

**FARG‘ONA POLITEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/07.06.2024.T.106.06 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI**

**SULTANOVA SEVARA ILES QIZI**

**MAHALLIY XOMASHYO VA MATERIALLAR ASOSIDAGI  
EKSPLUATATSION XOSSALARI YAXSHILANGAN KOMPLEKS  
MODIFIKATSIYALANGAN ISSIQLIK IZOLYATSIYALOVCHI KO‘PIK  
BETON**

**05.09.05 - Qurilish materiallari va buyumlari**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (phd) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Farg‘ona – 2025**

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

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

**Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)  
on Technical Sciences**

**Sultanova Sevara Iles qizi**

Mahalliy xomashyo va materiallar asosidagi ekspluatatsion xossalari yaxshilangan kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko‘pik beton.....5

**Султанова Севара Илёс кизи**

Комплексный модифицированный теплоизоляционный пенобетон с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе местного сырья и материалов.....21

**Sultanova Sevara Iles qizi** Integrated modified thermal insulation foam concrete with improved performance properties based on local raw materials and materials .....39

**E‘lon qilingan ilmiy ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works .....43

**FARG‘ONA POLITEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/07.06.2024.T.106.06 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI**

**SULTANOVA SEVARA ILES QIZI**

**MAHALLIY XOMASHYO VA MATERIALLAR ASOSIDAGI  
EKSPLUATATSION XOSSALARI YAXSHILANGAN KOMPLEKS  
MODIFIKATSIYALANGAN ISSIQLIK IZOLYATSIYALOVCHI KO‘PIK  
BETON**

**05.09.05 - Qurilish materiallari va buyumlari**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (phd) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Farg‘ona – 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4026 raqami bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Qoraqalpoq davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-saytida ([www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz)) va «ZiyoNet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

<b>Ilmiy rahbar:</b>	<b>Ilyasov Allanazar To'rexanovich</b> texnika fanlari doktori, professor
<b>Rasmiy opponentlar:</b>	<b>Qosimov Ibroxim Erkinovich</b> texnika fanlari doktori, professor <b>Mirzajonov Ma'mirjon Alimovich</b> texnika fanlari nomzodi, dotsent
<b>Yetakchi tashkilot:</b>	<b>Namangan muhandislik qurilish instituti</b>

Dissertatsiya himoyasi Farg'ona politexnika instituti huzuridagi PhD.03/07.06.2024.T.106.06 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «\_\_» \_\_\_\_\_ soat \_\_\_ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 150100, Farg'ona shahar, Farg'ona ko'chasi 86-uy Tel.: (+99873) 241 12 06, faks (+99873) 241-12-06, e-mail: [www.farpi.uz](http://www.farpi.uz)), kichik majlislar zali.

Dissertatsiya bilan Farg'ona politexnika institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№\_\_ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 150100, Farg'ona shahar, Farg'ona ko'chasi 86-uy. Farg'ona politexnika instituti. Tel.: (+99871) 244-63-30). e-mail: [www.farpi.uz](http://www.farpi.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil \_\_\_ \_\_\_\_\_ kuni tarqatildi.  
(2025 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ dagi \_\_\_ raqamli reyestr bayonnomasi)

**Z.A.Yunusov**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
raisi, texnika fanlari doktori

**Sh.A.Umarov**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
kotibi, texnika fanlari bo'yicha falsafa  
doktori (PhD), dotsent

**S.F.Ergashev**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
qoshidagi Ilmiy seminar raisi, texnika  
fanlari doktori, professor

## **Kirish (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)**

**Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda qurilish amaliyotida, oxirgi yillarda bino va inshootlarni barpo qilishda energiyatejamkor va energiyasamarali qurilish materiallaridan foydalanish, xususan yengil serg'ovak betonlarni binolarning to'suvchi konstruksiyalarining qurilishiga keng jalb etish tobora ortib bormoqda. Rivojlangan mamlakatlarda, shular jumlasidan, Germaniya, Finlandiya, Yaponiya, AQSh, Gollandiya, Janubiy Koreya, Avstriya, Polsha, Xitoy, Rossiya Federatsiyasi, Chexiya, Turkiya kabi mamlakatlarda serg'ovak betonlarning yangi xillarini yaratish va ularni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish, xususan avtoklavsiz ko'pik beton ishlab chiqarish uchun mahalliy tabiiy va texnogen xomashyolardan foydalanish, shuningdek, ularning sifatini oshirish uchun foydalaniladigan asbob-uskunalar va modifikatsiyalovchi qo'shimchalarni ishlab chiqarishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda sanoat chiqindilaridan unumli foydalanishga asoslangan serg'ovak betonlarni ishlab chiqarish hamda shu orqali bino va inshootlarning seysmik bardoshligini, mustahkamligini va ishonchliligini ta'minlashga yo'naltirilgan ko'plab ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bunda sanoat chiqindilari asosidagi serg'ovak betonlarning uzoqqa chidamliligi, olovbardoshligi, muzlashga chidamliligi, mustahkamligi, issiqlik izolyatsiyalovchiligi xossalarini va ulardan qurilgan binolar zilzilabardoshligini oshirish hamda devorbop materiallarning narxini pasaytirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarni olib borish juda ham muhim va dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qurilish sohasini modernizatsiyalash, texnik va texnologik yangilanish, qurilish materiallarini ishlab chiqarishga energiya va resurs sarfini kamaytirish, shuningdek, resurs hamda energiya tejamkor texnologiyalarni qurilish sohasiga keng tatbiq qilishga qaratilgan keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. "Yangi O'zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi"da "...Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish orqali 2026-yilga qadar iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish va havoga chiqariladigan zararli gazlar hajmini 20 foizga qisqartirish choralari ko'rilsin..."<sup>1</sup> bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, energiya tejamkor va ekologik toza va oldindan belgilangan xossalarga ega bo'lgan qurilish materiallarini ishlab chiqarish, mahalliy xomashyo asosidagi qorishma tarkibini ishlab chiqish uchun mavjud texnologiyalarni yaratish va takomillashtirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 20 fevraldagi PQ-4198-son "Qurilish materiallari sanoatini tubdan takomillashtirish va kompleks rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-sonli "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorlari hamda 2020 yil 27 noyabrdagi PF-6119-sonli "O'zbekiston Respublikasi qurilish tarmog'ini modernizatsiya qilish, jadal va innovatsion

