

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI

TO‘RAXANOV SAFARALI IBROHIMOVICH

O‘Z-O‘ZIDAN ZICHLASHUVCHI KERAMZITBETONNING TARKIBI
VA XOSSALARI

05.09.05 – Qurilish materiallari va buyumlari

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Toshkent– 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора (PhD) философии по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

To‘rahanov Safarali Ibrohimovich O‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonning tarkibi va xossalari	3
Тўраханов Сафарали Иброхимович Состав и свойства самоуплотняющегося керамзитобетона.....	21
To‘rahanov Safarali Ibrohimovich Composition and properties of self-compacting expanded clay concrete	39
E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati Список опубликованных работ List of published works.....	42

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI

TO‘RAXANOV SAFARALI IBROHIMOVICH

**O‘Z-O‘ZIDAN ZICHLASHUVCHI KERAMZITBETONNING TARKIBI
VA XOSSALARI**

05.09.05 – Qurilish materiallari va buyumlari

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Toshkent– 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4775 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Toshkent arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.taqi.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Kamilov Xabibilla Xamidovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Xodjayev Saidaglam Agloyevich
texnika fanlari doktori, professor

Axmedov Sulton Ilyosovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc. 26/30.12.2019 T 11.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil 3-iyun soat 13⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100194, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangi shahar, 9-uy, 4-bino, 5-qavat, faollar zali, tel : (99855) 508 02 95; faks: (99855) 508 50 06, e-mail: devon@taqu.edu.uz)

Dissertatsiya bilan Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№149 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 100194, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangi shahar, 9-uy. Tel (99855) 508 02 95; faks: (99855) 508 50 06.e–mail: taquarm@edu.uz.)

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil 19-may kuni tarqatildi.

(2025-yil 17-martdagi 55 raqamli reestr bayonnomasi).

X.A. Akramov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

I.I. Siddiqov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi t.f.d., dotsent

B.A. Asqarov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda jahonda beton va temir-beton konstruksiyalari nafaqat tobora o'sib borayotgan aholini uy-joy bilan ta'minlashda, balki fuqarolik, transport, gidrotexnik va sanoat inshootlari qurilishida ham muhim o'rin tutadi. Jahon qurilish bozori yetakchilari bo'lgan AQSh, Hindiston, Xitoy, Braziliya, Malayziya, Rossiya va boshqa mamlakatlarda 2023 yildan 2028 yilgacha o'rtacha yillik o'sish sur'ati 6,36% ga, beton va sement bozorining 438,3 milliard dollarga oshishi kutilmoqda.¹ Bu borada ishlab chiqarish jarayonida tabiiy homashyolarni tejash, ikkilamchi resurslardan foydalanish va energiyatejamkorlikka erishish imkoniyatlarini beruvchi mahalliy materiallar va xom ashyodan foydalanib yengil konstruksion betonlarning xossa va strukturalarini optimallashtirish, uzoq vaqt davomida xizmat qilishini oshirish va ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish muhim ahamiyatga ega.

Jahonda gidravlik faolligi sof klinkerli portlandsementnikidan kam bo'lmagan, energiya va resurstejamkor mineral bog'lovchi kompozitlarining tarkiblarini ishlab chiqish, ularning xossalarini tadqiq etish, natijada atmosferaga karbonat angidrid gazlari ajralib chiqishini kamaytirishga erishish, shu bilan birga ulardan foydalanib konstruktiv va texnik xossalari yaxshilangan betonlarning tarkiblarini yaratish hamda ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarga katta e'tibor qaratilmoqda. Bu yo'nalishda betonlarning mustahkamligini pasaytirmagan xolda sement sarfini kamaytirish, ularning xossalarini mahalliy va ikkilamchi xomashyolar hamda g'ovakli to'ldiruvchilardan foydalanib yaxshilash, shuningdek konstruksion yengil betonlarning tarkiblarini turli kimyoviy va mineral qo'shimchalar bilan modifikatsiyalash, ularni optimallashtirish orqali struktura va xossalarini yaxshilash, energiya va resurs tejamkorligini oshirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirish, mahalliy va ikkilamchi xom ashyolardan foydalangan xolda yangi zamonaviy qurilish materiallari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish masalalariga alohida e'tibor qaratilib, muayyan yutuqlarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmonida «... sanoat tarmoqlarida yo'qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish ...»² kabi muhim vazifalar belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan foydalanib, o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion keramzitbeton tarkiblarini ishlab chiqarishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 2 dekabrda PQ-436-son «2030 yilgacha O'zbekiston Respublikasining «Yashil» iqtisodiyotga o'tishiga

¹ <https://www.technavio.com/report/concrete-and-cement-market-industry-analysis>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022 - 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida»gi, 2022 yil 6 iyuldagi PQ-307-son «2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida»gi, 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-son «Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi qarorlari hamda shu sohaga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda mazkur tadqiqot muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. «Energetika, energiya va resurstejamkorlik» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. G'ovak to'ldiruvchilar asosidagi betonlarning yangi tarkibini ishlab chiqish, o'z-o'zidan zichlashuvchi betonlarning tarkiblari va ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish, shu jumladan foydalaniladigan to'ldiruvchilar, kimyoviy va mineral qo'shimchalardan unumli foydalanishga qaratilgan ilmiy izlanishlar bo'yicha H. Al-Attar, J.A. Al-Khaiat, Bogas, H. Okamura, M. Ouchi, K.Osava, K. Maekawa, M.Karamloo, N. Ranjbar, Q.L.Yu, P. Spiesz, Khaled Heiza, Abdurrahmaan Lotfy, Ю.М. Баженов, Г.И. Горчаков, Б.Г. Скрамтаев, А.Г. Бужевич, Н.А. Попов, А.Г. Комар, И.А., Иванов, Н.И. Макридин, Л.П. Орентлихер, Г.В. Несветаев, А.В. Беляев, В.А. Дорф, В.Г. Довжик А.С. Иноземцев, Е.В. Королев, С.А. Удодов, М.В. Комаринский, С.И. Смирнов, С.С.Каприелов va boshqalar shug'ullanib, ushbu masalalarni hal qilishda fanning rivojiga katta hissa qo'shganlar.

Bu yo'nalishda yurtimiz olimlaridan, A.B. Ashrabov, E.U. Qosimov, N.A. Abbasxonov, B.A. Asqarov, A.I. Adilxo'jaev, X.A. Akramov, L.M. Botvina, N.A. Samigov, S.A. Xodjaev, M.K. Taxirov, A.A. To'laganov, U.A. Gaziev, I.M. Maxamatalliev, B.M. Цой, X.X. Kamilov, T.T. Shakirov va boshqalar mahalliy xomashyo va ikkilamchi resurslar asosidagi turli mineral qo'shimchalar xamda kimyoviy qo'shimchalarni qo'llash orqali yengil betonlarning samarali tarkiblarini ishlab chiqish va qo'llash bo'yicha muhim natijalarga erishganlar.

Avval o'tkazilgan tadqiqotlar tahlili yengil betonlar ishlab chiqarish uchun energiya samaradorlikni oshirish va resurs tejamkor texnologiyalarini yaratish sohasida muhim ijobiy natijalar olinganligini ko'rsatdi. Biroq Respublikamizda mahalliy va ikkilamchi xom ashyodan foydalanib o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion yengil betonlarning tarkiblari va ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar yetarlicha bajarilmaganligi bu yo'nalishdagi ilmiy ishlarni kengroq doirada olib borishni talab qilmoqda.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent arxitektura-qurilish universitetining "Qurilish materiallari va konstruksiyalari texnologiyasi" kafedrasining "Maxalliy xomashyo va sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari, to'ldiruvchilarni yaratish va ular asosida

qurilish konstruksiyalar va devor panellarini loyihalash” (2020-2025) mavzusidagi bosh ilmiy yo‘nalish mavzusi ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan foydalanib o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonning tarkiblarini ishlab chiqish va xossalari tadqiq etishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton tayyorlash uchun hom ashyo materiallarning xossalari tadqiq etish va maqbullarini tanlab olish;

tanlab olingan kimyoviy va mineral qo‘shimchalarni portlandsementning qotish jarayoniga ta‘sirini tadqiq etish;

o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasini tayyorlashda keramzit to‘ldiruvchilariga dastlabki ishlov berish usulining beton qorishmasi va qotgan betonning xossalariga ta‘sirini tadqiq etish;

o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonning optimallashtirilgan tarkibini ishlab chiqish va xossalari tadqiq etish;

o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton ishlab chiqarishning texnologik sxemasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob‘ekti sifatida mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan tayyorlanadigan o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonlar olingan.

Tadqiqotning predmetini o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonlarning tarkibi, fizik-mexanik, fizik-kimyoviy va texnologik xossalari tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida rentgen-fazali taxlil, lazerli granulometriya, issiqlik o‘tkazuvchanlik, polyarizatsion mikroskopiya va boshqa standartlashtirilgan usullaridan hamda keramzitbeton tarkibni loyihalashda optimallashtirishning matematik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

superplastifikatorli «portlandsement-mineral qo‘shimcha- superplastifikator-suv» tizimi asosidagi sun‘iy toshdagi bog‘lovchining gidratatsiyalanish darajasi (0,656) superplastifikatorsiz namunikiga nisbatan past bo‘lishi (0,673) aniqlangan;

PR-196 superplastifikatorining ta‘sir qilish mexanizmi va Pauers formulalari asosida hamda bog‘lovchining gidratatsiyalanish darajasini hisobga olgan xolda «portlandsement-pusolan qo‘shimcha– superplastifikator-suv» tizimi asosidagi sun‘iy tosh g‘ovaklaridagi gel miqdori, gelning g‘ovakligi va geldagi suv miqdori aniqlangan;

Ca(OH)₂ning yutilishini aniqlash orqali keramzit to‘ldiruvchining pusolan faollikka ega ekanligi (70 mg/g) isbotlangan;

avvaldan suvga to‘yintirib olingan keramzit to‘ldiruvchisidan foydalanish orqali an‘anaviy usulda tayyorlanadiganga nisbatan beton mustahkamligini 33% ga oshirishga erishilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan foydalanib o‘z-o‘zidan zichlashuvchi konstruksion yengil keramzitbetonning optimal tarkiblari ishlab chiqilgan;

g'ovak to'ldiruvchi va sanoat chiqindilaridan foydalanib yuqori mustahkamlikdagi o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion yengil keramzitbeton tarkiblarining matematik modellari ishlab chiqilgan;

optimallashtirilgan tarkib tufayli o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion yengil keramzitbeton ishlab chiqarishda sarf bo'ladigan portlandsementning har bir kilogrammiga 0,228 MPa gacha mustahkamlikka erishilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi va qotgan betonning xossalari o'rganishda tadqiqotning zamonaviy usul va vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, hisoblash ishlari kompyuter dasturi yordamida bajarilganligi, tajriba va nazariy tadqiqot natijalarining o'zaro mutanosibligi hamda amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi va qotgan betonda faza hosil bo'lish jarayoni va strukturasi shakllanishi, shu bilan birga tarkiblar o'zgarishi ularning fizik-mexanik xossalari va sifat ko'rsatkichlariga ta'sirini aniqlashning ilmiy asoslari ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati seysmik jixatdan barqaror, yengil, energiya samaradorligi yuqori bo'lgan ko'p qavatli binolarni qurish uchun o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmalarini foydalaniladigan joyiga qarab to'g'ri tanlash, tarkiblarni tayyorlash va ulardan foydalanishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonning tarkibi va xossalari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

portlandsement, superplastifikator, faol mineral qo'shimchalar, keramzit chaqirtoshi va qumi, daryo qumi va suvdan foydalanib ishlab chiqilgan keramzitbeton tarkiblari "Aysel Inshaat" MChJ QKda joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025 yil 13-yanvardagi 20-06/407 son ma'lumotnomasi). Natijada siqilishdagi mustahkamligi 55 MPa bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi yengil keramzitbeton olishga erishilgan;

portlandsement, superplastifikator, faol mineral qo'shimchalar, keramzit chaqirtoshi va qumi, daryo qumi va suvdan iborat o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasining optimal tarkiblari "UNIO GROUP" MChJ XKda joriy qilingan (O'zbekiston qurilish materiallari sanoati korxonalar uyushmasining 2025 yil 5-fevraldagi 02-15/354 son ma'lumotnomasi). Natijada 150 kg sement sarfi va kimyoviy, mineral qo'shimchalarni optimal nisbatlari orqali yoyiluvchanligi 74,5 sm bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi va 28 sutkalik mustahkamligi 34,14 MPa bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton olishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 9 ta, jumladan 7 ta halqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, 1 ta scopus bazasida ro'yxatga olingan konferensiyada maqola, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiya-

sining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 3 ta maqola: jumladan, 2 tasi respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya tarkibi va xajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat bo'lib, dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotlarining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotlarning maqsad va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalar taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, tadqiqotlarning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, shuningdek, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinganligi, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Adabiyotlar tahlili va tadqiqotning nazariy tasavvurlari**" deb nomlangan birinchi bobida dissertatsiya mavzusi bo'yicha chet el hamda yurtimiz olimlari tomonidan chop etilgan ilmiy tadqiqotlar natijalarining tahliliy sharhi keltirilgan.

