Information about authors

B.G. Kodirov	Toshkent davlat transport universiteti
---------------------	--

S.S. Shaumarov	Toshkent davlat transport universiteti
-----------------------	--

S.I. Kandakhorov	Toshkent davlat transport universiteti
-------------------------	--



B. Kodirov, S. Shaumarov, S. Kandakhorov

Evaluation of spatial-structural properties and thermal technical indicators of autoclave-free aerated concrete produced from industrial waste.....112

B. Kodirov, S. Shaumarov, S. Kandakhorov

Analysis of technological properties of heat-insulating aerated concrete.....118

2 section. Building structures of buildings and constructions, modern methods of calculation and design

L. Bocharova, K. Muhammadsoliyev

Study of the efficiency of using thin-walled structures in industrial building covering123

A. Kholmurodov

Effective steel structures for industrial buildings.....127

Kh. Akramov, J. Tokhirov, H. Samadov

Experimental investigation of load-bearing capacity of three-layer panels with insulation layer based on rice crete.....131

A. Abdusattarov

Models of deformation of main pipelines under repeated-variable loading considering material damageability.....135

G. Fridman, Sh. Turakulova

Calculation of a steel prestressed truss with a span of 60 m, taking into account seismic impacts.....139

Kh. Umarov, Yu. Tursinaliyeva

Geotechnical risk assessment and monitoring of the railway tunnel on the Angren - Pop section.....144

N. Khudayberdiyev, S. Khudaykulov

Calculations of seismic loads of the Rezaksai Reservoir.....148

S. Razzakov, D. Berdakov

Calculation of joints of bending wooden structural elements in ANSYS Workbench.....152

A. Abdujabarov, P. Begmatov, G. Khalfin

The use of armogrun structures to strengthen the railway roadbed.....157