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 son "2022-2026 yillarda yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

rivojlantirishning 2021-2025-yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi farmonlarida nazarda tutilgan va qurilish sanoati bilan bog'liq boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti 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 resurs tejamkorlik" ustuvor yo'nalishlari doirasida bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Sanoat korxonalarining chiqindilari asosida serg'ovak beton olish texnologiyasini ishlab chiqish va ularning fizik-mexanik xossalarini yaxshilash bo'yicha jahonda ko'plab olimlar tadqiqotlar olib borgan, jumladan, T.A.Uxova, Y.N.Kazakov, V.P.Vilejagin, V.A.Pinsker, V.V.Kondratev, R.A.Kurnishev, M.Y.Elistratkin, O.M.Donchenko, N.P.Sajnev, L.V.Sokolovskiy, I.S.Juravlev, A.N.Filatov, Y.Novikc, L.V.Morgun, E.Y.Podluzskiy, L.B.Sokolovskiy, V.N.Goncharik, Y.M.Paplavskis, A.A.Fedin, A.A.Axundov, X.S.Vorobev, Y.P.Gorlov, A.V.Voljenskiy, Y.M.Paplavskis, A.D.Dikun, G.P.Saxarov, D.I.Gladkov, B.P.Danilov, A.Laukaitis, A.P.Merkin, S.A.Grauber, M.Curbach, M.R.Jones, E.P.Kearsley, N.O.Virganskaya, E.M.Chernishov, V.V.Miskov, A.V.Voljenskiy, K.F.Paus, A.Kolosova, T.S.Zemsova, Y.V.Jukina, G.I.Ovcharenko, P.Krivenko, K.V.Gladkix, V.F.Zavadskiy, Y.Y.Kuryatnikov, K.A.Kara va boshqalar. Ushbu taniqli olimlar serg'ovak betonlarni olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy-tadqiqotlar olib borganlar va muayyan darajada ilmiy hamda amaliy natijalarga erishganlar. O'zbekiston Respublikasida serg'ovak betonlarning strukturasi va xossalarini o'rganish, ularning mustahkamlikka oid va ekspluatatsion xossalarini yaxshilash, hamda energiya samaradorligini oshirish bo'yicha quyidagi yetakchi mahalliy olimlardan Adilxodjaev A.I., Maxamataliev I.M., Ilyasov A.T., Samigov N.A., Kasimov E.K., Xodjaev S.A., Shipacheva E.V., Toxirov M.K., Goncharova N.I., Mirzajonov M.A., Soy V.M., Abdullayev I.N., Sattorov Z.M., To'laganov A.A., Ashrabov A.B., Komilov X.X., Xolmirzayev S.A., Xamidov A.I., Alinazarov A.X., Gaziev U.A., Rahimov Sh.T., Shaumarov S.S., Rahimov R.A., Askarov B.A., Jalilov A.T., Mamatov X.A., Turgunbaev U.J. va boshqalar va ilmiy tadqiqotlar olib borganlar. Biroq ularning bajargan tadqiqotlarida avtoklavsiz ko'pik betonning tarkibiga mahalliy xomashyodan olinuvchi modifikatsiyalovchi qo'shimchalar kompleksini kiritish yo'li bilan ekspluatatsion xossalarini yaxshilash masalalari juda ham kam o'rganilgan.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy-tadqiqot muasasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi bilan bog'liqligi.**

Dissertatsiya tadqiqoti Qoraqalpoq davlat universitetining №521 T/2 "Bazalt, metall va shisha tolalar asosida standartlarga mos hamda seysmik mustahkamlik konstruksiyasiga ega fibrobeton olish texnologiyasini yaratish" (2023-2024-yy.) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** – mahalliy modifikatsiyalovchi qo'shimchalar: «VESTA HPR 801» superplastifikatori va mikrokremnezyomni kompleks ravishda

qo'llash yo'li bilan ekspluatatsion ko'rsatkichlari yaxshilangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz qotuvchi ko'pik betonlarning tarkiblari va olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

turli qo'shimchalar bilan modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik betonni ishlab chiqarish va amalda undan foydalanishning mavjud tajribasini tahlil qilish va umumlashtirish;

ekspluatatsion xossalari yaxshilangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton olish uchun modifikatsiyalovchi kimyoviy va mineral qo'shimchalarni tanlab olishni nazariy jihatdan asoslab berish;

ekspluatatsion xossalari yaxshilangan avtoklavsiz ko'pik betonning samarali tarkiblarini ishlab chiqish;

kompleks modifikatsiyalangan ko'pik beton ekspluatatsion xossalarining ko'rsatkichlari va modifikatsiyalovchi qo'shimchalarning miqdori o'rtasidagi o'zaro bog'lanishlarni aniqlash;

ekspluatatsion xossalari yaxshilangan avtoklavsiz ko'pik betonni olishning texnologiyasini ishlab chiqish;

kompleks modifikatsiyalangan ko'pik betonning ishlab chiqilgan yangi tarkibini tajribaviy ishlab chiqarishga joriy etish va texnik iqtisodiy samaradorligini baholash.