Ilmiy manbalarning tahlili yengil betonlar, jumladan g'ovakli sun'iy to'ldiruvchilardan tayyorlanadigan konstruktiv betonlar tabiiy zich to'ldiruvchili og'ir betonga qaraganda bir qator fizik, mexanik va iqtisodiy afzalliklarga ega ekanligini ko'rsatdi. Mutahassislarining fikricha, sementni sarfini kamaytirish va keramzitbetonning mustahkamligini oshirish orqali xamda konstruksiyaning massasini pasaytirish bilan bir qatorda issiqlik-fizik xossalarning og'ir betondan ustunliklari hisobiga nafaqat qurilish vaqtida, balki konstruksiyadan foydalanish vaqtida ham iqtisodiy samaraga erishish mumkin. Zamonaviy qurilish murakkab shakllardagi va zich armaturalangan temir-beton konstruksiyalarni ishlab chiqarishni talab qilayotganligi, bu esa beton qorishmaning yetarli darajada zichlashmasligi va ishlab chiqarilgan konstruksiyaning qoliplarini qoniqarsiz to'ldirishi bilan bog'liq muammolarni o'z-o'zidan zichlashuvchi betonlardan foydalanish orqali xal qilish mumkinligini ko'rsatdi.

Yuqori mustahkam va sifatli o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton ishlab chiqarish imkoniyati yuqori samarali polikaboksilatli superplastifikator bilan turli xil kombinatsiyalarda yuqori faol mineral qo'shimchalar (mikrokremnezem, kul changi va boshq.) yordamida sement toshining strukturasi shakllanishini boshqarish orqali amalga oshirish ekanligini aniqlandi.

Bajarilgan tadqiqotlar sharhi va adabiyotlar tahlili hozirgi kunga qadar Respublikamizda mahalliy va ikkilamchi xom ashyodan foydalanib o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion yengil betonlarning tarkiblari va ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar bajarilmaganligi va kengroq tadqiq qilish ma'lum darajada qiziqish uyg'otadi.

O'z-o'zidan zichlashuvchi betonlar tarkibi va strukturasi tahlil qilish va bajariladigan tadqiqotlar doirasida belgilangan vazifalarni amalga oshirish uchun

quyidagi **ishchi gipoteza** shakllantirildi. Karboksilatli superplastifikator, faol mineral qo‘shimchalar va keramzit to‘ldiruvchilaridan foydalanishga asoslanadi. Yangi tarkib, bir tomondan past sifatli to‘ldiruvchilarning materialda faol ishlashiga yordam bersa, ikkinchi tomondan to‘ldiruvchi va sement toshini bir butun jismdek ishlashini ta’minlaydi.

Dissertatsiyaning **“Xomashyo materiallarning xossalari va tadqiqot usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton olish uchun qo‘llaniladigan xomashyoning xossalari va eksperimental tajribalarni o‘tkazish uchun qabul qilingan tadqiqot usullari keltirilgan.

To‘ldiruvchi sifatida foydalanilgan “Navoiy Keramzit” MChJ (K1), “Qarshi Keramzit” OTAJ (K2) va “G‘azalkent keramzit zavodi” MChJ (K3) korxonalarining keramzit chaqiqtoishi, keramzit qumi va daryo qumining fizik mexanik ko‘rsatkichlari xamda faol mineral qo‘shimcha sifatida ishlatilgan mikrokremnezem, kul changi va mikrokalsitning kimyoviy va granulometrik tarkiblari, rentgen fazaviy tahlili keltirilgan. Shuningdek kimyoviy qo‘shimcha sifatida foydalanilgan “Constant formula” MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan PR-196, Chryso Delta - 6325, Kimyo-Texnologiyalar ITI tomonidan ishlab chiqarilgan RS-1, “Regal Globe Service” MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan PC-08-SC-7, PC-08-SC-4, “Poliplast Novomoskovsk” MChJ tomonidan ishlab chiqarilgan Poliplast-956 superplastifikatorlarining aniqlangan xossalari keltirilgan.

Dissertatsiya tadqiqoti oldiga qo‘yilgan maqsad va vazifalardan kelib chiqib tadqiqotlarning usullari asoslab berilgan va tanlab olingan. Eksperimental tadqiqotlarda standartlashtirilgan usullar bilan bir qatorda fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari, hamda yetakchi xorijiy ilmiy-tadqiqot institutlarining mutaxassislari tomonidan ishlab chiqilgan nostandart usullar qo‘llanilgan.

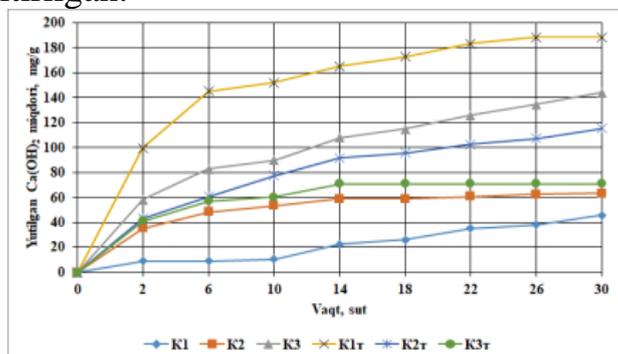
Dissertatsiyaning **“Qo‘shimchalarning sement xamiri va sement toshining xossalari ta’siri”** deb nomlangan uchinchi bobi foydalanilgan materiallarning, xususan keramzit to‘ldiruvchisi yuzasining putsolan faolligini aniqlashga, sement xamiri va sement toshi xossalari superplastifikator va putsolan qo‘shimchalarning ta’sirini o‘rganishga, portlandsementning qotish kinetikasiga superplastifikator va putsolan qo‘shimchalarning ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlangan.

Birinchi bobda keltirilgan adabiyotlar tahlili keramzit havoda sovutilganda, mikroskop ostida shisha fazali prizmatik kvars kristallari, yirik parchalanuvchi anortit kristallari va tabletka shaklidagi gematit kristallari mavjud bo‘lishini ko‘rsatdi. Kvars donalarining yoriqlari va qirralari bo‘ylab tetragonal singoniyali kristobalitning kristallanishi qayd etilgan.

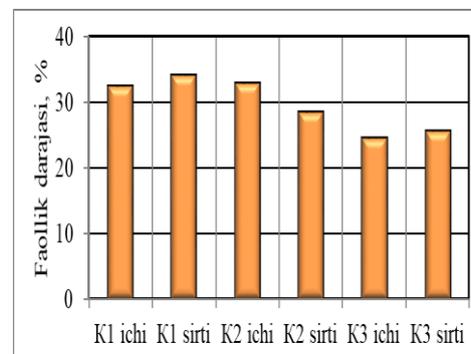
Yuqoridagilarga asoslanib, biz tadqiqotimizda keramzit chaqiqtoishi yuzasi va ichki qismining putsolan faolligi imkoniyatlarini o‘rganishga qaror qildik. Buning uchun uch xil usuldan foydalanildi. Birinchi usulda mineral qo‘shimchalarning faolligini qo‘shimchalarning ohakning to‘yingan eritma-sidagi ohakni singdirish qobiliyatini aniqlash orqali amalga oshirildi. Ikkinchi usulda beton va temirbeton konstruksiyalarini qotishini tezlashtirish uchun issiq-nam ishlovi berilishini hisob-

ga olgan xolda sinov uchun tayyorlangan namunalar ohakning to‘yingan eritmasiga solinganidan keyin dastlabki 8 soat davomida 80 °C haroratda ushlab turildi va keyin 30 kun davomida har 2 sutkada titrlash orqali sinov ishlari bajarildi. Putsolan faollikni aniqlashning uchinchi usulida kremniy dioksidli xom ashyosning faollik koeffitsienti integral xossalarini baholashning ekspress usulidan foydalanildi.

Tanlangan usullar yordamida aniqlangan natijalar 1 va 2- rasmlarda keltirilgan.



1-rasm. Keramzit sirti namunalariidagi faol SiO₂ning vaqt bo‘yicha Ca(OH)₂ bilan birikishi: t-indeksi 2-usul bo‘yicha aniqlangan faollik



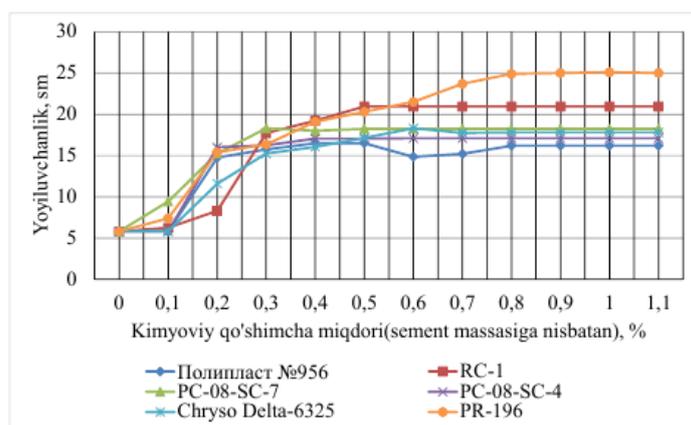
2-rasm. Keramzitning ekspress usulda aniqlangan faollik darajasi

Bajarilgan ilmiy izlanishlar natijasida 30 kun davrida K1, K2 va K3 namunalardagi faol SiO₂ mos ravishda 42 mg/g, 61 mg/g va 70 mg/g Ca(OH)₂ ni singdirishi aniqlandi. Dastlabki termik ishlov berilishi reaksiya ketishini tezlashtirgani va faol SiO₂ Ca(OH)₂ singdirishi ravishda 189 mg/g, 118 mg/g va 141 mg/g ni tashkil etishi aniqlangan.

Uchinchi usul, ya’ni ekspress usul yordamida olingan natijalar keramzit to‘ldiruvchilarining putsolan faollikga ega ekanligini ko‘rsatdi. Keramzit to‘ldiruvchisining putsolan faollikga ega ekanligi xaqidagi olingan natijalar keramzitbeton tarkibidagi faol SiO₂ portlandsement gidratatsiyasi davrida ajralib chiqadigan portlantit bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, bog‘lovchi va to‘ldiruvchi orasidagi kontakt zonasini yaxshilashga olib keladi.

Kimyoviy qo‘shimchalarning sement xamiri yoyilishiga xamda sementning suvga talabchanligini kamayishiga ta’sirini o‘rganish davomida Poliplast №956, RC-1, PC-08-SC-7, PC-08-SC-4, Chryso Delta-6325, PR-196 kabi bir necha kimyoviy qo‘shimchalar olindi. Tanlab olingan kimyoviy qo‘shimchalarning ta’siri mini-konus usuli yordamida tekshirildi. Eksperimentlar natijasida sement xamiri PR-196 superplastifikatorining 0,8% miqdori qo‘shilganda maksimal yoyiluvchanlikka erishishi va shu dozirovkada sement xamirining suvga bo‘lgan talabchanlikni 45% ga qisqartirishi aniqlandi. Bu xaqida 3-rasmdagi ma’lumotlar dalolat beradi.

Poliplast №956 superplastifikatori suvga bo‘lgan talabchanlikni 35% ga, RC-1 40% ga, PC-08-SC-7 35% ga, PC-08-SC-4 25% ga, Chryso Delta-6325 35% ga, PR-196 45% ga kamaytirishi aniqlandi.



3-rasm. Kimyoviy qo‘shimchalar miqdorining portlandsement xamirining yoyiluvchanligiga ta‘siri

Sement toshi mustahkamligiga kimyoviy qo‘shimchalar ta‘sirini aniq ifodalash maqsadida dastlab superplastifikator qo‘shish yordamida yoyiluvchanligi oshirilgan sement xamirlaridan olingan sement toshlari mustahkamligi xuddi shu yoyiluvchanlikka suv qo‘shish yo‘li bilan erishilgan sement xamirlaridan olingan sement toshlarining mustahkamliklari

taqqoslandi. So‘ngra superplastifikator qo‘shish bilan suvga bo‘lgan talabchanligi 45 % ga kamaytirilgan sement xamiridan olingan namunaning mustahkamligi va superplastifikator qo‘shilmagan sement toshi mustahkamligi solishtirildi. Olingan natijalar asosida kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanib tayyorlangan sement toshining 7 va 28 sutkalik mustahkamliklari kontrol namunikiga nisbatan mos ravishda 206% va 140% ga yuqori bo‘lishi aniqlandi.

Tadqiqotlarda foydalanilgan superplastifikatorlar ichida o‘zining samarasi bo‘yicha PR-196 superplastifikatori eng yuqori samaraga ega ekanligini xisobga olib, keyingi izlanishlarimizda foydalanish uchun tanlab olindi.

Sement xamirining yoyilishiga mineral qo‘shimchalar turi va miqdorining ta‘siri tadqiq etildi. Bunda kul changi, mikrokremnezem va mikrokalsitni sement massasiga nisbatan qo‘shilganda qorishmaning mini-konus yordamida aniqlanadigan yoyilish diametrlariga qanday ta‘sir qilganligi 1-jadvalda ko‘rish mumkin.

1-jadval. Mineral qo‘shimcha miqdorining sement xamiri yoyilishiga ta‘siri

№	Qo‘shimcha nomi	Mineral qo‘shimcha miqdori (%) sement xamirining yoyilishiga ta‘siri, sm						
		0	5	10	15	20	25	30
1	Kul changi	24,9	23,7	22,5	21,6	20,7	19,5	18,4
2	Mikrokremnezem		23,1	22,7	21,2	19,4	18,1	16,8
3	Mikrokalsit		24,2	23,1	22,5	21,9	21,4	21,0

Sement xamiri yoyilishini kul changi, mikrokremnezem va mikrokalsitning 30% miqdorida sement bilan almashtirish mos ravishda 26,1%, 32,53% va 15,7% ga kamaytirgani aniqlandi. Buni qo‘shimchalarning sirt yuzasi va putsolan faolliklari xar xilligi bilan izoxlash mumkin.

