

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



Analysis of technological properties of heat-insulating aerated concrete

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

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Annotation: 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, thermal insulation, autoclave, porosity, density, thermal conductivity coefficient, industrial waste

Sanoat chiqindilari asosidagi konstruksion gazobetonning texnologik xususiyatlarini tahlili

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

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekistan

Annotatsiya: Maqolada gazobeton ishlab chiqarish texnologiyasining tarixiy rivoji, zamonaviy usullar va O'zbekiston olimlarining ushbu sohadagi hissasi qisqacha yoritilgan bo'lib shu bilan birgalikda avtoklavli gazobetonning issiqlik izolyatsion xususiyatlari uning tarkibi, poroz tuzilishi va zichligi bilan bog'liqligi nazariy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda turli tarkibli gazobeton namunalari (standart, shlak va qumli chiqindilar qo'shilgan variantlar) solishtirilgan, ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (λ), zichligi (ρ) va mustahkamligi analiz qilingan. Natijalarga ko'ra, sanoat chiqindilarini qo'shish orqali gazobetonning issiqlik izolyatsion qobiliyati 12–15% yaxshilanganligi, ayniqsa shlak va qumli chiqindilarning kombinatsiyasi optimal ko'rsatkichlar bergan yoritilgan. Bundan tashqari, gazobetonning λ qiymati uning zichligiga chiziqli bog'liq ekanligi matematik model ($\lambda = f(\rho)$) orqali o'z ifodasini topgan.

Kalit so'zlar: gazobeton, issiqlik izolyatsiyasi, avtoklav, porozlik, zichlik, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, sanoat chiqindilari.

1. Kirish

Bugungi kunda butun dunyoda energiya tejaydigan binolarni loyihalash va qurish jadal rivojlanib borayotganligi sababli, tejamkor va energiya tejovchi qurilish materiallariga bo'lgan talab muttasil ortib bormoqda. Mamlakatimiz qurilish sohasida amalga oshirilayotgan ijobiy o'zgarishlar, atrofimizda kuzatilayotgan keng ko'lamli bunyodkorlik ishlari nafaqat yangi texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etishni taqozo etadi, balki qurilish va binolarni ekspluatatsiya qilish xarajatlarining oshishiga ham xizmat qilmoqda.

Shu nuqtai nazardan, energiya tejovchi binolarni loyihalash va qurishda tashqi devorlar uchun samarali issiqlik izolyatsiyalash materiallarini qo'llash yoki ularning ekspluatatsiya samaradorligini ta'minlash uchun devor konstruksiyalarini zamonaviy issiqlik izolyatsiyasi standartlariga moslashtirishga alohida ahamiyat beriladi.

Hozirgi vaqtda rivojlangan mamlakatlarda energiya tejamkor va ekologik toza materiallar sifatida tan olingan gazbetondan tashqi o'rab turuvchi konstruksiyalarni

yaratishga qaratilgan keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilmoqda. Shu munosabat bilan, gazbetonda issiqlik muhofazasi va mexanik mustahkamlik talablarini bir vaqtning o'zida qondirish uchun optimal g'ovakli konstruksiyalarni ishlab chiqish, aralashmalarga maxsus kimyoviy qo'shimchalar kiritish orqali betonning xususiyatlarini oshirish va energiya tejamkor tashqi devor konstruksiyalari uchun asosli talablarni shakllantirish dolzarb ilmiy vazifalardan biridir. Bundan tashqari, yuqori issiqlik qarshiligi va chidamliligi bilan tashqi devor tizimlarini ishlab chiqarishni ta'minlash uchun texnologik echimlar ishlab chiqilishi kerak.

Zamonaviy qurilishda energiya tejamkor va ekologik xavfsiz qurilish materiallariga ehtiyoj ortib bormoqda. Shu kontekstda yengil va issiqlikni yaxshi saqlovchi gazobetonlar alohida e'tiborga loyiq. Gazobetonning asosiy afzalliklari – uning past issiqlik o'tkazuvchanligi, yengilligi, qurilish tezligini oshirishi va ekologik tozaligidir. Biroq, uning issiqlik izolyatsion xususiyatlari tarkibiy komponentlar, poroz tuzilish va ishlab chiqarish texnologiyasiga qarab sezilarli farq qiladi. Mazkur tadqiqot gazobetonning texnologik xususiyatlarini o'rganishga,