**Tadqiqot obyekti** – mahalliy xomashyo va materiallar asosida olinuvchi kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton.

**Tadqiqot predmeti** - mahalliy xomashyo va materiallar asosida olinuvchi kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonning tarkibi, texnologiyasi va xossalari.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqotlarda issiqlik-izolyatsiyalovchi ko'pik betonlarning ekspluatatsion xossalarini aniqlashning standartlashtirilgan usullari, fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari, kompozitsion qurilish materiallari tarkibini loyihalash va optimallashtirishning matematik usullari, tadqiqot natijalarini qayta ishlashning statistik usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

- issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik betonning optimallashtirilgan tarkibini tanlash va strukturasi shakllantirishda mahalliy «VESTA HPR 801» polikarboksilatli superplastifikatori va mikrokremnezyom qo'shimchalarining optimal miqdorlarda tarkibga kiritilishiga asoslangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonlarni ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning tamoyillari isbotlangan;

-ko'pik beton qorishmasini «VESTA HPR 801» polikarboksilatli superplastifikatori bilan plastifikatsiyalashning o'ziga xos bo'lgan mexanizmi aniqlangan;

- issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton qorishmasining tarkibiga «VESTA HPR 801» polikarboksilatli superplastifikatori va mikrokremnezyomning optimal miqdordagi dozalarining kiritilishi natijasida

ko'pik beton ekspluatatsion xossalarning yaxshilanishiga olib keluvchi sinergetik samaraning hosil bo'lishi aniqlangan;

- kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pikbetonning siqilishga mustahkamligi, o'rtacha zichligi va issiqlik o'tkazuvchanligi ko'rsatkichlarining ushbu kompozitsion materialning retseptura-texnologik omillariga nisbatan matematik modellari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

-mahalliy modifikatsiyalovchi qo'shimchalar asosidagi ekspluatatsion xossalari yaxshilangan o'rtacha zichligi 400 dan 500 kg/m<sup>3</sup> gacha bo'lgan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik betonning samarali tarkiblari ishlab chiqilgan.

- OAO "O'zmetkombinat" korxonasida katta hajmlarda hosil bo'luvchi sanoat chiqindisi - mikrokremnezyomning ishlatilishining ko'zda tutilishi evaziga issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton ishlab chiqarishning mahalliy xomashyo bazasi sezilarli darajada kengaytirilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchiligi** tadqiqotlar zamonaviy vositalar va standart usullardan foydalangan holda amalga oshirilganligi bilan bog'liq. Tajribalar me'yoriy hujjatlar talablariga muvofiq o'tkazildi, nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari muvofiqlashtirildi va amalda tatbiq etildi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati:** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton qorishmasining tarkibiga «VESTA HPR 801» polikarboksilatli superplastifikatori va mikrokremnezyomdan iborat modifikatsiyalovchi qo'shimchalarni optimal miqdordagi dozalarining birgalikda kiritilishi natijasida ko'pik beton ekspluatatsion xossalarning yaxshilanishiga olib keluvchi sinergetik samara hosil bo'lishining aniqlanganligi bilan izohlanadi. Tadqiqotlar natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy qo'shimchalar: «VESTA HPR 801» polikarboksilatli superplastifikatori va mikrokremnezyom bilan kompleks modifikatsiyalangan o'rtacha zichligi 400 dan 500 kg/m<sup>3</sup> gacha bo'lgan ekspluatatsion xossalari yaxshilangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik betonning samarali tarkiblari ishlab chiqilganligi, hamda respublikamizda issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik betonni ishlab chiqarishda mahalliy xomashyo bazasining sezilarli darajada kengaytirilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tadqiqot natijalari amalda tatbiq etish imkoniyati mahalliy xomashyo va materiallar asosidagi ekspluatatsion xossalari yaxshilangan kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonning tarkibi va texnologiyasini tadqiq qilishdan olingan ilmiy natijalar asosida:

Olingan issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonning tarkiblari qurilish materiallarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan "EVROBETON" MCHJ korxonasida ishlab chiqarishga joriy qilingan ("Qoraqalpog'iston Respublikasi qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi" vazirligining 2024-yil "01"-noyabrdagi 03-07/01-3325-son ma'lumotnomasi). Natijada, ko'pik-betonning mustahkamligini oshirish bilan birga, sementli bog'lovchi sarfini 50 foizga tejash imkoniyati

yaratilgan. Bunda kutilayotgan iqtisodiy samara  $1 \text{ m}^3$  ko'pik-beton uchun o'rtacha 93000,9 so'mni, bir yilda esa 348,753 mln. so'mni tashkil etgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Ishning asosiy mazmuni dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 18 ta ilmiy nashrlar chop etilgan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, shu jumladan, SCOPUS bazasiga kiruvchi nashrlarda 4 ta, nufuzli xorijiy jurnallarda 2 ta, hamda 4 ta respublika jurnallarida nashr qilingan. O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi qoshidagi intellektual mulk agentligi tomonidan 1 ta kompyuter hisoblash dasturlariga guvohnomalar olingan.