Superplastifikator (PR-196) va mikrokremnezem, kul changi kabi putsolan qo‘shimchalarning portlandsementning gidratatsiyasiga ta‘sirini tadqiq etishdagi namunalarning tarkiblari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Namunalarning tarkibi

№	Sement xamiridagi komponentlar ulushi, %				PR-196	Suv/Sement
	PS	Mkr	KCh	Mkal		
1	100	-	-	-	-	0,37

2	100	-	-	-	0,8	0,204
3	47,62	7,14	23,81	21,43	-	0,37
4	47,62	7,14	23,81	21,43	0,8	0,204

Portlandsementning qotish kinetikasiga superplastifikator va putsolan qo‘shimchalarning ta’siri vaqt o‘tishi bilan sement toshi mustahkamligining o‘zgarishi, kimyoviy bog‘langan suv miqdori, o‘rtacha va haqiqiy zichlik, g‘ovaklikni aniqlash eksperimental ravishda, sement toshidagi gel bilan bog‘liq ko‘rsatkichlar Pauers formulalari yordamida aniqlandi. Buning uchun 3x3x3 sm o‘lchamdagi kub namunalar tayyorlandi. Olib borilgan tadqiqotlar natijalarida aniqlangan qiymatlar 3-jadvalda keltirilgan.

28 sutkalik namunalar mos ravishda o‘ziga 13,1; 11,98; 15,56 va 15,02% suvni kimyoviy bog‘lagani aniqlandi. Olingan natijalar mineral qo‘shimchalardan foydalanilgan tarkiblardagi kimyoviy bog‘langan suv miqdori superplastifikatorsiz va superplastifikatorli namunalarga nisbatan mos ravishda 2,46 va 3,04% ga yuqori bo‘lishi ko‘rsatib o‘tildi.

3-jadval. Bog‘lovchi toshi strukturasi 28 sutkalik davrdagi tashkil etuvchilari va siqilishdagi mustahkamligi

№	KBS	GD	O‘Z	XZ	GG‘	GG‘SX	G‘GX	R _c , MPa
1	13,1	0,624	1,83	2,57	12,21	13,431	43,6	33,63
2	11,98	0,57	2,127	2,72	11,15	12,265	39,82	61,2
3	15,56	0,676	1,805	2,34	10,95	12,045	39,1	39,5
4	15,02	0,653	2,02	2,54	10,57	11,627	37,76	47,0

Izoh: Tartib raqami 2- jadval bo‘yicha; KBS - kimyoviy bog‘langan suv miqdori; GD – gidratatsiyalanish darajasi; O‘Z – o‘rtacha zichlik; XZ – xaqiqiy zichlik; GG‘ – Gelning g‘ovakligi; GG‘SX – gel g‘ovaklaridagi suv xajmi; G‘GX – g‘ovaklardagi gel xajmi; R_c – siqilishdagi mustahkamlik.

Polikarboksilat efirlari asosidagi superplastifikator sement toshining turli qotish sharoitida gidratatsiyalanish jarayonlarini sekinlashtirishi aniqlandi, bu kimyoviy bog‘langan suv miqdorining nisbatan pastligi bilan izoxlanadi. 28 sutkalik qo‘shimchalarsiz sement xamirining gidratatsiyalanish darajasi 0,624 ga, superplastifikatordan foydalanilgan tarkib esa mos ravishda 0,57 ga teng bo‘lishi aniqlandi. Portlandsementning 50% faol mineral qo‘shimchalar bilan almashtirilishi kontrol’ namunaga nisbatan mustahkamlikni kamaytirmasdan, balki 17% gacha mustahkamlikni oshirish imkonini berdi. Polikarboksilatli superplastifikator yordamida esa bu ko‘rsatkich 39% gacha ortdi.

Polikarboksilat efirlari asosidagi superplastifikatorni faol mineral qo‘shimchalar bilan birgalikda qo‘llash superplastifikatorning suvni kamaytiruvchi ta’sirini oshirishga imkon berishi va gidratatsiya-lanish jarayonlarining to‘liqroq sodir bo‘lishiga yordam berishi aniqlandi.

Dissertatsiyaning “**O‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi va betonning xossalari**” nomli to‘rtinchi bobi o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton tarkibini loyihalash, o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi tayyorlash usulining beton qorishmasi va qotgan betonning xossalari

ta'siri, o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi tarkibini optimallashtirish bo'yicha o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalariga bag'ishlangan.

Ma'lumki hozirgi vaqtgacha o'z-o'zidan zichlashuvchi betonlar tarkibini loyihalashning yagona usuli mavjud emas. Shuning uchun ilmiy adabiyotlar tahlili va ularda keltirilgan tavsiyalar asosida o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonning tarkibi 1 m³ xajmdagi to'ldiruvchilar aralashmasining optimal granulometrik tarkibini loyihalash, ya'ni to'ldiruvchilarni elaklar to'plamidagi qoldiqlari tahlili egri chiziqlarini $\rho = 0,45-0,55$ nisbatlar oralig'idagi zarrachalarining taqsimotining Fuller egri chizig'iga maksimal darajada yaqinlashtirish orqali amalga oshirildi. Bu esa to'ldiruvchi aralashmasi zarralarining maksimal zichlashishi va o'z-o'zidan zichlashuvchi beton qorishmasining yoyiluvchanligi uchun eng qulay sharoitlarni va qotgan betonning mustahkamligini yuqori bo'lishini ta'minlaydi.

O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasini tayyorlash usulining qorishma va qotgan betonning xossalari ta'sirini o'rganishda 3 ta usul ko'rib chiqildi:

1-usul an'anaviy usul xisoblanib barcha quruq komponentlar avval aralashtirilib, keyin suv va kimyoviy qo'shimcha qo'shib qorishma tayyorlandi;

2- usulda keramzitbeton qorishmasini tayyorlashdan avval keramzit suvga to'yintirib olindi, keyin qolgan komponentlar bilan aralashtirilib, beton qorishmasini tayyorlash uchun qolgan suv midori suv va kimyoviy qo'shimcha qo'shildi;

3-usulda esa keramzit yuzalariga akril polimeri bilan ishlov berilib, yuzasidagi ochiq g'ovaklari berkitildi. Bu usulda qorishma tayyorlash uchun foydalaniladigan suv miqdori keramzitning shimib oladigan suv miqdoriga kamaytirib foydalanildi. Beton qorishmasini aralashtirish kerma ketligi birinchi usuldagi kabi amalga oshirildi.

O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonni tayyorlash 1-usuli bo'yicha olingan ma'lumotlar tahlili 4-jadvaldagi natijalarga ko'ra yoyiluvchanlik tarkib-larga qarab 66,4 sm dan 76 sm gacha o'zgarishini ko'rsatdi.

4 – jadval. Uch xil usulda tayyorlangan beton qorishmasining xossalari

№	1-usulda tayyorlangan qorishmalar xossalari				2-usulda tayyorlangan qorishmalar xossalari				3-usulda tayyorlangan qorishmalar xossalari			
	Tr, s.	RK cm	OK cm	ρ_{bq} kg/m ³	Tr, s.	RK cm	OK cm	ρ_{bq} kg/m ³	Tr, s.	RK cm	OK cm	ρ_{bq} kg/m ³
1	62	74,2	27,5	2021	55	76,9	28,5	2035	50	71	26,5	1965
2	54	66,4	27,5	2032	52	69,7	28,3	2042	50	70,5	27,7	1981
3	91	70	28,5	1896	72	76	28,7	1904	64	78,3	29	1843
4	70	76	29	1770	72	79	29	1781	42	79,2	27,8	1712

Ikkinchi usulda tayyorlangan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmalari ham suv sarfi kamayganiga qaramay (ilgari to'ldiruvchi tomonidan shimilgan suv hisobga olinmagan holda) konusning yoyilishi bo'yicha me'yoriy hujjatlar talablariga javob berishi aniqlandi. Beton qorishmasini tayyorlashning ushbu usulida to'ldiruvchi tomonidan suvning intensiv shimilishi kuzatilmaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, uchinchi usul yordamida tayyorlangan o'z-o'zidan

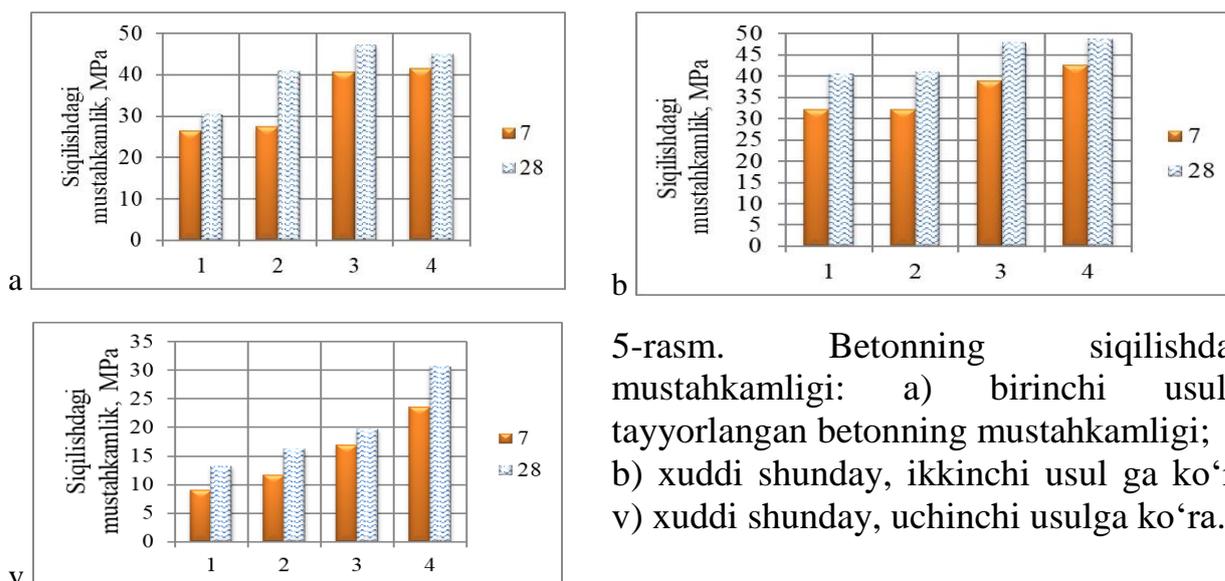
zichlashuvchi keramzitbetonda sun'iy ravishda qoplangan plyonka xisobiga keramzit to'ldiruvchisining suv shimishi kuzatilmaydi va suv sarfi kamayganiga qaramay, konusning yoyilish vaqti oldingi usullar yordamida olingan keramzitbetonlarning yoyilish vaqtiga qaraganda ancha tezroq (42 dan 64 sekundgacha) sodir bo'lishi, yoyilish diametrlari xam me'yoriy hujjatlar talablariga javob berishi aniqlandi.

An'anaviy usulda tayyorlangan sement sarfi 400, 500 va 600 kg/m³ bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qarishmalarining yetti sutkalik mustahkamlik ko'rsatkichlari kontrol namuna (sement sarfi 300 kg/m³ bo'lgan №1 tarkib) mustahkamligi bilan solishtirganda mos ravishda 4,12, 54 va 57% ortishi aniqlandi (5,a-rasm). Sement sarfi 300, 400, 500 va 600 kg/m³ bo'lgan tarkiblarning 28 sutkalik mustahkamlik ko'rsatkichlari mos ravishda 16, 49, 16 va 8% ga oshishi kuzatildi. Sement sarfi 400 kg/m³ bo'lgan tarkibning mustahkamlik ko'rsatkichi eng yuqori o'sishini (49%) ko'rsatdi. Buni to'ldiruvchi va sement toshi oraliq qatlamlarini qalinligini to'ldiruvchining suv shimishi, ya'ni betonning o'z-o'zidan vakuumlanishi va o'z-o'zidan zichlashishi sodir bo'lishi xisobiga zichlashishi va to'ldiruvchi atrofida siquvchi oboyma hosil qilishi bilan tushuntirish mumkin. Yuqoridagilardan kelib chiqib, sement miqdorini 1,5 barobarga oshirish tarkiblarning 28 sutkalik mustahkamlik ko'rsatkichlarini atigi 10% ga oshirishi aniqlandi.

Ikkinchi usulda tayyorlangan sement sarfi 300 va 400 kg/m³ bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton namunalari mos ravishda yetti sutkada 32,13 va 32,24 MPa mustahkamlik ko'rsatkichlariga ega bo'ldi, bu an'anaviy usuldan foydalanib tayyorlangan bir xil namunalardan 17-21% yuqori ko'rsatkich demakdir. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qarishmalarini tayyorlashning ikkinchi usuli uchun 5,b-rasmda keltirilgan mustahkamlik ko'rsatkichlarini namoyon qildi. Sement sarfi 300 kg/m³ bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton 28 sutkada 40,58 MPa mustahkamlikka erishdi, bu an'anaviy usul yordamida tayyorlangan xuddi shunday beton mustahkamligidan 33% ga yuqori ekanligi aniqlandi. Buni suvning keramzit g'ovaklaridan qarishma ichiga qaytishi davrida, birinchi usulda tayyorlangan beton qarishmasidan o'laroq, kontakt zonasi o'ta zichlashib ketmasligi va suv kontakt zonasi strukturasiidagi mavjud g'ovaklar orqali migratsiyasi sement toshi strukturasiini buzmasligi bilan tushuntirish mumkin.

Tadqiqotlar natijasida suv sarfi kamayganiga qaramay, konusning yoyilish vaqti oldingi usullar yordamida olingan keramzitbetonlarning yoyilish vaqtiga qaraganda ancha tezroq (42 dan 64 sekundgacha) sodir bo'lishi (3-jadval), yoyilish diametrlari xam me'yoriy hujjatlar talablariga javob berishi aniqlandi.

Akril polimeri bilan ishlov berilgan keramzitdan tayyorlangan keramzitbeton mustahkamlik ko'rsatkichlarining pastligini (5,v-rasm) keramzitning suv shimishining pastligi tufayli o'z-o'zidan vakuumlanishi va o'z-o'zidan zichlashishi sodir bo'lmaydi. Keramzit bu xolda mustahkamligi past zich to'ldiruvchi sifatida ishlaydi va shuning uchun qotgan betonning mustahkamligi past bo'lishi kuzatiladi.