tarkibiy modifikatsiya orqali uning issiqlik-izolyatsion samaradorligini oshirishga qaratilgan. Avvalgi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, zichlikning oshishi issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentining oshishiga olib keladi, chunki materialdagi pasaytiradi. Biroq, zichlikning juda past darajasi esa materialning mexanik mustahkamligini kamaytiradi, bu esa qurilish jarayonida qo'shimcha muammolarni keltirib chiqaradi. Shunday ekan, optimal issiqlik izolyatsiya va mexanik mustahkamlikni ta'minlaydigan gazobeton parametrlarini aniqlash dolzarb vazifadir. Ushbu tadqiqot davomida tsement, silikat qum, alyuminiy kukuni va sanoat chiqindilari asosida ishlab chiqarilgan gazobeton namunalari zichlik va issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari laboratoriya sharoitlarida tajribaviy tarzda o'lchandi va matematik bog'liqliklar ishlab chiqarildi. Natijada gazobetonning amaliy ekspluatatsiya sharoitlaridagi samarali foydalanish sohalari belgilandi va konstruktiv tavsiyalar berildi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Gazobeton namunalariga tsement, silikatli qum, alyuminiy kukuni va sanoat chiqindilari turli nisbatlarda qo'shilgan. Gazobeton namunalarini tayyorlashda portlandsement, silikatli qum, alyuminiy kukuni va sanoat chiqindilari (po'lat shlaki, chiqindi qum) ma'lum nisbatlarda aralashtirildi. Suv-sement nisbati 0,5 miqdorda saqlanib, yuqori g'ovaklik va bir xillik ta'minlandi. Sinovlar laboratoriya sharoitida, quyidagi parametrlar asosida o'tkazilgan ya'ni tayyorlangan aralashma 180°C haroratda va 1,2 MPa bosim ostida 8 soat davomida avtoklavlangan. Bu jarayon gazobetonning mexanik va issiqlik texnik xossalari barqarorlashtirish uchun amalga oshirildi.

O'rta zichlik (kg/m^3) – quritilgan namunalar yordamida GOST 12730.1-78 standarti asosida aniqlandi. Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti ($\text{W/m} \cdot \text{K}$) – ITP-MG "Zond" qurilmasidan foydalanilgan holda, GOST 30256-94 talablariga binoan o'lchandi. Mustahkamlik (MPa) – siqish kuchiga sinovlar o'tkazildi.

1-jadval

Gazobeton tarkibi va uning asosiy texnik xususiyatlari

Tarkibiy variant	Zichlik (kg/m^3)	Issiqlik o'tkazuvchanlik ($\text{W/m} \cdot \text{°C}$)	Mustahkamlik (MPa)
Standart	600	0.165	2.0
Shlak qo'shilgan	670	0.143	1.68
Qumli chiqindi	665	0.144	1.66
Ikkala birgalikda	652	0.132	1.675

Sanoat chiqindilari qo'shilishi orqali gazobetonning ichki tuzilmasida g'ovaklarning teng taqsimlanishi ta'minlangan. Bu esa materialning issiqlik izolyatsiyasini 12-15% yaxshilagan. Ayniqsa, po'lat shlaki va chiqindi qumning birgalikdagi qo'llanilishi optimal natija bergan.

3. Natija va muhokamalar

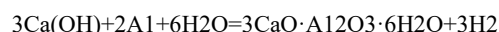
Gazbeton-gazbeton agregatlari va suv bilan to'ldirilishi

mumkin bo'lgan agregatlardan tashkil topgan gidravlik beton (tsement, beton) turi. U eng keng tarqalgan zamonaviy qurilish materiallaridan biri bo'lib, yengil, issiqlikni yaxshi ushlab turuvchi va mustahkamlik jihatidan ishonchli bo'lishi bilan ajralib turadi. Gazbeton betonning umumiy hajmining taxminan 60% ni tashkil qiladi. Misol uchun, zichligi 500 kg/m^3 bo'lgan betonda 70-75% loy mavjud. Beton tarkibidagi o'zgarish unga maxsus gaz aralashmalarining kiritilishi natijasida yuzaga keladi. Gazbetonning tasnifi fizik, mexanik va ekspluatatsion xususiyatlari bilan farq qiluvchi gazbeton va ko'pikli betonga bo'linadi. Gidrotermik ishlov berish usuliga ko'ra g'ovakbetonlar ikkita asosiy guruhga bo'linadi: avtoklav va avtoklavsiz.