**Dissertatsiya ishining tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 143 betni tashkil etib, asosiy qismi 115 betdan iborat.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish qismida** dissertatsiya tadqiqotini bajarishning dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan. O'zbekiston Respublikasida fan va texnika rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiq ma'lumotlar keltirilgan, olingan natijalarning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati belgilangan, tadqiqot natijalarining ishlab chiqarishga tadbiq etilishi, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi, shuningdek chop etilgan ilmiy ishlar to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

**Disstatiyaning birinchi bobi "Muammoning o'rganilganlik darajasi"** da qurilish industriyasi sohasida mikrokremnezyomni qo'llash quyidagi natijalarga ya'ni yuqori mustahkam betonlarni (siqilishdagi mustahkamligi 100 MPa gacha, avtoklav ishlov berilganda esa 240 MPa gacha etuvchi) olish, va ularda kechadigan fizik va kimyoviy jarayonlar, suv shimuvchangligini bartaraf qilish usullari va kamchiliklarni bartaraf qilish bo'yicha ishlab chiqilgan tavsiyaviy chora-tadbirlar, texnik adabiyotda berilgan maqolalar va ma'lumotlarning tahliliy obzori ko'rib chiqilgan. Ko'rib chiqilgan omillarning tahlili natijasida mikrokremnezyom qo'shimchasining qo'shilishi suv o'tkazmaslik qobiliyatini 50% gacha (tarkibiga sementning massasiga nisbatan 20% gacha mikrokremnezyom qo'shimchasi qo'shilgan betonning suv o'tkazmaslik bo'yicha markasi W16 ni tashkil etadi), sulfatga chidamliligini 100% gacha oshiradi, tarkibiga 6 % mikrokremnezyom qo'shimchasining qo'shilishi suv-sement nisbati  $S/S=0,45$ ga teng bo'lganda muzlashga chidamliligi bo'yicha markasi F300 bo'lgan betonlarni tarkibini ishlab chiqish muammolari kam o'rganilganligi aniqlangan. Erta muddatlardagi mustahkamligi yuqori bo'lgan betonlarni (siqishga mustahkamligi bir sutkalik muddatda 63 MPa, 28 sutka o'tgandan so'ng – 124 MPa, 1 yil o'tgandan so'ng – 127 MPa ni tashkil etadi) olish mumkinligi ko'rsatilgan. Yuqorida bayon qilingan taxminlarni inobatga olgan holda dissertatsiyaning asosiy maqsadi shakllantirilgan, xususan: mikrokremnezyomning betonning tarkibiga uning siqishga

mustahkamligi, muzlashga chidamliligi, birikish mustahkamligi, yedirilishga chidamliligini oshirish va issiqlik o'tkazuvchanligini kamaytirish va qorishmaning tarkibi va texnologiyasini ishlab chiqish.

Bajarilgan tadqiqotlarning tahlili natijasida tadqiqotlarning maqsad va vazifalari aniqlangan va ishchi gipoteza shakllantirilgan.

**Ishchi gipoteza.** Mikrokremsiyomning sirtida kislotali-asosli tabiatli reaksiyaga kirishishga qobiliyatli faol markazlarning mavjudligi va polikarboksilat asosidagi superplastifikatorning yuqori darajada suv talabchanlikni kamaytirish qobiliyatini e'tiborga olgan xolda ularni kompleks tarzda turli dozalarda tarkibda qo'llanilishi yo'li bilan ko'pik beton qorishmasini tayyorlash davridayoq uning struktura hosil qilishini maqsad sari yo'naltirish va kerakli xossalari ko'rsatkichlariga ega bo'lgan ko'pik beton buyumlarni olish imkonli hisoblanadi.

**Dissertatsiyaning ikkinchi bobi "Tadqiqot usullari va qo'llaniladigan materiallarning xossalari"** da texnik ko'rsatkichlar, dastlabki xomashyo va materiallarning kimyoviy, fizik, fizik-mexanik xossalari keltirilgan, shuningdek, plastifikatsiyalovchi kimyoviy qo'shimchalar va mikrokremsiyom bilan modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi avtoklavsiz ko'pik beton kompozitsiyalar tarkibini ishlab chiqish, shuningdek ularning asosiy fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalari batafsil yoritib berilgan.

Eksperimental tadqiqotlarda issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik beton qorishmalarni tayyorlashda quyidagi boshlang'ich materiallardan foydalanilgan:

Bog'lovchi sifatida Ohangaron sement zavodining GOST 31108-2020 bo'yicha SEM I 42,5 N markali sementi, mayda to'ldiruvchi sifatida ko'pik beton tarkibida markasi MK-85 TU 5743-048-02495332-96, "O'zmetkombinat" AJning quruq holatdagi mikrokremsiyom ishlatilgan. Mikrokremsiyomning to'kilma zichligi  $600 \text{ kg/m}^3$ , kimyoviy qo'shimcha sifatida Ko'pik betonning tarkibida ko'pik hosil qilgichlar sifatida silikonlar asosidagi "Penta Pav 430A" ko'pik hosil qilgich, sintetik ko'pik hosil qilgichlar "Biofoam C", "Makspen" hamda proteinli ko'pik hosil qilgichlar "Ompor", "Biofoam V" sinab ko'rildi va ishlatilgan.

Plastifikatsiya qiluvchi qo'shimchalar sifatida quruq kukun ko'rinishidagi kompleks qo'shimcha (naftalinformaldegidli superplastifikator+qotishni tezlashtiruvchi) «Relamiks-M», polikarboksilatlar asosidagi Superplastifikator «VESTA HPR 801», zichligi  $1,09 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan suyuqlik ko'rinishida, polikarboksilat efiri asosidagi Superplastifikator «GLENIUM SKY 591», zichligi  $1,07 \text{ g/sm}^3$  suyuqlik ko'rinishida plastifikatorlar bilan sement eritmasida aniqlash imkonini beradi.