5-rasm. Betonning siqilishdagi mustahkamligi: a) birinchi usulda tayyorlangan betonning mustahkamligi; b) xuddi shunday, ikkinchi usul ga ko‘ra; v) xuddi shunday, uchinchi usulga ko‘ra.

Tadqiqotlarda ma’lum optimal parametrlar ostida kerakli harakatchanlikni ta’minlagan holda betonning maksimal mustahkamligiga ikki (R_2), yetti (R_7) va 28 (R_{28}) sutkalarda erishish imkonini beradigan ikkinchi darajali rotatabel’ rejasidan foydalanildi.

Optimallashtirish jarayonida o‘zgaruvchan faktorlar sifatida beton mustahkamligiga ta’sir etuvchi, bir m^3 tayyorlash uchun sarf bo‘ladigan komponentlar portlandsement (X_1); superplastifikator (X_2); suv (X_3) va kul changi (X_4) miqdorlari (kg/m^3) qabul qilindi.

Bir qator tajribalar, hisoblar va muvofiqlik tekshiruvlari amalga oshirilganidan so‘ng o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasining bir kubometridagi portlandsement, superplastifikator (kg/m^3), suv (kg/m^3) va kul changining (kg/m^3) miqdorini qorishmaning yoyiluvchanligiga ta’sirini ifodalovchi quyidagi regressiya tenglamasi va izoparametrik diagrammalari (6-rasm) ishlab chiqildi.

$$Y_{\text{распи}} = 63,567 - 6,992X_1 - 4,550X_2 + 12,333X_3 - 3,458X_4 - 6,663X_1X_2 + 5,063X_1X_3 - 3,825X_1X_4 - 0,863X_2X_3 - 2,500X_2X_4 - 1,025X_3X_4 - 3,225X_1^2 + 4,013X_2^2 - 3,588X_3^2 - 3,588X_4^2$$

Eksperimentlar o‘tkazish va muhim koeffitsientlarni soddalashtirishdan so‘ng ikki, yetti va 28 sutkalik o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbetonning mustahkamligini tavsiflovchi quyidagi regressiya tenglamalari olindi.

2 sutkalik namunalarda uchun :

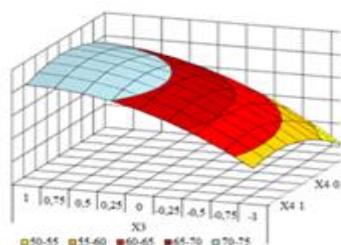
$$Y_{R_{28}}^{2c} = 8,485 + 7,36X_1 - 2,29X_2 - 1,94X_3 + 2,37X_4 - 2,8X_1X_2 + 1,26X_1X_4 + 0,84X_2X_3 - 0,886X_2X_4 - 1,275X_3X_4 + 3,61X_1^2;$$

7 sutkalik namunalarda uchun:

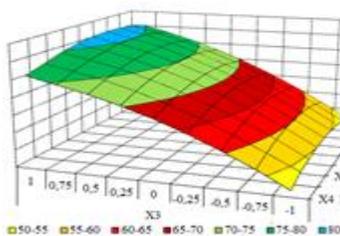
$$Y_{R_{28}}^{7c} = 35,929 + 6,192X_1 - 3,467X_3 + 4,492X_4 + 1,575X_2X_3 - 1,625X_2X_4 - 1,211X_4^2$$

28 sutkalik namunalar uchun:

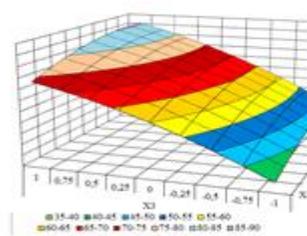
$$Y_{R_{CЖ}}^{28c} = 46,6 + 4,93X_1 - 1,148X_2 - 2,897X_3 + 2,211X_4 + 1,238X_3X_4 + 1,378X_2^2$$



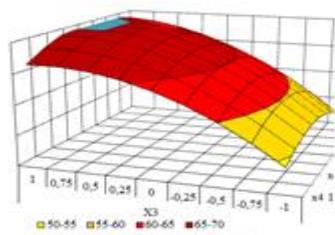
$$X_1 = -1 - X_2 = -1$$



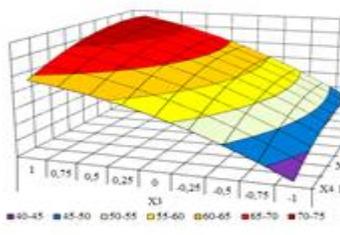
$$X_1 = -1 - X_2 = 0$$



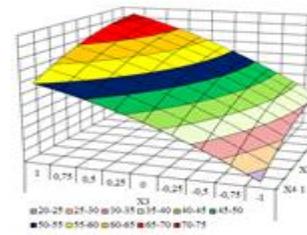
$$X_1 = -1 - X_2 = 1$$



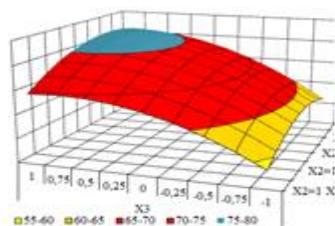
$$X_1 = 0 - X_2 = -1$$



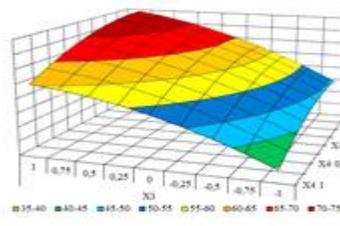
$$X_1 = 0 - X_2 = 0$$



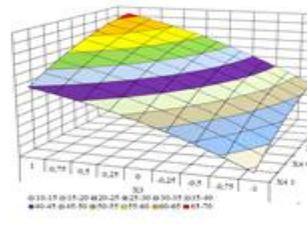
$$X_1 = 0 - X_2 = 1$$



$$X_1 = 1 - X_2 = -1$$



$$X_1 = 1 - X_2 = 0$$



$$X_1 = 1 - X_2 = 1$$

6-rasm. O‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasi konusning yoyiluvchanlik diametriga komponentlarning ta’siri

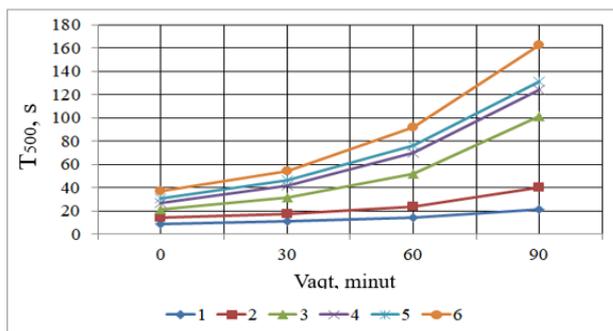
Yuqorida keltirilgan regressiya tenglamalaridan kelib chiqib eng yuqori yoyiluvchanlik va mustahkamlik ko‘rsatkichlarini ta’minlovchi optimal tarkiblar hisoblab topildi.

Optimal tarkiblar asosida tayyorlangan o‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmalarining xossalari aniqlandi. Unga ko‘ra konus yoyilish diametri 73 dan 80,5 sm gacha, 50 sm diametrga yoyilish vaqti 6 dan 12 s gacha, konus cho‘kishi 28,5 dan 29 sm gacha, beton qorishmasining o‘rtacha zichligi 1671 dan 1721 kg/m³ gacha, V-funnelda oqish vaqti 12 dan 57 s gacha, L-boxda oqish vaqti 13 dan 51 s gacha, qorishma tarkibidagi xavo xajmi 4,5 dan 6,3% gacha qiymatlarni qabul qildi.

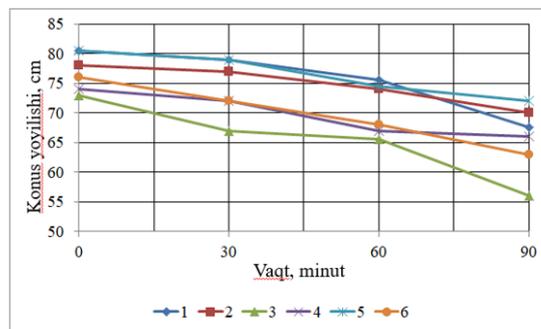
O‘z-o‘zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasining vaqt davomida xossalarini saqlab qolish xususiyatlari tadqiq qilindi. Qorishmaning 50 smga yoyilish vaqti (7-rasm) va yoyilish diametriga vaqt o‘tishining ta’siri (8-rasm) aniqlandi.

O‘z-o‘zidan zichlashuvchi beton qorishmalaridan tayyorlangan kub namunalar mustahkamliklarining vaqt davomida o‘shish intensivligi (9-rasm),

prizma namunalarning siqilishga va egilishga bo'lgan mustahkamliklari va vaqt davomida kirishish ko'rsatkichlari aniqlandi. Prizma namunalarning 7 sutkalik siqilishga bo'lgan mustahkamlik ko'rsatkichlari 16,7 dan 41,35 MPa gacha 28 sutkalik siqilishga bo'lgan mustahkamlik ko'rsatkichlari 18,3 dan 43,75 MPa gacha, egilishga bo'lgan mustahkamliklari esa mos ravishda 4,79 dan 6,06 MPa gacha bo'lgan qiymatlarni ko'rsatdi. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton namunalarning vaqt davomida kirishish ko'rsatkichlari 40 sutka davomida kuzatib borildi va 94 dan 123 mkm gacha kirishishini ko'rsatdi.

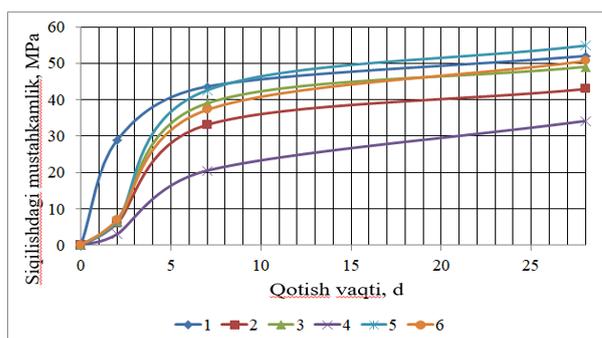


7-rasm. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qarishmalarining T₅₀₀ ko'rsatkichining vaqt davomida o'zgarishi



8-rasm. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qarishmalarining RK ko'rsatkichining vaqt davomida o'zgarishi

Bundan tashqari o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton namunalarning konstruktiv sifat koeffitsienti 21,84 dan 35,47 gacha, sovuqbardoshligi F100 dan F400 gacha, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti 0,516 dan 0,583 W/(m·K) gacha xamda o'rtacha zichligi esa 1510 dan 1624 kg/m³ gacha oraliqda qiymatlarni qabul qilishi aniqlandi.



9-rasm. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton kub namunalarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi

mustahkamligi 55 MPa bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton olishga erishildi. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonni ishlab chiqarishda optimal tarkib va texnologiyani joriy etishdan kutilgan iqtisodiy samaradorlik 1 m³ beton uchun 69471 so'mni tashkil etdi (2024 yil narxlarida).

O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton ishlab chiqarishning texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan texnologik sxema beton ishlab chiqarish uzulida sinovdan o'tqizildi va qabul qilindi.

O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonlarning ishlab chiqilgan tarkiblari "Aysel Inshaat" MChJ QKda va "UNIO GROUP" MChJ XKda joriy qilindi. Natijada siqilishdagi

XULOSA

1. Portlandsement, mikrokremnezem, kul changi va polikarboksilatli superplastifikator, fraksiyalari o'lchami 10 mm gacha bo'lgan keramzit granulari va keramzit qumidan samarali foydalangan xolda, o'rtacha zichligi 1574 kg/m^3 , siqilishdagi mustahkamligi 54,85 MPa (B40) bo'lgan yuqori mustahkamlikka ega o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton olish imkoniyati mavjudligi isbotlandi.

2. Foydalanilgan keramzit granularining yuzasi 30 sutkalik davrda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ni yutilishi 53 mg/g tashkil etishi va NaOH bilan har 1 g massaga nisbatan reaksiyaga kirishishi miqdori foydalanilgan keramzit turiga qarab 24,5dan 34%gacha tashkil etishi natijasida bog'lovchi bilan to'ldiruvchi o'rtasidagi adgeziyasini yaxshilanishi aniqlandi.

3. Tadqiqotlarda foydalanilgan PR-196 polikarboksilatli superplastifikatordan foydalanib tayyorlangan «portlandsement – faol mineral qo'shimcha - superplastifikator - suv» tizimida bog'lovchining 28 sutkalik davrdagi gidratatsiyalanish darajasi 0,653ni tashkil etishi aniqlandi.

4. O'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton qorishmasini tayyorlashdan avval keramzit granulariga suv bilan ishlov berish orqali olingan o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonning mustahkamligi an'anaviy usulda tayyorlanadiganikiga qaraganda 1,33 marta, polimer parda xosil qilib tayyorlanganikiga qaraganda 3,04 marta yuqori bo'lishi aniqlandi.

5. IJEMI42,5N turdagi portlandsement, mikrokalsit va sanoat chiqindilaridan foydalanib o'rtacha zichligi 1510 dan 1624 kg/m^3 gacha, siqilishdagi mustahkamligi mos ravishda 34,14 dan 54,85 MPa gacha bo'lgan o'z-o'zidan zichlashuvchi konstruksion yengil keramzitbetonning tarkiblari optimallashtirilib, ishlab chiqarishga tavsiya qilindi.