Avtoklavli gazobetonlarning sifati sezilarli darajada farq qiladi, chunki ularning mineralogik tarkibi juda o'zgaruvchan. Avtoklav gazobeton ishlab chiqarish XIX asr oxirida rivojlana boshlagan. 1880 yilda Mixaylis 9-10 soat davomida 0,75-0,85 MPa bosim ostida ohak-qum aralashmasidan avtoklav usulida ishlangan gazobeton uchun patent olgan. Mixaylisning tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, gazobeton ishlab chiqarishda avtoklavli gazobetonlardan foydalanish texnologik jihatdan ancha murakkab hisoblanadi. Ushbu texnologiyaning tarqalishi ko'p sonli aholi uchun mo'ljallangan ko'p qavatli uylarini qurishda katta ahamiyatga ega. Biroq, avtoklavli gazobetonlar nisbatan qimmat hisoblanadi, bu esa uy-joy narxining oshishiga olib keladi. 1889 yilda Chexiya Respublikasining Praga shahrida Gofman tomonidan karbonat ангидрид gazi (CO_2) asosida gazobeton ishlab chiqarishda xlorid kislotasi va bikarbonat natriy (NaHCO_3) bilan reaksiyaga kirishishidan hosil qilingan tadqiqot olib borilgan:

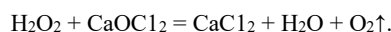


Ushbu kashfiyot asosida xonalarni ajratuvchi pardadevor uchun gazogipsli blok plitalar ishlab chiqarilgan. Ammo, ushbu plitalar suvga bardoshligi pastligi sababli xonaning namligi ortgan sari uning izolyatsiya va mustahkamligini pasaytirishiga olib keladi. Bu esa konstruktivni xizmat muddatini kamayishiga olib kelgan. Gazobeton portlandtsement, qumtuproqli tashkil qiluvchi, gaz hosil qiluvchi modda va qo'shimcha sifatida ohak qo'shib tayyorlanadi. Gaz hosil qiluvchi modda sifatida ko'pincha alyuminiy kukuni ishlatiladi. Bunda alyuminiy kukuni portlandtsementning gidratlanishidan hosil bo'lgan kaltsiy gidroksidi bilan o'zaro reaksiyasi natijasida vodorod gazi ajralib chiqadi:



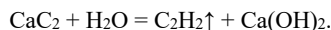
Ma'lum quyuqlikdagi gazobeton qorishmasidagi vodorod gazi chiqish jarayonida to'siqlarga uchrab, betonlarda g'ovaklarni hosil qiladi [18].

Gazobeton uchun keyingi ilmiy tadqiqot 1917 yilda Gollandiyalik olimlar tomonidan taklif etilib, unga ko'ra gazobeton ko'pirtirish vositasi sifatida organik qo'shimcha (xamirturush) ishlatilgan. Biroq, organik qo'shimchalarning betonga zararli ta'siri tufayli ixtiro keng qo'llanilmagan. Bir qator patentlarda g'ovakbetonning gazlanishi va ko'pchishi uchun kaltsiy gipoxlorit (CaOCl_2) bilan vodorod peroksidi (H_2O_2) dan foydalanishni tavsiya qilingan bo'lib, bunda kimyoviy aralashmaning ko'pchishi reaksiya paytida kislorodning ajralib chiqishi tufayli amalga oshiriladi:

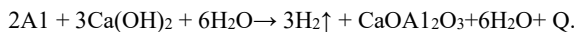


G'ovakbetonni kaltsiy karbid (CaC_2) va atsetilen gazi (C_2H_2) chiqishi bilan parchalanish reaksiyasi natijasida

ham olinishi mumkin:



1919 yilda Germaniyaning Berlin shahrida nemis olimi Grosh tomonidan gazobetonlab chiqarishda gaz hosil qilish uchun metall kukunidan foydalanishni birinchi bo'lib taklif qildi. Ma'lumki, alyuminiy va kaltsiy gidrat oksidi o'rtasida quyidagi kimyoviy reaksiya sodir bo'ladi:



Reaksiya jarayonida ko'p miqdorda gaz (vodorod) hosil bo'ladi va issiqlik ajralishi natijasida gazobetonaralashmasining ko'piklanishi kuzatiladi hamda suv bug'lanishi natijasida qotish jarayoni tezlashadi. Alyuminiy kukuni aralashma tarkibiga kiritilganda, bir xil tuzilishga ega bo'lgan g'ovaklar hosil bo'ladi. Alyuminiy kukuni gazobetonkonstruksiya sifatini va binolar ekspluatatsiya jarayonida ularning chidamliligini oshirish uchun xizmat qiladi.