**Dissertatsiyaning uchinchi bobi "Issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik beton tarkibida qo'llaniladigan qo'shimchalarni tanlash"** yuza faol moddalarning asosiy tavsiflari tahlil qilingan, yangi avlod plastifikatorlarini issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pikbetonlarda qo'llash imkoniyati ko'rib chiqilgan, ko'pikbetonning siqilishdagi mustahkamligini uning matritsasi mustahkamligidan aniqlash imkonini beruvchi qonuniyat keltirib chiqarilgan.

Eng yaxshi sifat ko'rsatkichlariga va sement tizimiga eng kam destruktiv ta'sir ko'rsatadigan ko'pik hosil qiluvchini aniqlash maqsadida har bir ko'pik hosil

qiluvchi uchun quyidagi xususiyatlar aniqlandi: ko'pikning karraligi, vaqt bo'yicha barqarorligi, ularning suvdagi eritmasining turli konsentratsiyalarida ko'pikdan foydalanish koeffisienti, ushbu ko'pik hosil qiluvchilarning turli foizli miqdoriga ega bo'lgan sement hamirining harakatchanligi va qamrash muddatlari (boshlanishi va tugashi), sement toshining mustahkamligi. Yuza-faol moddalar (YuFM) ning mavjudligi matritsaning mustahkamligini pasaytiradi, ammo oqsil ko'pik hosil qiluvchisi ishtirokida bu ta'sir kamroq darajada namoyon bo'ladi, chunki Nesterova L.L., Luginina I.G. va Shaxova L.D. fikriga ko'ra, sintetik ko'pik hosil qiluvchisi bilan sementni eritmaga gidratatsiya qilinganda, oqsil ko'pik hosil qiluvchisi bilan solishtirganda, oqsil ko'pik hosil qiluvchisi bilan gidratatsiya qilinganda yuzaga keladigan yangi hosilalar soni ko'proq bo'ladi. Eritmaning harakatchanligi va qotish muddati kabi texnologik ko'rsatkichlar bo'yicha sement hamiri sintetik ko'pik hosil qiluvchiga nisbatan oqsilli ko'pik hosil qiluvchiga kamroq ta'sirchan. Biroq, keyingi tadqiqotlar uchun "Penta Pav 430A" sintetik ko'pik hosil qiluvchisi tanlandi, chunki ko'pik hosil qiluvchining karraligi kamida 10 bo'lishi lozim. Buning sababi, birinchidan, karralilik qanchalik yuqori bo'lsa, o'rtacha zichlikdagi kerakli markali ko'pikli betonni tayyorlash uchun shunchalik kam miqdor talab etiladi. Natijada, ko'pik hosil qiluvchining bog'lovchi moddaning gidratatsiyasiga salbiy ta'siri ham kamroq bo'ladi. Ikkinchidan, suv-sement nisbati teng bo'lganda, sintetik ko'pik hosil qiluvchi qo'llanilganda eritmada (sement+suv) ko'proq suv bo'ladi, oqsilli ko'pik hosil qiluvchi ishlatilganda esa ko'proq suv ko'pik tayyorlashga sarflanadi. Suv-sement nisbati ko'pik hosil qiluvchining xususiyatlarini hisobga olgan holda batafsil yondashuvni talab etadi. Ma'lumki, eritma aralashmasidagi ortiqcha suv miqdori keyinchalik ko'piklangan sement toshining mustahkamligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Polikarboksilatlar asosidagi "MC-Power-Flow-3100" Superplastifikatori sement hamiriga kam miqdorda qo'shimcha qo'shilganda eng yaxshi suvni kamaytiruvchi ta'sir ko'rsatdi. Plastifikatorlar ko'pikdan foydalanish koeffisientiga salbiy ta'sir ko'rsatishi aniqlandi ("GLENIUM SKY 591" Superplastifikatori "ko'pikni so'ndirish" xususiyatiga ega). Plastifikator qo'shimchali betonlar tarkibini tanlashda buni hisobga olish zarur.

Eritma aralashmasiga plastifikatorlar qo'shilishi sement zarrachalarining solvat qobig'idagi bog'langan suv miqdorini o'zgartirishga olib keladi. Qattiq faza yuzasiga sirt-faol moddalarning adsorbsiyalanishi natijasida solvat qobig'idagi suv miqdori kamayadi, erkin suv miqdori esa ortadi. Bu esa aralashmaning reologik xususiyatlarini yaxshilaydi, biroq sementning tuzilma hosil qilish va qotish jarayonlari biroz sekinlashadi.

1-rasmga muvofiq, ko'pikli betondagi plastifikatsiyalovchi qo'shimchalarning foizini aniqlash usuli eritma aralashmasining harakatchanligini aniqlashga asoslanadi. Bu harakatchanlik Suttard viskozimetri yordamida GOST 23789 bo'yicha aniqlanadi.