6. Tadqiqot natijalari o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbeton tarkibini optimallashtirish xamda komponentlarini zich joylashuvini ta'minlash orqali kub va prizma mustahkamliklarini hamda sovuqqa chidamlilik xossalarini yaxshilashga erishish mumkinligi ilmiy asoslandi.

7. "Aysel Inshaat" MChJ QK korxonasi B40 beton klassi uchun o'z-o'zidan zichlashuvchi keramzitbetonni ishlab chiqarishda optimal tarkib va texnologiyani joriy etishdan kutilgan iqtisodiy samaradorlik 1 m^3 beton uchun 69471 so'mni tashkil etdi (2024 yil narxlarida).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТЎРАХАНОВ САФАРАЛИ ИБРОҲИМОВИЧ

**СОСТАВ И СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ
КЕРАМЗИТОБЕТОНА**

05.09.05 – Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент– 2025

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.2.PhD/Т4775.

Диссертация была выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.taqu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ZiyoNet.uz)

Научный руководитель: **Камилов Хабибилла Хамидович**
Доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Ходжаев Саидаглам Аглоевич**
Доктор технических наук, профессор

Ахмедов Султон Илёсович
Кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии**

Защита диссертации состоится 3-июня 2025 года в 13⁰⁰ часа на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном университете по адресу: 100194, г. Ташкент, Юнусабадский район, Янги шахар, дом 9, корпус 4, 5 этаж, Коворкинг-центр, тел: (99855) 508 02 95; факс (99855) 508 50 06, e-mail: devon@taqu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного университета (зарегистрирован за №149). (Адрес: г. Ташкент, Юнусабадский район, ул. Янгишахар, 9. Тел./факс.: (99855) 508-02-95, e-mail: devon@taqu.uz)

Автореферат диссертации разослан 19-мая 2025 года
(протокол рассылка №55 от 17-марта 2025 г.).

Х.А. Акрамов
Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

И.И. Сиддиков
Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

Б.А. Аскаров
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В современном мире бетонные и железобетонные конструкции играют важную роль не только в обеспечении жильем постоянно растущего населения, но и в строительстве гражданских, транспортных, гидротехнических и промышленных объектов. В таких странах, как США, Индия, Китай, Бразилия, Малайзия, Россия и других, прогнозируется среднегодовой темп роста рынка бетона и цемента в размере 6,36% с 2023 по 2028 год, что приведёт к увеличению объёма рынка на 438,3 миллиарда долларов.¹ В связи с этим имеют большое значение оптимизация свойств и структуры легких бетонов с использованием местных материалов и сырья, что дает возможность экономить природное сырье, использовать вторичные ресурсы, достигать энергоэффективности в производственном процессе, повышать их долговечность, совершенствовать технологии производства.

В мире уделяется большое внимание научным исследованиям, направленным на разработку составов энерго- и ресурсоэффективных минеральных вяжущих композиций с гидравлической активностью не ниже чистого клинкерного портландцемента, изучению их свойств и в конечном итоге достижению снижения выбросов углекислого газа в атмосферу, а также созданию на их основе составов бетонов с улучшенными конструкционно-техническими свойствами и совершенствованию технологий их производства. В этом направлении особое внимание уделяется снижению расхода цемента без снижения прочности бетона, улучшению его свойств с использованием местного и вторичного сырья и пористых заполнителей, а также модификации составов легких конструкционных бетонов различными химическими и минеральными добавками, их оптимизации с целью улучшения структуры и свойств, повышению энерго- и ресурсоэффективности.

В нашей республике особое внимание уделяется вопросам ускоренного развития промышленности строительных материалов, производства новых современных строительных материалов и конструкций с использованием местного и вторичного сырья, и в этом направлении достигнуты определённые успехи. В Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» определены такие важные задачи, как «... снижение потерь в промышленных отраслях и повышение эффективности использования ресурсов ...».² В реализации этих задач важное значение имеют, в частности, научно-исследовательские работы, направленные на разработку составов самоуплотняющегося конструкционного керамзитобетона с использованием местного сырья и промышленных отходов.

¹ <https://www.technavio.com/report/concrete-and-cement-market-industry-analysis>

² Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлениями Президента Республики Узбекистан ПП-436 от 2 декабря 2022 года «О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «Зеленую» экономику до 2030 года», № ПП-307 от 6 июля 2022 года «Об организационных мерах по реализации стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022 — 2026 годы», № ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов», а так же других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Результаты научных исследований, связанных с созданием бетонов на основе легких, особенно на пористых заполнителях, нашли отражения в фундаментальных трудах ведущих исследователей мира Н. Al-Attar, J.A. Al-Khaiat, Bogas, Ю.М. Баженова, Г.И. Горчакова, Б.Г. Скрамтаева, А.Г. Бужевича, Н.А. Попова, А.Г. Комара, И.А. Иванова, Н.И. Макридина, Л.П. Орентлихер, Г.В. Несветаева, А.В. Беляева, В.А. Дорфа, В.Г. Довжика и других. В научных исследованиях, направленных на создание составов и технологий производства самоуплотняющихся бетонов, включая эффективное использование заполнителей, химических и минеральных добавок принимали участие и внесли большой вклад в развитие науки в решении этих вопросов: Н. Okamura, M. Ouchi, K.Osava, K. Maekawa, M.Karamloo, N. Ranjbar, Q.L.Yu, P. Spiesz, Khaled Heiza, Abdurrahmaan Lotfy A.C. Иноземцев, Е.В. Королев, С.А. Удодов, М.В. Комаринский, С.И. Смирнов, С.С. Каприелов и другие.

Среди ученых нашей страны А.Б. Ашрабов, Е.У. Касимов, Н.А. Аббасханов, Б.А. Аскарлов, А.И. Адилходжаев, Х.А. Акрамов, Л.М. Ботвина, Н.А. Самигов, С.А. Ходжаев, М.К. Тахиров, А.А. Тулаганов, У.А. Газиев, И.М. Махаматалиев, В.М. Цой, Х.Х. Камиллов, Т.Т. Шакиров и др. достигли значительных результатов в разработке и применении эффективных составов легких бетонов с использованием различных минеральных и химических добавок на основе местного сырья и вторичных ресурсов.

Анализ предыдущих исследований показал, что получены значительные положительные результаты в области повышения энергоэффективности и создания ресурсосберегающих технологий производства легкого бетона. Однако в Республике недостаточно выполнены научные исследования, направленные на совершенствование составов самоуплотняющихся конструкционных легких бетонов с использованием местного и вторичного сырья и технологий их производства, что требует проведения научных работ

в этом направлении в более широком масштабе.

Соответствие диссертационного исследования планам научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ кафедры «Технология строительных материалов и конструкций» Ташкентского архитектурно-строительного университета по основной научной теме «Создание строительных материалов и заполнителей на основе местного сырья и промышленных отходов и проектирование на их основе строительных конструкций и стеновых панелей» (2020-2025).

Целью исследования является разработка составов самоуплотняющегося керамзитобетона и исследование его свойств с использованием местного сырья и отходов производства.

Задачи исследования:

исследование свойств и выбор оптимального сырья для изготовления самоуплотняющегося керамзитобетона;

исследование влияния выбранных химических и минеральных добавок на процесс твердения портландцемента;

исследование влияния способа предварительной обработки керамзитовых заполнителей при приготовлении самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона;

разработка оптимального состава самоуплотняющегося керамзитобетона и исследование свойств;

разработка технологической схемы производства самоуплотняющегося керамзитобетона.

Объектом исследования является самоуплотняющийся керамзитобетон, изготовленный из местного сырья и отходов производства.

Предметом исследования являются состав, физико-механические, физико-химические и технологические свойства самоуплотняющегося керамзитобетона.

Методы исследования. В диссертационной работе использовались рентгенофазовый анализ, лазерная гранулометрия, определение теплопроводности, поляризационная микроскопия и другие стандартные методы по определению физико-механических и технологических свойств бетонов а также при проектировании состава керамзитобетона математические методы оптимизации.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено, что степень гидратации вяжущего в искусственном камне на основе системы «портландцемент-минеральная добавка-суперпластификатор-вода» с суперпластификатором (0,656) ниже, чем у образца без суперпластификатора (0,673);

на основании механизма действия суперпластификатора ПР-196 и формулы Пауэрса, а также с учетом степени гидратации вяжущего

определены количество геля, пористость геля и количество воды в геле в порах искусственного камня на основе системы «портландцемент-пуццолановая добавка -суперпластификатор-вода»;

путем определения (70 мг/г) поглощения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ доказано, что керамзитовый заполнитель обладает пуццолановой активностью;

путем использования предварительно насыщенного водой керамзитового заполнителя достигнуто увеличение прочности бетона на 33% по сравнению с бетоном, приготовленным традиционным способом.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны оптимальные составы самоуплотняющегося конструкционного легкого керамзитобетона с использованием местного сырья и промышленных отходов;

разработаны математические модели составов высокопрочных самоуплотняющихся легких керамзитобетонных смесей с использованием пористого заполнителя и промышленных отходов.

за счет оптимизации состава достигнута прочность до 0,228 МПа на килограмм портландцемента, используемого при производстве самоуплотняющегося легкого керамзитобетона.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется использованием современных стандартных методов и средств исследования при изучении свойств самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси и затвердевшего бетона, выполнением расчетных работ с помощью компьютерной программы, взаимным соответствием результатов экспериментальных и теоретических исследований, а также их внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что разработаны научные основы определения влияния изменения состава на физико-механические свойства и качественные показатели процесса фазообразования и структурообразования в самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси и затвердевшем бетоне.

Практическая значимость результатов исследования заключается в правильном выборе, приготовлении и использовании самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей для строительства сейсмостойких, легких, теплоэффективных высотных зданий.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных по составу и свойствам самоуплотняющегося керамзитобетона:

разработанные составы самоуплотняющихся керамзитобетонов внедрены в СП ООО «Aysel Inshaat» (справка № 20-06/407 Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 13 января 2025 года). В результате был получен самоуплотняющийся легкий керамзитобетон с прочностью при сжатии 55 МПа;

разработанные составы самоуплотняющихся керамзитобетонов внедрены в ЧП ООО «UNIO GROUP» (справка № 02-15/354 Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов Узбекистана от 5 февраля 2025 года). В результате с использованием 150 кг цемента и оптимальных соотношений химических и минеральных добавок получен самоуплотняющийся керамзитобетон с распылом 74,5 см и прочностью 34,14 МПа в 28 суточном возрасте.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований обсуждались на 9 научно-практических конференциях, в том числе 7 международного и 2 республиканского значения.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 статья в конференции, зарегистрированной в базе данных Scopus, 3 статьи в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD): в том числе 2 в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений, а общий объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснованы актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследований, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, внедрение результатов исследований в производство, приводятся сведения об апробации результатов исследований и опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Анализ литературы и теоретические предпосылки исследования**» представлен аналитический обзор результатов научных исследований, опубликованных зарубежными и отечественными учеными по теме диссертации.

Анализ научных источников показал, что легкий бетон, в том числе конструкционный, из пористых искусственных заполнителей, имеет ряд физических, механических и экономических преимуществ перед тяжелыми бетонами с естественными плотными заполнителями. По мнению специалистов, за счет снижения расхода цемента и повышения прочности керамзитобетона, а также снижения массы конструкции можно добиться экономической эффективности не только при строительстве, но и в процессе эксплуатации конструкции за счет преимуществ теплофизических свойств перед тяжелым бетоном. Тот факт, что современное строительство требует изготовления сложной формы и плотно армированных железобетонных

конструкций, показал, что проблемы, связанные с недостаточным уплотнением бетонной смеси и неудовлетворительным заполнением форм изготавливаемой конструкции, можно решить с помощью самоуплотняющегося бетона.

Установлено, что возможность получения высокопрочных и качественных самоуплотняющихся керамзитобетонов может быть реализована путем управления формированием структуры цементного камня с использованием высокоактивных минеральных добавок (микрокремнезема, золы-уноса и др.) в различных сочетаниях с высокоэффективным поликар-боксилатным суперпластификатором.

Обзор проведенных исследований и анализ литературы показывает, что до сих пор в нашей Республике научные исследования, направленные на создание состава самоуплотняющихся конструкционных легких бетонов с использованием местного и вторичного сырья и технологий его производства, не проводились, а более широкие исследования представляют определенный интерес.

Для анализа состава и структуры самоуплотняющегося бетона и реализации задач, поставленных в рамках исследования, была сформулирована рабочая гипотеза. В его основе лежит использование кар-боксилатного суперпластификатора, активных минеральных добавок и керамзитовых заполнителей. Новый состав, с одной стороны, поможет активно работать низкокачественного заполнителя в материале, а с другой – обеспечивает совместную работу заполнителя и цементного камня как единого тела.

Во второй главе диссертации под названием **«Методы исследования и используемые материалы»** представлены свойства сырья, используемого для самоуплотняющегося керамзитобетона, и методы исследования, принятые для проведения экспериментальных экспериментов.

Представлены минералогический и химический состав, физико-механические показатели, рентгенофазовый анализ, гранулометрический состав портландцемента ЦЕМ I 42,5Н АО «Кызылкумцемент», используемого в качестве минерального вяжущего.

Представлены физико-механические параметры керамзита ООО «Навоийский Керамзит» (К1), ООО «Каршинский Керамзит» ОТАЖ (К2) и ООО «Газалкентский Керамзитовый Завод» (К3), керамзитового песка и речного песка, используемых в качестве заполнителей, а также химический и гранулометрический состав и рентгенофазовый анализ микрокремнезема, золы-уноса и микрокальцита, использованных в качестве активных минеральных добавок. Также представлены определенные свойства суперпластификаторов PR-196, Chryso Delta-6325 производства ООО «Constant formula», RS-1 производства ИТИ Химические технологии, ПК-08-СК-7, ПК-08-СК-4 производства ООО «Regal Globe Service», Полипласт-956 производства ООО «Полипласт Новомосковск», используемых в качестве химических добавок.