Keyingi paytlarda gazobeton ishlab chiqarish rivojlanib bormoqda. Shuni ta'kidlash kerakki, gazobeton tarkibidagi g'ovaklarni bir xillikka olib kelish uchun aralashma tarkibiga alyuminiy kukuni bilan kerakli suv miqdorini qo'shish kerak bo'ladi, gazobeton penobetonidan farqli o'laroq zarralari bir xil bo'lgan bloklar faqat suv miqdori ko'proq bo'lgan aralashmalarda hosil bo'ladi. Bundan tashqari, barcha tavsiya etilgan usullarda gaz hosil qilish uchun noorganik moddalardan foydalanish orqali amalga oshiriladi. Gazobeton ishlab chiqarishda barcha MDH mamlakatlarida aralashmalarni qoliplarga quyish yo'li bilan, ya'ni "qoliplash texnologiyasi" orqali bloklarni ishlab chiqarish ommalashtirilgan yo'l hisoblanadi [1].

XX asrning 90 yillarida gazobeton konstruksiyalarni ishlab chiqarish texnologiyasi temirbeton konstruksiyalar texnologiyasidan sezilarli darajada farq qiluvchi bir qator xususiyatlarga ega bo'lgan.

Bu xususiyatlar:

- belgilangan parametrlar gazobeton aralashmasini tayyorlash uchun zarralari mayda o'lchamli to'ldirgichlar hosil qilish;
- ohak asosiy xom ashyo komponenti bo'lib, bu aralashmani kengayish xususiyatini belgilab beradi va o'ning yengillashiga olib keladi;
- tarkibida 40-60 foiz suv bo'lgan qorishmalardan iborat gazobeton mahsulotlaridan tashkil topgan aralashma tayyorlash;
- gazobeton aralashmasini qoliplarga joylash;
- avtoklav gazobetonning qotish jarayoni gidratlangan birikmalarda 170-180 °C haroratda sintezlanishi natijasida sodir bo'ladi [2].

Avtoklav gazobeton bu muayyan miqdordagi g'ovaklarga ega bo'lgan, namlikka, yong'inga va sovuqqa chidamliligi yuqori bo'lgan ekologik toza material hisoblanadi. Gazobeton konstruksiyalaridan foydalanishda, bloklarning vazni yengilligi sababli poydevorga tushadigan yukni deyarli 5 baravargacha kamaytirishi sababli qurilish jarayonlarini 10 barobargacha tezlashtirish imkonini beradi [3].

MDH mamlakatlardagi bir qator yirik tashkilot va korxonalarda tebranma texnologiyasi usulidan foydalangan holda komponentlarni aralashtirish va hosil bo'lgan qorishmani qoliplash orqali gazobetonlarni ishlab chiqarishni yo'lga qo'yilgan bo'lib, ushbu texnologiyaning afzalligi barcha komponentlar bir tekisda aralashtirishi, shu bilan birga qorishmaning ko'pchilik jarayoni sekinlashadi [4].