Natijada, sement asosidagi ko'pikbeton uchun o'zgaruvchilari me'yorlashtirilgan quyidagi regressiya tenglamalari olindi.

$$Y=29,74+6,85X_1+10,7X_2+1,15X_1X_2+0,93X_{12}+1,92X_{22}, (1)$$

“Relamiks-M” superplastifikatori va qotishni tezlashtiruvchisi bo‘lgan qorishma uchun:

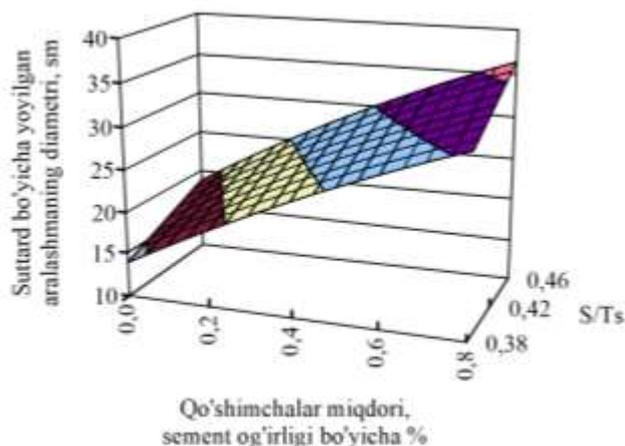
$$Y=29,31+8,331X_1+13,56X_2+1,33X_1X_2+1,69X_1^2+3,11X_2^2, (2)$$

“GLENIUM SKY 591” Superplastifikatorli qorishma uchun:

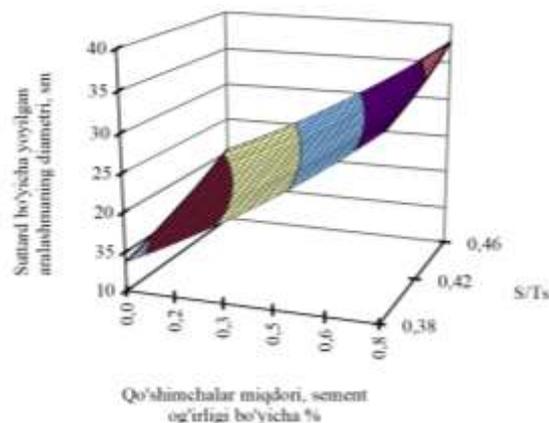
$$Y=25,27+7,11X_1+11,4X_2+0,08X_1X_2+0,13X_1^2+3,78X_2^2, (3)$$

bu erda Y – qorishma aralashmasining Suttard viskozimetri bo‘yicha diametri, sm;

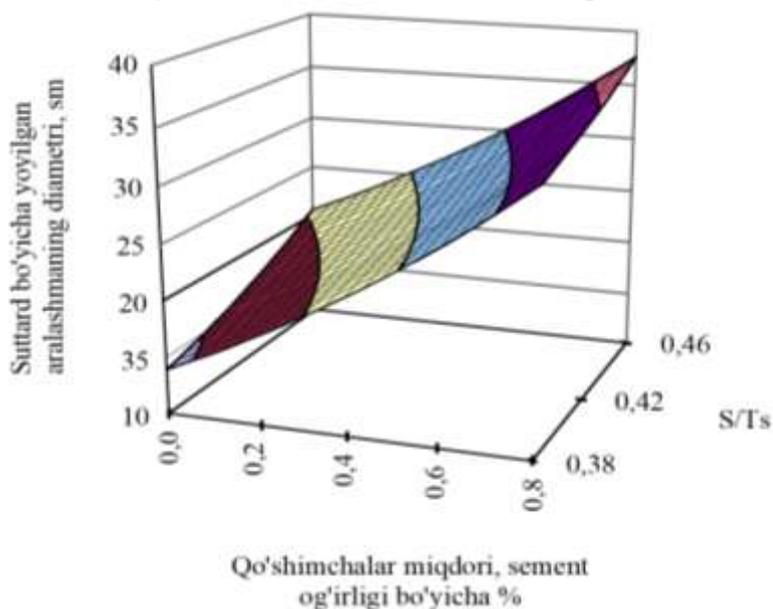
X1 – suv-sement nisbati; X2 – plastifikasiyalovchi qo‘shimchalarning miqdori %.



1-rasm. Sement qorishmasining suv sement nisbati va Superplastifikator «VESTA HPR 801» ning miqdoriga bog‘liq bo‘lgan harakatchanligi



2-rasm. Sement qorishmasining suv-sement nisbati va «Relamiks-M» superplastifikatorining miqdoriga bog‘liq bo‘lgan harakatchanligi



3-rasm. Sement qorishmasining suv-sement nisbati va «Relamiks-M» superplastifikatorining miqdoriga bog‘liq bo‘lgan harakatchanligi

(2, 3) tenglamalar tajribani X1 ning 0,38 dan 0,46 gacha va X2 ning 0 dan 1% gacha oralig‘ida to‘g‘ri tasvirlaydi, (4) tenglama esa X1 ning 0,38 dan 0,46 gacha va X2 ning 0 dan 2% gacha oralig‘ida mos keladi.

Suyuqlanish diametri Suttard bo‘yicha va suv-sement nisbati (S/S) bo‘yicha berilgan plastiklashtiruvchi qo‘shimchaning foizli tarkibi olinadi, undan o‘rtacha

zichligi 400 dan 500 kg/m<sup>3</sup> gacha bo'lgan ko'pikli beton tarkibini hisoblashda foydalanish mumkin.

Ko'pikbetonning fizik-mexanik (o'rtacha zichlik, namlik, siqilishdagi mustahkamlik) va issiqlik-texnik (issiqlik o'tkazuvchanlik) xususiyatlariga plastifikatorlar miqdorining ta'sirini aniqlash maqsadida bir qator tajribalar o'tkazildi. "Penta PAV 430A" ko'pik hosil qiluvchi modda yordamida suv-sement nisbati 0,38, 0,42 va 0,46 bo'lgan ko'pikbeton namunalari tayyorlandi. Plastifikator shunday miqdorda qo'shildiki, bunda dastlabki aralashmaning Suttard bo'yicha yoyilishi 20, 25, 30 santimetrni tashkil etdi.