Исходя из целей и задач, поставленных перед диссертационным

исследованием, были обоснованы и выбраны методы исследования. Наряду со стандартизированными методами в экспериментальных исследованиях использовались современные методы физико-химического анализа, а также нестандартные методы, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских институтов.

Третья глава диссертации под названием «Влияние добавок на свойства цементного теста и цементного камня» посвящена определению пуццолановой активности используемых материалов, в частности, поверхности керамзитового заполнителя, изучению влияния суперпластификатора и пуццолановой добавки на свойства цементного теста и цементного камня, изучению влияния суперпластификатора и пуццолановой добавки на кинетику твердения портландцемента.

Анализ литературы, представленный в первой главе, показал, что керамзит, охлажденный на воздухе, под микроскопом содержит призматические кристаллы кварца в стеклофазе, крупные разрушающиеся кристаллы анортита и таблитчатые кристаллы гематита. По трещинам и краям зерен кварца отмечена кристаллизация кристобалита тетрагональной сингонии.

На основании вышеизложенного мы решили в наших исследованиях изучить возможности пуццолановой активности поверхности и внутренней части керамзитового гравия. Для этого использовались три разных метода. В первом методе активность минеральных добавок определяли путем определения способности добавок поглощать известь в насыщенном растворе извести. По второму методу, с учетом проводимой температурно-влажностной обработки для ускорения твердения бетона и железобетонных конструкций, под-готовленные к испытаниям образцы выдерживали при температуре 80 °С в течение первых 8 часов после помещения в насыщенный раствор извести, а затем испытательные работы проводили титрованием каждые 2 дня в течение 30 дней. В третьем методе определения пуццолановой активности пользовались экспресс-методом оценки интегральных свойств коэффициента активности диоксида кремния.

Результаты, определенные с использованием выбранных методов, представлены на рисунках 1 и 2.

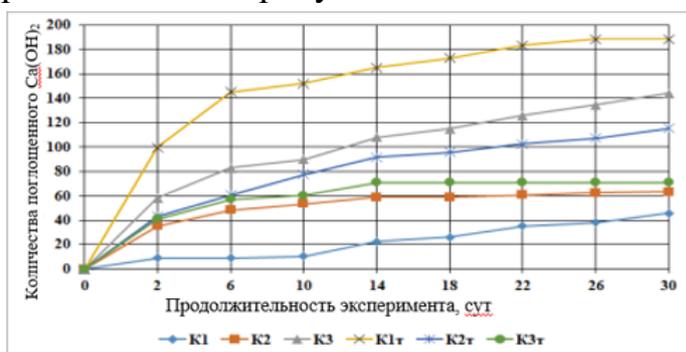


Рисунок 1. Поглощение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ активного SiO_2 образцов с поверхности керамзита с течением времени: индекс т – активность, определенная по второму методу

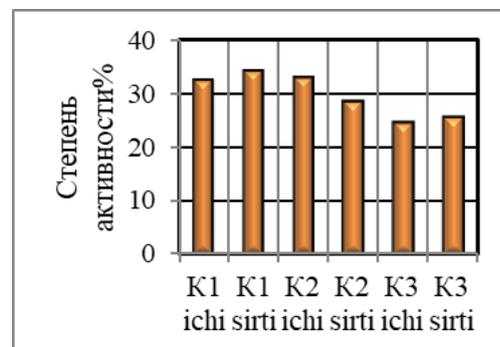


Рисунок 2. Степень активности керамзита, определенная экспресс-методом.

В результате проведенных научных исследований установлено, что активный SiO_2 в образцах К1, К2 и К3 поглощает соответственно 42 мг/г, 61 мг/г и 70 мг/г $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за период 30 суток. Установлено, что первоначальная термообработка ускорила реакцию и поглощение активного SiO_2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составило 189 мг/г, 118 мг/г и 141 мг/г соответственно.

Результаты, полученные при использовании третьего метода, то есть экспресс-метода, показали, что керамзитовые заполнители обладают пуццолановой активностью. Полученные результаты о том, что керамзитовый заполнитель обладает пуццолановой активностью, приводят к улучшению зоны контакта между вяжущим и заполнителем за счет вступления в химическую реакцию активного SiO_2 с портландитом, выделяющимся при гидратации портландцемента в керамзитобетоне.

В ходе исследования влияния химических добавок на растекание цементного теста и снижение водопотребности цемента использованы несколько химических добавок, такие как Полипласт №956, РЦ-1, ПК-08-СК-7, ПК-08-СК-4, Chryso Delta-6325, PR-196. Влияние выбранных химических добавок исследовали методом мини-конуса.

В результате экспериментов установлено, что максимальный расплыв цементного теста достигается при добавлении 0,8% суперпластификатора PR-196, а потребность цементного теста в воде при этой дозировке снижается на 45%. Об этом свидетельствуют данные рисунка 3.

Установлено, что суперпластификатор Полипласт №956 снижает потребность в воде на 35%, RC-1 на 40%, PC-08-SC-7 на 35%, PC-08-SC-4 на 25%, Chryso Delta-6325 на 35% и PR-196 на 45%.

Чтобы наглядно выразить влияние химических добавок на прочность цементного камня, сравнивали прочность цементных камней, полученных из цементных паст, пластичность которых была повышена за счет добавления суперпластификатора, с прочностью цементных камней, полученных из цементных паст такой же пластичности за счет добавления воды.

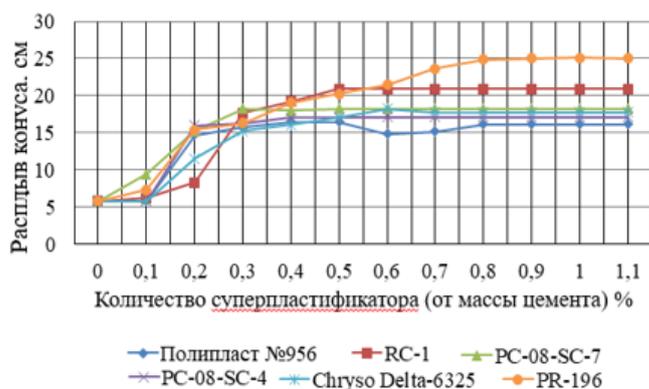


Рисунок 3. Влияние химических добавок на расплыв цементного теста

Затем сравнивали прочность образца, полученного из цементного теста, водопотребность которого снижена на 45% при добавлении суперпластификатора, и прочность цементного камня без добавления суперпластификатора. На основе полученных результатов установлено, что 7- и 28-дневная прочность цементного камня, приготовленного с применением химических добавок, выше на 206 и 140 % соответственно по сравнению с контрольным образцом.

Среди суперпластификаторов, использованных в исследованиях, для использования в дальнейших исследованиях был выбран суперпластификатор PR-196 ввиду его эффективности.

Также изучено влияние вида и количества минеральных добавок на растекание цементного теста. Из таблицы 1 видно, как добавление золы-уноса, микрокремнезема и микрокальцита по отношению к цементной массе повлияло на диаметры растекания смеси, определенные с помощью мини-конуса.

Установлено, что замена цементного теста на 30 % золы-уноса, микрокремнезема и микрокальцита снижает растекаемость на 26,1 %, 32,53 % и 15,7 % соответственно. Это можно объяснить различием в удельной поверхности и пуццолановой активности добавок.

Таблица 1. Влияние количества минеральных добавок на растекаемость цементного теста

№	Наименование добавки	Влияние количества минеральных добавок (%) на растекаемость цементного теста, см						
		0	5	10	15	20	25	30
1	Зола уноса	24,9	23,7	22,5	21,6	20,7	19,5	18,4
2	Микрокремнезем		23,1	22,7	21,2	19,4	18,1	16,8
3	Микрокальцит		24,2	23,1	22,5	21,9	21,4	21,0

Было исследовано влияние типа и количества минеральных добавок на растекаемость цементного теста. В таблице 1 можно увидеть, как добавление зола уноса, микрокремнезема и микрокальцита в количестве 5, 10, 15, 20, 25, 30% по отношению к массе цемента повлияло на диаметр расплыва смеси в мини-конусе.

Составы образцов исследования влияния суперпластификатора (PR-196) и пуццолановых добавок, таких как микрокремнезем, зола-унос, на гидратацию портландцемента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Составы образцов

№	Процентное содержание компонентов в цементном тесте, %				PR-196	В/Ц
	ПЦ	Мкр	ЗУ	Мкал		
1	100	-	-	-	-	0,37
2	100	-	-	-	0,8	0,204
3	47,62	7,14	23,81	21,43	-	0,37
4	47,62	7,14	23,81	21,43	0,8	0,204

Влияние суперпластификатора и пуццолановых добавок на кинетику твердения портландцемента, изменение прочности цементного камня во времени, количество химически связанной воды, среднюю и истинную плотность, пористость определяли экспериментальным путем, а параметры, связанные с гелем в цементном камне определяли по формулам Пауэрса. Для этого были изготовлены образцы-кубы размером 3х3х3 см.

Значения, определенные в результате исследований, представлены в таблице 3.

Установлено, что пробы 28 суточном возрасте химически связывают воду соответственно 13,1; 11,98; 15,56 и 15,02%.

Полученные результаты показали, что количество химически связанной воды в композициях с использованием минеральных добавок выше на 2,46 и 3,04 % соответственно по сравнению с образцами без суперпластификатора и с суперпластификатором.

Таблица 3. Составляющие цементной структуры камня и прочность на сжатие в 28суточном возрасте

№	<i>XCB</i>	<i>CG</i>	ρ_0	ρ	<i>ПГ</i>	<i>ВПГ</i>	<i>ОГП</i>	R_c , МПа
1	13,1	0,624	1,83	2,57	12,21	13,431	43,6	33,63
2	11,98	0,57	2,127	2,72	11,15	12,265	39,82	61,2
3	15,56	0,676	1,805	2,34	10,95	12,045	39,1	39,5
4	15,02	0,653	2,02	2,54	10,57	11,627	37,76	47,0

Примечание: Номер образца по табл. 2; XCB – количество химически связанной воды; CG – степень гидратации; ρ_0 – средняя плотность; ρ – истинная плотность; ПГ – пористость геля; ВПГ – объем воды в порах геля; ОГП – объем геля в порах; R_c – прочность на сжатие.

Установлено, что суперпластификатор на основе эфиров поликарбокилатных эфиров замедляет процессы гидратации цементного камня при различных условиях твердения, что объясняется относительно небольшим количеством химически связанной воды. Определено, что степень гидратации цементного теста без добавок за 28 суток составила 0,624, а с содержанием суперпластификатора - 0,57 соответственно.

Замена 50 % портландцемента активными минеральными добавками не снизила прочность по сравнению с контрольным образцом, а увеличила прочность на 17 %. С помощью поликарбоксилатного суперпластификатора этот показатель увеличился до 39%.

Установлено, что использование суперпластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов совместно с активными минеральными добавками позволяет повысить водоредуцирующий эффект суперпластификатора и способствует более полному протеканию процессов гидратации.

Четвертая глава диссертации **“Свойства самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси и бетона”** посвящена результатам выполненных экспериментальных исследований по проектированию состава самоуплотняющегося керамзитобетона, влиянию способа приготовления самоуплотняющегося керамзитобетона на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона, оптимизации состава самоуплотняющегося керамзитобетона.

Известно, что до сих пор не существует единого метода расчета состава самоуплотняющегося бетона. Поэтому на основе анализа научной литературы и представленных в них рекомендаций состав самоуплотняющегося керамзитобетона осуществлялся путем проектирования оптимального гранулометрического состава смеси заполнителей в объеме 1 м³, то

есть путем приближения кривых анализа остатков заполнителей в наборе сит максимально близко к кривой Фуллера распределения частиц в соотношении $\rho = 0,45-0,55$. Это обеспечивает наиболее благоприятные условия для максимального уплотнения частиц заполнительной в смеси и растекаемости самоуплотняющейся бетонной смеси, а также высокую прочность затвердевшего бетона.

При исследовании влияния способа приготовления самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси на свойства смеси и затвердевшего бетона рассматривались 3 метода:

Способ 1 – традиционный метод, сначала смешиваются все сухие компоненты, затем для приготовления смеси добавляется вода и химические добавки;

Во втором способе перед приготовлением керамзитобетонной смеси керамзит насыщали водой, затем смешивали с остальными компонентами, а к оставшейся воде добавляли и химические добавки для приготовления бетонной смеси;

В третьем способе поверхности керамзита обрабатывали акриловым полимером и закрывали открытые поры на поверхности. В этом методе количество воды, используемой для приготовления смеси, сокращается до количества воды, поглощенной керамзитом. Процесс замешивания бетонной смеси проводился так же, как и в первом способе.

Анализ данных, полученных при приготовлении самоуплотняющегося керамзитобетона способом 1, по результатам таблицы 4, показал, что растекаемость варьируется от 66,4 см до 76 см в зависимости от состава.

4 – таблица. Свойства бетонной смеси, приготовленной тремя разными способами

№	Свойства смесей, приготовленных по способу 1				Свойства смесей, приготовленных по способу 2				Свойства смесей, приготовленных по способу 3			
	Т _р , с.	РК, см	ОК, см	$\rho_{бс}$, кг/м ³	Т _р , сек.	РК, см	ОК, см	$\rho_{бс}$, кг/м ³	Т _р , сек.	РК, см	ОК, см	$\rho_{бс}$, кг/м ³
1	62	74,2	27,5	2021	55	76,9	28,5	2035	50	71	26,5	1965
2	54	66,4	27,5	2032	52	69,7	28,3	2042	50	70,5	27,7	1981
3	91	70	28,5	1896	72	76	28,7	1904	64	78,3	29	1843
4	70	76	29	1770	72	79	29	1781	42	79,2	27,8	1712

Установлено, что самоуплотняющиеся керамзитобетонные смеси, приготовленные по второму способу, соответствуют требованиям нормативных документов по растеканию конуса, несмотря на сниженный расход воды (без учета поглощенной наполнителем воды). При этом способе приготовления бетонной смеси не наблюдается интенсивного поглощения воды наполнителем.