Betonning g'ovaklilik tuzilishi - hosil bo'lgan gazning hajmi va aralashmaning zichligi, donadorligi, suv harorati hamda to'ldiruvchi va bog'lovchilarning miqdori kabi xususiyatlari xususiyatlari bilan tavsiflanadi. Gazobetonlarni qoliplarga quyish texnologiyasida aralashmani ko'pchilik jarayoni faqat boshlang'ich komponentlarning sifati va miqdori bilan belgilanadi. Tebranma ta'sirlardan foydalanish aralashmaning tarkibiy tuzilishi, moddalarining o'zaro birikishi, aralashmaning betonga nisbatan o'zgarishini hisobga olgan holda ushbu jarayonni tartibga solish imkonini beradi. Ma'lumki, gazobeton aralashmasining qovushqoqligi yetarli darajada bo'lmaganda gaz hosil bo'lishi fazasining muvozanati buziladi, gaz hosil qiluvchi moddalar to'liq reaksiyaga kirishmasa aralashmaning yetarli darajada ko'tarilmasligi, bu esa ma'lum vaqt o'tgandan so'ng ajralib betonlarda nuqsonlar paydo bo'lishiga olib keladi. Agar qovushqoqlik juda yuqori darajada bo'lsa, mahsulotlarning ko'pchilik sekinlashadi va gazobeton aralashmasi kutilgan darajada ko'tarilmaydi, bu esa gazobetonning vazni og'irlashishiga olib keladi. Shu bilan birga, gaz hosil qiluvchi moddalar ko'p miqdorda reaksiya berishi natijasida, gazobeton strukturasi yoriqlar paydo bo'lishiga va betonning ekspluatatsiya muddati kamayishiga olib keladi. Qorishmaning qovushqoqlik xususiyati kamayishi yoki ortib ketishi har ikkala holatda ham beton mikrostrukturasi buzilishiga va sifati pasayishiga olib keladi. Shuning uchun, qorishmaning ko'pchilik uchun normal holatda qovushishini ta'minlash kerak, buning uchun esa aralashmani suyultirish orqali va turli xildagi qo'shimchalar kiritish mumkin. Gazobeton aralashmalarning ko'pchilik va strukturasi shakllantirish jarayonida gazning qorishma tarkibidan chiqish tezligi normal holatda bo'lishi talab etiladi [5].

Gazobetonlarni qoliplarga quygan holda bloklarni hosil qilishda avtoklavsiz g'ovakbeton tayyorlash texnologiyasi bir qator kamchiliklarga ega:

- texnik jihatdan nomukammal;
- tsementning ko'p miqdorda sarf bo'lishi;
- konstruksiya hosil bo'lishida past miqdorda bosim berilishi;
- og'irligi bo'yicha 20 – 30 foizgacha bo'lgan yuqori namlik;
- avtoklav betonning xususiyatlariga nisbatan yoriqbardoshligi past darajada bo'lganligi bilan tavsiflanadi.

Bu sanoat ishlab chiqarilishida miqyosida avtoklavsiz gazobeton olishda ushbu kamchiliklarni bartaraf etishga asos bo'ladi [6].

Avtoklav gazobetonlarga ishlov berish jarayonida betonning strukturasi mikrodefektlar paydo bo'lishi, bu mahsulot va konstruksiyalarning chidamliligini pasayishiga olib kelishi hamda ularni tayyorlash texnologiyasi avtoklavsiz gazobetonlarga qaraganda ancha murakkab va narxi ancha qimmat bo'lganligi sababli avtoklav bo'lmagan betonlardan foydalanish anchagina iqtisodiy samaradorlikka olib keladi [7].

Bu borada A.D. Dikun va G.P. Saxarovning olib borgan tadqiqot natijalariga ko'ra shimolda barpo etilgan binolarda o'rtacha zichligi 1000 kg/m³ bo'lgan avtoklav gazobetonlarni 17 yil ekspluatatsiya qilingandan so'ng gazobeton strukturasi salbiy o'zgarishlar: muzlash va yemirilish, turli xildagi yoriqlar, mog'orlashlar kuzatilgan. Ushbu konstruksiyalarning kamchiligi xizmat muddatining kamayishi va issiqlik o'tkazuvchanligining yuqori ekanligidir [8-9].

Bundan tashqari B.P. Danilov va A.A. Bogdanov tomonidan gazobeton bloklarining ekspluatatsiya jarayonida

yemirilishini oldini olish uchun betonning g'ovakli strukturasi turli ta'sirlarga chidamliligini oshirish bo'yicha bir qator ijobiy natijalarga erishilgan [10-11].