"Relamiks-M" va "GLENIUMSKY 591" plastifikatsiyalovchi qo'shimchalarning qo'llanilishi SN 277-80 ga muvofiq standart harakatchanlikka nisbatan eritma harakatchanligining pasayishiga olib keladi. Ko'pikli beton tarkibini hisoblashda buni hisobga olish zarur. "Relamiks-M" superplastifikatori va qotishni tezlashtiruvchisi hamda "VESTA HPR 801" superplastifikatori qo'llanilganda ko'pikbeton namunalari mustahkamligining eng yuqori o'sishi S/S nisbati 0,42 bo'lganda, "GLENIUM SKY 591" Superplastifikatori qo'llanilganda esa S/S nisbati 0,38 bo'lganda kuzatiladi.

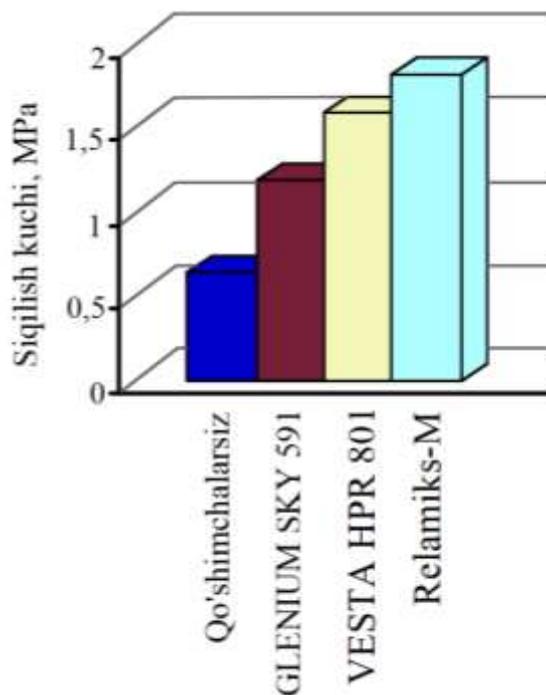
Nazorat ko'pik beton namunasi (plastifikatorlarsiz) va plastifikatsiyalovchi qo'shimchalar kiritilgan namunalar uchun rentgenfazali tahlil o'tkazildi. Tahlil natijalari 1-jadvalga kiritildi.

### 1-jadval

#### Nazoratga oid ko'pik beton namunasi va plastifikatsiyalovchi qo'shimchalar qo'shilgan namunalarning rentgen-fazali tahlil natijalari

Namuna nomi	Birikmalar soni, %	
	3CaO·SiO <sub>2</sub>	Ca (OH) <sub>2</sub>
Qo'shimchalarsiz nazoratga oid (qorishmaning Suttard bo'yicha yoyilish diametri 25 sm)	29,81	60,31
Superplastifikator «Relamiks-M» qo'shilgan (qorishmaning Suttard bo'yicha yoyilish diametri 25 sm)	31,06	49,70
Superplastifikator «GLENIUM SKY 591» qo'shilgan (qorishmaning Suttard bo'yicha yoyilish diametri 25 sm)	35,46	56,17
Superplastifikator «GLENIUM SKY 591» qo'shilgan (qorishmaning Suttard bo'yicha yoyilish diametri 25 sm)	43,18	47,98

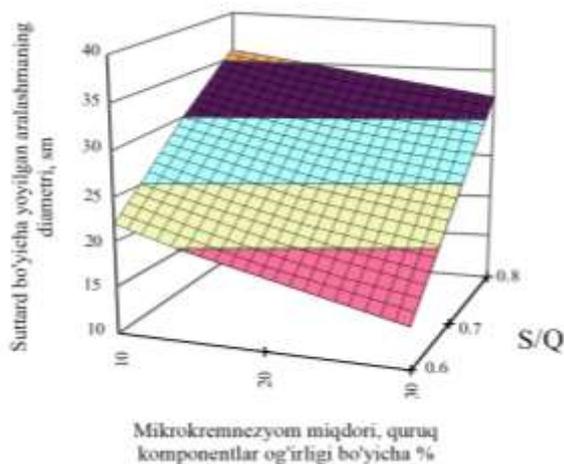
Rentgen-fazali tahlil natijalari shulardan dalolat beradiki, plastifikatsiyalovchi qo'shimchalar qo'shilganda sementning gidratatsiyasi jarayoni biroz sekinlashadi. 3-rasmga muvofiq plastifikatorlar bilan modifikatsiyalangan ko'pik beton namunalari mustahkamligining ortishi gidratatsiya mahsullari solishtirma sirtining o'sishi, yangi hosil bo'lgan kristallar o'lchamining kamayishi va plastifikatsiyalangan sement toshining birlik hajmida yangi hosilalar sonining ortishi bilan tushuntiriladi.



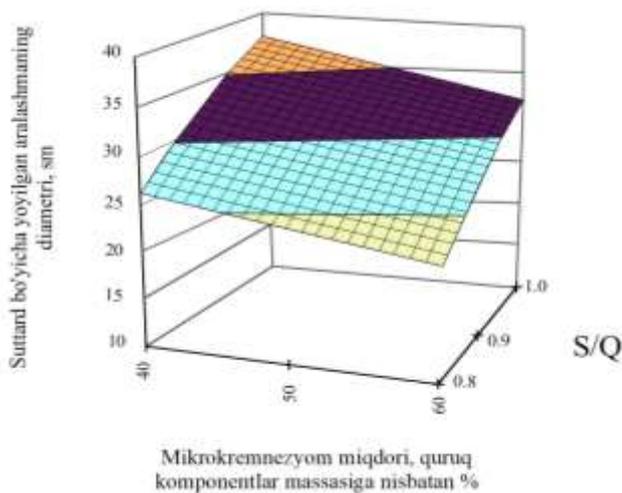
4-rasm. Qo'shmchalarsiz va plastifikasiyalovchi qo'shimchalar qo'shilgan ko'pik beton namunalari

Dissertatsiyaning to'rtinchi "Issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonning tarkibida mikrokremnezyom va plastifikatorni kompleks qo'llashning ko'pik beton tavsiflariga ta'siri" bobida mikrokremnezyomni issiqlik izolyatsiyalovchi ko'pik betonlarda qo'llash imkoniyati va uning "VESTA HPR 801" Superplastifikatori bilan birgalikda ko'pik betonning fizik-mexanik hamda issiqlik-texnik xususiyatlariga ko'rsatadigan ta'siri aniqlandi.