Следует отметить, что в самоуплотняющемся керамзитобетоне, приготовленном третьим способом, водопоглощение керамзитобетона не

наблюдается из-за искусственно покрытой пленки, и, несмотря на уменьшенный расход воды, время растекания конуса значительно быстрее (от 42 до 64 секунд), чем время растекания керамзитобетона, полученного предыдущими способами, а диаметры расширения также соответствуют требованиям нормативных документов.

Установлено увеличение показателей семидневной прочности самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей с расходом цемента 400, 500 и 600 кг/м³, приготовленных традиционным способом, по сравнению с прочностью контрольного образца (состав № 1 с расходом цемента 300 кг/м³) на 4,12, 54 и 57 % соответственно (рис. 5,а).

Отмечено, что 28-суточные показатели прочности составов с расходом цемента 300, 400, 500 и 600 кг/м³ увеличились на 16, 49, 16 и 8 % соответственно. Наибольший прирост прочности (49 %) показал состав с расходом цемента 400 кг/м³. Это можно объяснить тем, что толщина прослоек заполнителя и цементного камня уплотняется за счет водопоглощения заполнителя, то есть самовакуумирования и самоуплотнения бетона и образования сжимающего слоя вокруг заполнителя. На основании вышеизложенного установлено, что увеличение количества цемента в 1,5 раза увеличивает 28-дневные показатели прочности составов всего на 10%.

Образцы самоуплотняющегося керамзитобетона, приготовленные вторым способом с расходом цемента 300 и 400 кг/м³, имели показатели прочности 32,13 и 32,24 МПа за семь суток соответственно, что на 17-21% выше, чем аналогичные образцы, приготовленные традиционным способом.

Для второго способа приготовления самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей он показал показатели прочности, представленные на рис. 5, б. Самоуплотняющийся керамзитобетон с расходом цемента 300 кг/м³ за 28 суток достиг прочности 40,58 МПа, что оказалось на 33 % выше прочности того же бетона, приготовленного традиционным способом. Это можно объяснить тем, что при возврате воды из пор керамзита в смесь, в отличие от бетонной смеси, приготовленной по первому способу, контактная зона контакта не становится слишком плотной, а миграция воды через существующие поры в структуре зоны контакта не разрушает структуру цементного камня.

В результате исследований установлено, что несмотря на снижение водопотребления, время расширения конуса значительно быстрее (от 42 до 64 секунд), чем время расширения керамзитобетона, полученного предыдущими способами (табл. 3), а диаметры расширения также соответствуют требованиям нормативных документов.

Низкая прочность керамзитобетона из керамзита, обработанного акриловым полимером (рис. 5,в), обусловлена низкой водопоглощением керамзита, при этом самовакуумирование и самоуплотнение не происходит. Керамзит в этом случае выступает как плотный заполнитель малой прочности, в связи с чем прочность затвердевшего бетона наблюдается невысокая.

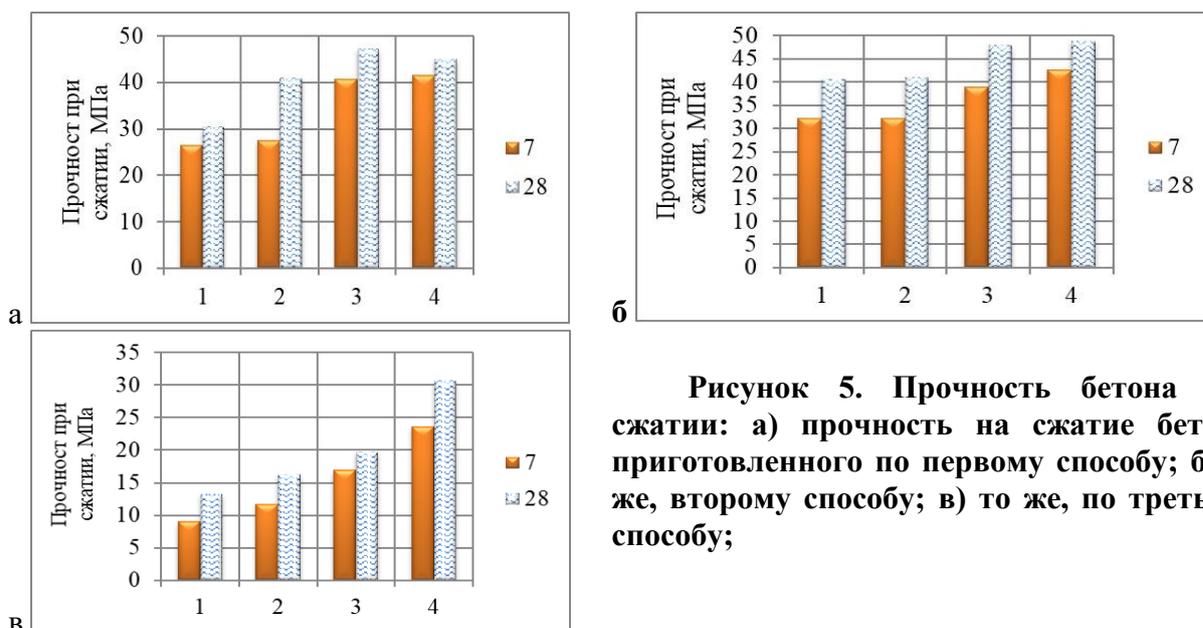


Рисунок 5. Прочность бетона при сжатии: а) прочность на сжатие бетона, приготовленного по первому способу; б) то же, второму способу; в) то же, по третьему способу;

В исследованиях использован ротатбельный план второго порядка, позволяющий достичь максимальной прочности бетона за два (R_2), семь (R_7) и 28 (R_{28}) суток, обеспечивая необходимую подвижность при определенных оптимальных параметрах.

В процессе оптимизации в качестве переменных факторов, влияющих на прочность бетона, на приготовление одного m^3 расходуются принимались следующие компоненты: портландцемент (X_1); суперпластификатор (X_2); количества воды (X_3) и золы (X_4) (kg/m^3).

После проведения серии экспериментов, расчетов и проверок адекватности были разработаны следующие уравнение регрессии и изопараметрические диаграммы (рис. б), отражающие влияние количества портландцемента, суперпластификатора (kg/m^3), воды (kg/m^3) и золы уноса (kg/m^3) на растекаемость смеси в одном кубическом метре самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси.

$$Y_{распл} = 63,567 - 6,992X_1 - 4,550X_2 + 12,333X_3 - 3,458X_4 - 6,663X_1X_2 + 5,063X_1X_3 - 3,825X_1X_4 - 2,500X_2X_4 - 1,025X_3X_4 - 3,225X_1^2 + 4,013X_2^2 - 3,588X_3^2 - 3,588X_4^2$$

После проведения экспериментов и отсева незначимых коэффициентов были получены следующие уравнения регрессии, описывающие прочность самоуплотняющегося керамзитобетона через два, семь и 28 дней.

для двухдневных образцов:

$$Y_{R_{сж}}^{2c} = 8,485 + 7,36X_1 - 2,29X_2 - 1,94X_3 + 2,37X_4 - 2,8X_1X_2 + 1,26X_1X_4 + 0,84X_2X_3 - 0,886X_2X_4 - 1,275X_3X_4 + 3,61X_1^2;$$

для семидневных образцов:

$$Y_{R_{сж}}^{7c} = 35,929 + 6,192X_1 - 3,467X_3 + 4,492X_4 + 1,575X_2X_3 - 1,625X_2X_4 - 1,211X_4^2$$

для двадцати восьмидневных образцов:

$$Y_{RCЖ}^{28c} = 46,6 + 4,93X_1 - 1,148X_2 - 2,897X_3 + 2,211X_4 + 1,238X_3X_4 + 1,378X_2^2$$

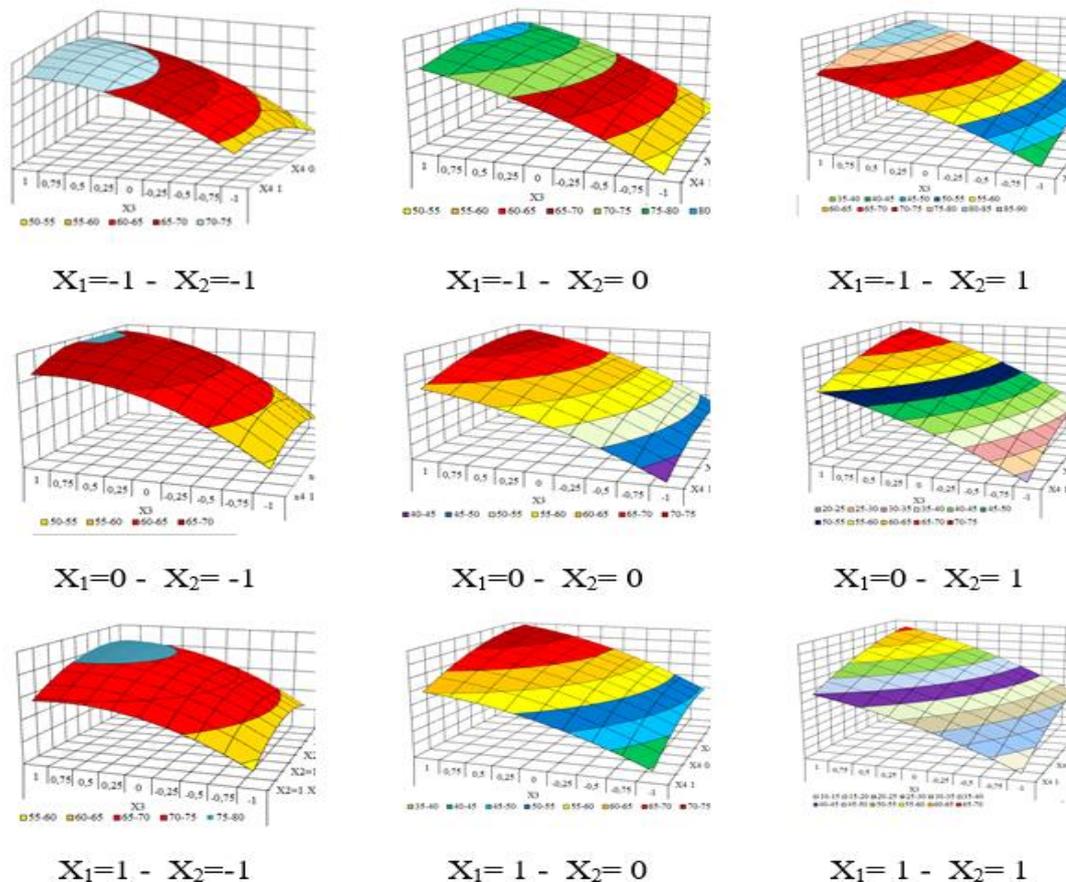


Рисунок 6. Влияние компонентов на диаметр расплыва конуса самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси

На основе приведенных уравнений регрессии рассчитаны оптимальные составы, обеспечивающие наиболее высокие показатели растекаемости и прочности. Были определены свойства самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей, приготовленных на основе оптимальных составов. Согласно полученным результатам: диаметр расплыва конуса составил от 73 до 80,5 см; время расплыва смеси до 50 см – от 6 до 12 секунд; осадка конуса – от 28,5 до 29 см; средняя плотность бетонной смеси – от 1671 до 1721 кг/м³; время истечения смеси через V-воронку – от 12 до 57 секунд; время истечения через L-бюкс – от 13 до 51 секунд; объемное содержание воздуха в смеси – от 4,5 до 6,3%.

Полученные данные позволяют охарактеризовать подвижность, текучесть и воздухоудерживание самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей, что имеет важное значение для обеспечения их технологичности и эксплуатационных свойств.

Изучены свойства самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси с течением времени. Определено время растекания смеси на 50 см (рис. 7) и влияние времени на диаметр растекания (рис. 8).

Исходя из вышеприведенных уравнений регрессии, были рассчитаны оптимальные составы, обеспечивающие наиболее высокие показатели растекаемости и прочности.

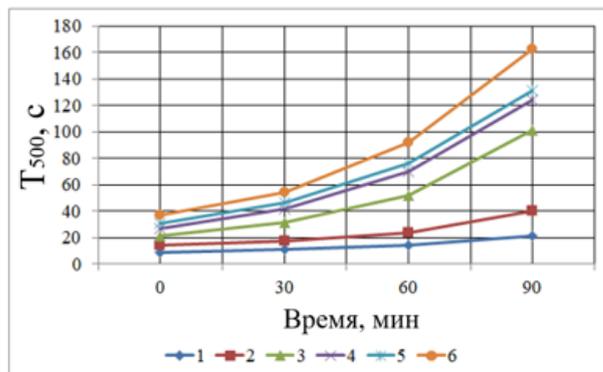


Рисунок 7. Изменение показателя T_{500} самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей с течением времени

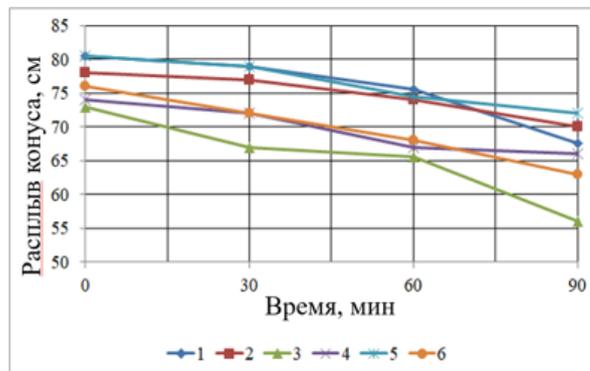


Рисунок 8. Изменение индекса РК самоуплотняющихся керамзитобетонных смесей во времени

Были определены показатели интенсивности роста прочности кубических образцов, изготовленных из самоуплотняющихся бетонных смесей, в зависимости от времени (рис. 9), а также прочностные характеристики призматических образцов при сжатии и изгибе и их показатели усадки во времени. Прочность призматических образцов при сжатии через 7 суток составила от 16,7 до 41,35 МПа, а через 28 суток – от 18,3 до 43,75 МПа. Прочность при изгибе через 28 суток находилась в пределах от 4,79 до 6,06 МПа. Показатели усадки самоуплотняющегося керамзитобетона отслеживались в течение 40 суток, в течение которых деформации усадки составили от 94 до 123 мкм.