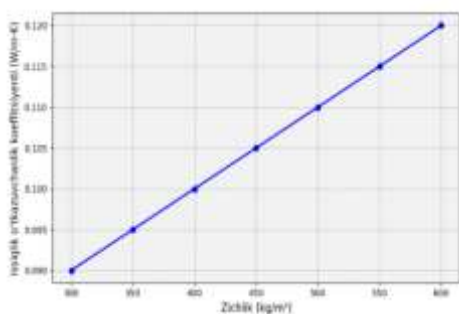
Shu bilan bir qatorda gazobeton ishlab chiqarish nazariyasi va texnologiyasining asoslari bo'yicha V.A. Kitaytsev, K.E. Goryaynov va keyinchalik Yu.M. Bazgenov, Yu.P. Gorlov, A.P. Merkin, E.V. Gladkix va boshqa atqli olimlar tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilgan va ommalashtirilgan. Gazobeton olish texnologiyasining rivojlantirish va takomillashtirishning hozirgi bosqichida X.S. Vorob'ev, A.A. Axundova, I.B. Udachkina, U.X. Magdeeva, Yu.P. Trifonova, V.G. Suxova, E.V. Silaenkova, G.Ya. Axmaniskiy tomonidan olib borilgan. Ushbu tadqiqotlarda 300-500 kg/m³ zichlikdagi gazobetonlar ishlab chiqarishga mo'ljallangan bo'lib, asosan bino ichki parda devorlarida foydalanishga mo'ljallangan. Ammo, ushbu bloklarning kamchiligi gazobeton konstruksiyalarning mustahkamligi yetarli darajada emasligi sababli ularning katta kamchiligi hisoblanadi [1, 12, 13].

O'zbekiston olimlari A.I. Adilxodjaev, Ye.V. Shipacheva va boshqalar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlarida oldindan belgilangan xossalarga ega bo'lgan gazobeton strukturasi g'ovaklar kubik va geksagonal tartibda joylashtirish orqali uning mustahkamligining oshishi ilmiy isbotlangan [14-15].

Gazobeton tarkibiga chiqindilarni qo'llash bo'yicha mahalliy olimlardan A.X. Alinazarov o'zining ilmiy tadqiqotlarida Farg'ona IES kulini kul-tsementli kompozitsiyasida qo'llash masalasiga qaratilgan [15]. Olim kulning 40-80 foiz miqdorida kiritilishi kul-tsementli kompozitsiyaning issiqlik o'tkazuvchanligi yaxshilanishiga olib kelishi ilmiy isbotlangan. Bu esa sanoat chiqindilarini gazobetongakiritish samaradorligini hamda kulning kichik gidravlik aktivligi bilan tushuntiriladi. Kompozitsiya tarkibida kul miqdorining 80 foizgacha kiritishda mustahkamlik kinetikasining sekinlashuvi aniqlandi. Shuni ta'kidlash kerakki, mayda to'ldiruvchilarni iqtisod qilish va mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi [16-17].

Gazobeton bloklarining yaxshilangan issiqlik texnik xossalari binoning issiqlik tejamlilik va energiyasamaradorlik ko'rsatkichlarini, shuningdek, uzoq muddat ekspluatatsiya qilishga yordam beradi. Shuning uchun ushbu xossalarni yaxshilash uchun xizmat qiladigan materiallar xom ashyo bazasining mavjudligi muhim hisoblanadi. Shu boisdan ham gazobeton xom ashyosi materiallari xossalarni ko'rib chiqamiz.

Issiqlik izolyatsiyalovchi gazobetonning issiqlik-texnik xossalarni tahlil qilishda materialning zichligi muhim rol o'ynaydi. Quyidagi grafikda gazobetonning zichligi ortishi bilan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti qanday o'zgarishi ko'rsatilgan.



1-rasm. Zichlik va issiqlik o'tkazuvchanlik bog'liqligi

Grafikdan ko'rinib turibdiki, zichlik 300 kg/m³ dan 600 kg/m³ gacha oshganda, issiqlik o'tkazuvchanlik

koeffitsiyenti ham mos ravishda 0.09 W/m·K dan 0.12 W/m·K gacha ortmoqda. Bu hodisa fizika jihatdan tushunarli: zichlik ortgani sari materialdagi g'ovaklik darajasi kamayadi, ya'ni issiqlikni tutib turuvchi havo yostiqchalari soni qisqaradi. Natijada issiqlik energiyasi materialdan tezroq o'ta boshlaydi.

Gazobetonning asosiy issiqlik izolyatsiyalovchi xususiyati — uning g'ovakli (poroz) tuzilmasi bilan bog'liq. Material ichida millionlab mayda havo yostiqchalari mavjud bo'lib, aynan havo (yoki gaz) issiqlikni juda sust o'tkazadi. Bu shuni anglatadiki:

G'ovaklar qancha ko'p va mayda bo'lsa, materialning issiqlik o'tkazuvchanligi shuncha past bo'ladi. Shunday qilib, tashqarisi issiq bo'lsa — ichki qism sovuq qoladi, va aksincha, sovuq havoda esa bino ichidagi issiqlik uzoq saqlanadi.

Bu fizik jihatdan "issiqlik inertsiyasi" va "issiqlik qarshiligi" deb ataladigan xususiyatlarga bog'liq. Ya'ni, gazobeton issiqlik oqimini sekinlashtiradi, uni to'liq o'tkazib yubormaydi, natijada uy ichida barqaror, qulay mikroiklim saqlanadi. Shu bilangina gazobetonning "nafas oluvchi issiqlik qalqoni": u na issiqlikni tez o'tkazmaydi, na sovuqni, shu sababli uydagi harorat uzoq muddat davomida barqaror bo'lishini ta'minlaydi.

Gazobetonning zichligi (ρ) uning hajm birlik massasini anglatadi va odatda kg/m³ birlikda ifodalanadi. Ko'pincha gazobeton quyidagi zichlik oraliqlarida ishlab chiqariladi: 300–400 kg/m³ — juda yengil (izolyatsion gazobeton), 500–600 kg/m³ — konstruktiv-izolyatsion gazobeton, 700–900 kg/m³ — ko'proq konstruktiv yuk ko'taruvchi gazobeton.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti — materialning issiqlikni o'tkazish xususiyatini ifodalovchi asosiy ko'rsatkich bo'lib, W/(m·K) bilan o'lchanadi. Qiymat qanchalik kichik bo'lsa, material shuncha yaxshi issiqlik izolyatoridir. Bunga misol sifatida quyidagi jadvalni keltirish mumkin:

2-jadval

Gazobetonning zichligi va issiqlik o'tkazuvchanligi bog'liqligi

Gazobetonning zichligi, kg/m ³	Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ , W/(m·K)
300	0,07–0,09
400	0,09–0,12
500	0,12–0,14
600	0,14–0,17
700	0,17–0,20
800	0,20–0,24

Gazobetonning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti faqat uning zichligiga bog'liq ekanligi asoslangan. Quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\lambda_g = \frac{\rho_g}{\rho_k} \lambda_k + (1 - \frac{\rho_g}{\rho_k}) \lambda_v \quad (1)$$

bu yerda:

λ_g — gazobetonning issiqlik o'tkazuvchanligi;

ρ_g — gazobeton zichligi;

ρ_k — mikroporali tsement toshi (MKT) zichligi;

λ_k — MKT ning issiqlik o'tkazuvchanligi;

λ_v — havoning issiqlik o'tkazuvchanligi (20°C da 0,02 W/(m·°C) ga teng).

Yuqoridagi tahlillar shuni ko'rsatadiki, eng yuqori issiqlik izolyatsiyasi 300–400 kg/m³ zichlikdagi gazobetonlarda kuzatiladi. Shu sababli energiya tejamlor qurilishlarda aynan shu diapazondagi materiallardan foydalanish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, yuqori zichlikka ega gazobetonlar (500–600 kg/m³) konstruksion

yuk ko'tarish xususiyatlari bilan ajralib turadi, ammo ularning issiqlik o'tkazuvchanligi nisbatan yuqori bo'ladi. Shu bois, ularni tashqi devorlar emas, balki yuk ko'taruvchi devorlar yoki ichki devorlar uchun ishlatish maqsadga muvofiqdir. Ushbu tahlil material tanlashda muvozanatli yondashuv zarurligini ko'rsatadi: issiqlik izolyatsiyasi va mexanik mustahkamlik o'rtasidagi optimal nisbat loyihaning maqsadiga qarab aniqlanishi lozim.

4. Xulosa

Gazobetonning zichligi kamayishi bilan uning tarkibidagi havo miqdori ko'payib, issiqlik izolyatsiya xossalari yaxshilanadi, ammo mexanik mustahkamlik kamayadi. Shu sababli gazobetonni tanlashda qurilishning maqsadi va ekspluatatsiya sharoitlariga qarab optimal zichlik va issiqlik koeffitsiyentini tanlash zarur bo'ladi.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida gazobetonning zichligi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti o'rtasidagi aniq bog'liqlik ilmiy asosda tasdiqlandi. Zichlik ortgani sari issiqlik o'tkazuvchanligi ortadi, bu esa g'ovaklar sonining kamayishi bilan izohlanadi. Zichligi 300–400 kg/m³ oralig'idagi gazobeton namunalari eng yaxshi issiqlik izolyatsiyasini ko'rsatdi, ammo konstruktiv mustahkamligi past bo'lishi sababli faqat ichki issiqlik izolyatsion element sifatida tavsiya etiladi.