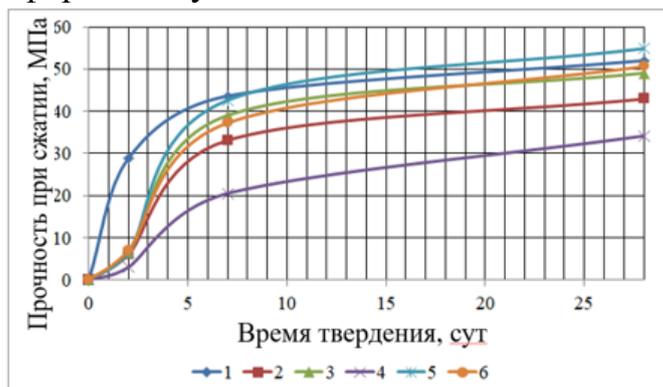


Рисунок 9. Прочность на сжатие кубических образцов самоуплотняющегося керамзитобетона.

технологическая схема производства самоуплотняющегося керамзитобетона. Разработанная технологическая схема прошла апробацию и принята на бетонном производстве.

Разработанные составы самоуплотняющегося керамзитобетона внедрены в СП ООО «Aysel Inshaat» и ЧП ООО «UNIO GROUP». В результате получен самоуплотняющийся керамзитобетон с прочностью на сжатие 55 МПа. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения оптимального

Кроме того, были определены конструктивный коэффициент качественного самоуплотняющегося керамзитобетона (от 21,84 до 35,47), морозостойкость (от F100 до F400), коэффициент теплопроводности (от 0,516 до 0,583 W/(m·K)), а также средняя плотность материала (от 1510 до 1624 кг/м³).

Разработана

состава и технологии производства самоуплотняющегося керамзитобетона составила 69 471 сум за 1 м³ бетона (в ценах 2024 года).

ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность получения высокопрочного самоуплотняющегося керамзитобетона со средней плотностью 1574 кг/м³ и прочностью на сжатие 54,85 МПа (В40) с эффективным использованием портландцемента, микрокремнезема, зольной пыли, поликарбосилатного суперпластификатора, керамзитовых гранул фракции до 10 мм и керамзитового песка.

2. Установлено, что поверхность используемых керамзитовых гранул поглощает Са(ОН)₂ в течение 30 суток в количестве 53 мг/г, а количество вступающей в реакцию с NaOH по отношению к 1 г массы составляет от 24,5 до 34% в зависимости от типа используемого керамзита, что приводит к улучшению адгезии между вяжущим и заполнителем.

3. Установлено, что степень гидратации вяжущего в системе “портландцемент - активная минеральная добавка - суперпластификатор - вода”, приготовленной с использованием поликарбосилатного суперпластификатора PR-196, в течение 28 суток составляет 0,653.

4. Установлено, что прочность самоуплотняющегося керамзитобетона, полученного путем предварительного насыщения керамзитовых гранул водой перед приготовлением самоуплотняющейся керамзитобетонной смеси, в 1,33 раза выше, чем у приготовленного традиционным способом, и в 3,04 раза выше, чем у приготовленного путем образования полимерной пленки.

5. Оптимизированы составы самоуплотняющегося конструкционного легкого керамзитобетона со средней плотностью от 1510 до 1624 кг/м³ и прочностью на сжатие соответственно от 34,14 до 54,85 МПа с использованием портландцемента типа Цем I 42,5Н, микрокальцита и промышленных отходов, и рекомендованы к внедрению в производство.

6. Научно обосновано, что путем оптимизации состава самоуплотняющегося керамзитобетона, а также обеспечения плотного расположения его компонентов, можно добиться улучшения кубической и призматической прочности на сжатие, а также морозостойкости.

7. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения оптимального состава и технологии при производстве самоуплотняющегося керамзитобетона для класса бетона В40 на предприятии СП ООО “Aysel Inshaat” составила 69471 сум на 1 м³ бетона (в ценах 2024 года).

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AWARDDING THE
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT UNIVERSITY OF
ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

**TASHKENT UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL
ENGINEERING**

TO'RAXANOV SAFARALI IBROHIMOVICH

**COMPOSITION AND PROPERTIES OF SELF-COMPACTING
EXPANDED CLAY CONCRETE**

05.09.05- Construction materials and products

ABSTRACT

**of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) on Technical
Sciences**

Tashkent -2025

The theme of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republik of Uzbekistan B2024.2.PhD/T4775

The dissertation was completed at the Tashkent University of Architecture and Civil Engineering.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page (www.taqu.uz) and on the Information and Educational Portal "ZiyoNet" (www.ZiyoNet.uz)

Scientific supervisor:

Kamilov Xabibilla Xamidovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Xodjayev Saidaglam Agloyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Axmedov Sulton Ilyosovich
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor

Leading organization:

**Tashkent scientific research institute of chemical
technology**

The defense of the dissertation will take place on June 3rd, 2025 at 13⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.26/30.12.2019.T.11.01 at the Tashkent University of Architecture and Civil Engineering at the address: 100194, Tashkent city, Yunusabad district, Yangi Shahar, house 9, building 4, 5th floor, Coworking center, tel. : (99855) 508 02 95; fax (99855) 508 50 06, e-mail: devon@taqu.edu.uz

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent University of Architecture and Civil Engineering (registered under №149). (Address: Tashkent, Yunusabad district, Yangishakhar street, 9. Tel./fax: (99855) 508-02-95, e-mail: taquarm@edu.uz).

The dissertation abstract was sent out on May 19th, 2025
(mailing protocol №55 from March 17th, 2025).

Kh.A. Akramov

Chairman of the Scientific Council
for the Award of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

I.I. Siddikov

Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

B.A.Asqarov

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is to develop the composition and study the properties of self-compacting expanded clay concrete using local raw materials and industrial waste.

The object of research is self-compacting expanded clay concrete made from local raw materials and industrial waste.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

it was established that the degree of hydration of the binder in the artificial stone based on the "Portland cement-mineral additive-superplasticizer-water" system with a superplasticizer (0.656) is lower than that of the sample without a superplasticizer (0.673);

based on the mechanism of action of the PR-196 superplasticizer and the Powers formula, as well as taking into account the degree of hydration of the binder, the amount of gel, the porosity of the gel and the amount of water in the gel in the pores of the artificial stone based on the "Portland cement-pozzolanic additive-superplasticizer-water" system were determined;

by determining (70 mg / g) the absorption of Ca (OH) 2, it was proven that the expanded clay filler has pozzolanic activity;

by using expanded clay filler pre-saturated with water, an increase in the strength of concrete by 33% was achieved compared to concrete prepared in the traditional way.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the composition and properties of self-compacting expanded clay concrete:

The developed compositions of self-compacting expanded clay concrete have been implemented at JV LLC "Aysel Inshaat" (Certificate No. 20-06/407 from the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated January 13, 2025). As a result, it was possible to obtain self-compacting lightweight expanded clay concrete with a compressive strength of 55 MPa;

The developed compositions of self-compacting expanded clay concrete have been implemented at IE LLC "UNIO GROUP" (Certificate No. 02-15/354 from the Association of Enterprises of the Construction Materials Industry of Uzbekistan dated February 5, 2025). As a result, self-compacting expanded clay concrete compositions were developed with a cement consumption of 150 kg, an optimal ratio of chemical and mineral additives, a slump flow of 74.5 cm, and a 28-day strength of 34.14 MPa.

Dissertation structure and scope. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The dissertation is 120 pages in length.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, I part)

1. Kamilov Kh.Kh., Turakhanov S.I. Physical and mechanical properties of artificial lightweight aggregates produced in Uzbekistan, Central Asian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences. Volume 03, Issue12, 2022, p.338-341. SJIF 2022. IF: 9,41(ResearchBiB).

2. Kamilov Kh.Kh., Abdazov D.R., Kamilov Sh.Kh., Turakhanov S.I. Evaluation of the influence of superplasticizer type on chemical and rheological stability of cement mortars. Научно-практический журнал “Архитектура. Строительство. Дизайн”. Ташкент. 2024, №3. - С. 521-527. (05.00.00 №4).

3. Камиллов Х.Х., Абдазов Д.Р., Камиллов Ш.Х., Тўрахонов С.И. Влияние поликарбонатного суперпластификатора на раннюю гидратацию портландцемента. Научно-практический журнал “Архитектура. Строительство. Дизайн”. Ташкент. 2024, №3. – С. 531-538. (05.00.00 №4)

4. D.Sh. Kadyrova, A.A. Mukhamedbayev, S.I. Turakhanov. Grouting solutions with a micro-filler and with a chemical additive for the oil and gas industry. AIP Conference Proceedings 2432, 050019 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089981> Published Online: 16 June 2022. Scopus; 050019/1 – 050019/6.

II bo'lim (II часть, II part)

5. Тўрахонов С.И., Камиллов Х.Х., Абдазов Д.Р. Ўзбекистонда ишлаб чиқариладиган керамзитнинг физик механик хоссалари. “Zamonaviy qurilish materiallari va buyumlarini ishlab chiqarishda fan, ta'lim va ishlab chiqarish korxonalarini integratsiyasini takomillashtirishning yechimlari” mavzusida xalqaro miqyosdagi ilmiy-texnik konferensiya materiallari to'plami. SamDAQI, 27-28 oktyabr 2022 yil, 198-201 b.

6. Абдазов Д.Р., Камиллов Х.Х., Тўрахонов С.И. Исследование кинетики измельчения клинкеров в лабораторных мельницах. “Zamonaviy qurilish materiallari va buyumlarini ishlab chiqarishda fan, ta'lim va ishlab chiqarish korxonalarini integratsiyasini takomillashtirishning yechimlari” mavzusida xalqaro miqyosdagi ilmiy-texnik konferensiya materiallari to'plami. SamDAQI, 27-28 oktyabr 2022 yil, 81-83 b.

7. Камиллов Х.Х., Абдазов Д.Р., Тўрахонов С.И. Инновационные 3d технологии в строительстве. «Қурилишда инновациялар, бинолар ва иншоотларнинг сейсмик хавфсизлиги» Халқаро миқёсидаги илмий ва илмий-техник конференция материаллари тўплами. НамМҚИ 15-17 декабрь, 2022 йил, 287-293-б.

8. Kamilov X.X., To'rahanov S.I., Portlandsementning xossalariga kimyoviy qo'shimchalar tasiri. “Zamonaviy qurilish sohasida ta'lim, ilm va innovatsiya” mavzusida xalqaro miqyosdagi ilmiy-texnik konferensiya materiallari to'plami.

TAQU, 20-21-Sentyabr 2023-yil, 276-280 b.

9. Khabibilla Kh.Kamilov, Dilshod R.Abdazov, Safarali I.Turahanov, Bakitjan K. Sarsenbaev, Eldar Amanov. Assessment of pozzolanic activity of mineral additives to concrete and mortar. Proceeding X International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE - 2023, Volume II, M. Auevov South Kazakhstan University. Shymkent, Kazakhstan November 18, 2023, pp. 221-225.

10. Камиллов Х.Х., Абдазов Д.Р., Тураханов С.И. Самоуплотняющийся бетон: история и перспектива “Farg’ona vodiysida fan va texnologiya” respublika ilmiy konferensiya materiallari to’plami, Namangan shaxri, 11-12 may 2023 yil, 461-463 b.

11. Камиллов Х.Х., Абдазов Д.Р., Тўрахонов С.И. Исследования дзета потенциала суперпластификаторов в цементных вяжущих. “Zamonaviy qurilish sohasida ta’lim, ilm va innovatsiya” mavzusida xalqaro miqyosdagi ilmiy-texnik konferensiya materiallari to’plami. TAQU, 20-21-Sentyabr 2023-yil, 251-255 b.

12. Kamilov Kh. Kh., Turakhanov S.I., Abdulkhamidov A.Kh. The development of self-compacting concrete. Yangi O’zbekiston: ilm qaldirg’ochlari - 2024 Talabalarning III-xalqaro anjumani 2024 yil 18-may, JIZPI-2024, 63-65 b.

13. Камиллов Х.Х., Камиллов Ш.Х., Тўрахонов С.И. История самоуплотняющегося керамзитобетона: обзор. “Mahalliy хом-ashyolar asosida innovatsion qurilish materiallarini ishlab chiqarish” xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. TAQU. 2024 yil. 15-16 oktabr.

Avtoreferat «Arxitektura, qurilish va dizayn» ilmiy-amaliy jurnali
tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar
mosligi tekshirildi (17.03.2025 yil)

Bichimi: 60x84 $\frac{1}{16}$, "Times New Roman"
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 2,8. Adadi: 80. Buyurtma: 80
Tel (90) 327 82 02
"Max-Pristil" MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: 100095, Toshkent shahar, Olmazor tumani, Ziyο ko'chasi, 6-uy.