Zichligi 500–600 kg/m³ oralig'idagi gazobeton optimal mustahkamlik va issiqlik izolyatsiyasini ta'minlaydi, shuning uchun ham tashqi va ichki konstruktiv elementlarda keng qo'llanilishi mumkin. 700 kg/m³ va undan yuqori zichlikdagi gazobetonlar esa yuk ko'taruvchi konstruksiyalar uchun mo'ljallangan, ammo issiqlik izolyatsiya ko'rsatkichlari ancha past bo'ladi.

Xulosa qilib aytganda, gazobeton parametrlarini tanlashda loyihaning ekspluatatsion talablarini hisobga olish muhim. Energiya tejamkor qurilishlarda past zichlikdagi gazobetonni ishlatish samaraliroq, ammo konstruktiv mustahkamlik talab etilganda o'rta zichlikdagi materiallardan foydalanish tavsiya etiladi. Bu tadqiqot natijalari gazobeton ishlab chiqarishda optimal parametrlarni tanlashga ilmiy asos yaratadi va qurilish sanoatida energiya tejamkor, samarali yechimlar yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [1] Сажнев Н.П. Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика [Текст] / [Н.П. Сажнев, В.Н. Гончарик, Г.С. Гарнашевич и др.]-Мн.:Стринко, 2009.-С 22-24
- [2] Федин А.А. Ячеистые бетоны на основе местного и попутного сырья [Текст] / А.А. Федин.- М.: ВНИИТТИЭПМС, 2009.-С-8.
- [3] Ахундов А.А. Состояние и направления развития производства легких бетонов в России [Текст] / А.А. Ахундов, Ю.В. Гудков // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Материалы международной научно-практической конференции. - Ростов-на-Дону. - 2000. - С. 50 - 55.
- [4] Воробев Х.С. Бескрановая конвейерная линия "Виброблок" для производства стеновых блоков из

ячеистого бетона [Текст] / Х.С. Воробев // Строительные материалы. - 2003. - № 7. - С. 2 - 4.

[5] Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий [Текст] / Ю.П. Горлов.- М.: Выс. шк., 1989. С. 77—89.

[6] Волженский А.В. Изготовление изделий из неавтоклавного газобетона [Текст] / А.В. Волженский // Стр.матер. - 2003. - № 8. - С. 12-13.

[7] Паплавский Я.М. Предпосылки дальнейшего развития производства и применения ячеистого бетона в современных условиях [Текст] / Я.М. Паплавский и др. // Строительные материалы. - 2006. - № 3. - С. 2 - 6.

[8] Дикун А.Д. Дилатометрические исследования газозобетона [Текст] / А.Д. Дикун, Т.В. Златинская // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов: Тез. докл. 6-ой Республ. конф. - Таллин, 2007. ч. 1-79 с.

[9] Сахаров Г.П. Сравнительная оценка надежности газобетона разных видов и структуры [Текст] / Г.П. Сахаров, Б.Н. Виноградов, С.В. Кропивницкий // Бетон и железобетон. - 2007. -№3,- С. 6-8.

[10] Гладков Д.И. Баротехнология ячеистобетонных изделий [Текст] / Д.И. Гладков, Л.А. Сулейманова, А.Б. Мананов // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Материалы международной научно-практической конференции. - Ростов-на-Дону. - 2000. - С. 125 - 127.

[11] Данилов Б.П., Богданов А.А. Ограждающие конструкции из ячеистого бетона переменной плотности [Текст] / Б.П. Данилов, А.А. Богданов.- М.: Стройиздат, 2004. - 102 с.

[12] Hebei. Technical Handbook / Edition 5 / CSR Hebei (Australia) - Ptyltd ACN 003.392.621.2003.220 c.

[13] Меркин А.П. Формирование макроструктуры ячеистых бетонов [Текст] / А.П. Меркин и др. // Строительные материалы. - 1963-№ 12- С. 16-17.

[14] 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

[15] 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

[16] Газиев У.А., Ризаев Х.А. К проблеме эффективности использования отходов промышленного производства. Журнал «Общественные науки в Узбекистане» Ташкент-2000. Стр. 55-56.

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

[18] www.som.pu.ru интернет тармоғи.

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