5 va 6-rasmlarga muvofiq, ko'pikbeton tarkibidagi mikrokremnezyom va "VESTA HPR 801" plastifikatori miqdorini aniqlash yondashuvi standart usulga ko'ra Suttard viskozimetri yordamida aniqlanadigan qorishma harakatchanligini aniqlashga asoslanadi.



5-rasm – Ko'pik beton qorishmasi harakatchanligining mikrokremnezyom miqdoriga (10 % dan 30 % gacha) va suv-qattiq modda nisbati (0,6 dan 0,8



6-rasm – Qorishma harakatchanligining mikrokremnezyomning miqdori (40 % dan 60 % gacha) va suv-qattiq modda nisbatiga (0,8 dan 1,0 gacha) bog'liqligi

### **gacha) omillariga nisbatan o'zgarishi**

Sement va mikrokremnezyom asosidagi ko'pik beton uchun quyidagi normalangan o'zgaruvchili regressiya tenglamalari olindi.

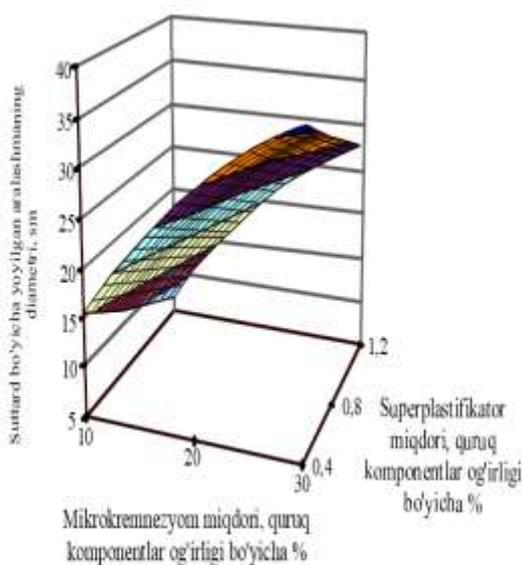
Sinovlarning natijalariga ko'ra 10 dan 30% gacha mikrokremnezyom qo'shimchali va 0,6 dan 0,8 gacha S/Q li eritma aralashmasi uchun normalashtiruvchi o'zgaruvchilar bilan regressiya tenglamasi olindi:

$$Y=26,04+7,83X_1 - 2,83X_2 +0,81X_1X_2 - 0,41X_1^2+0,59X_2^2, (4)$$

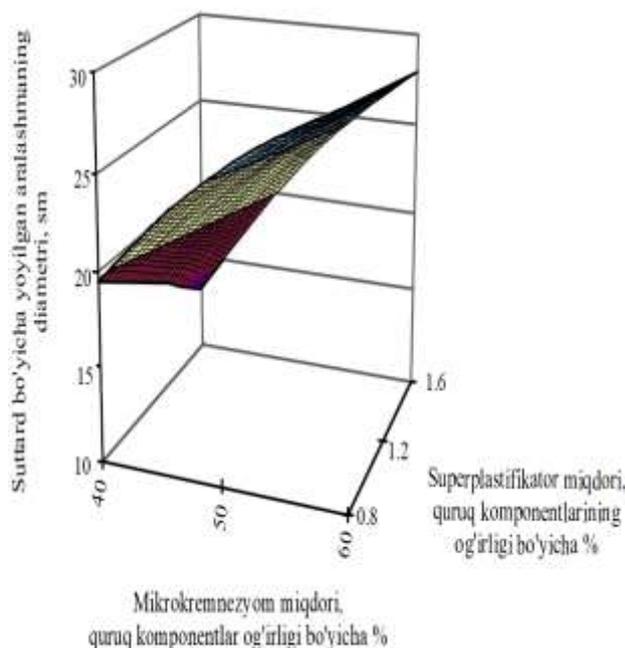
Laboratoriya sinovlari natijalariga ko'ra 40 dan 60 % gacha mikrokremnezyom qo'shimchali va suv-qattiq modda nisbati  $V/T =0,8-1,0$  bo'lgan ko'pik beton qorishmasi uchun me'yorlashtirilgan o'zgaruvchilarga nisbatan quyidagi regressiya tenglamasi olindi:

$$Y=30,51+5,51X_1 - 2,47X_2 - 0,3X_1X_2 - 0,97X_1^2 +0,059X_2^2 (5)$$

bu erda Y Suttard bo'yicha ko'pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri, sm;  
X1 – suv-qattiq modda nisbati; X2 – mikrokremnezyomning tarkibdagi miqdori, %.



**7-rasm. Ko'pik beton qorishmasining tarkibdagi mikrokremnezyom miqdori (10 % dan 30 % gacha) va «VESTA HPR 801» superplastifikatorining miqdoriga (0,4% dan 1,2% gacha) nisbatan suv-qattiq modda nisbati S/Q=0,38 bo'lgandagi harakatchanligi**



**8-rasm. Ko'pik beton qorishmasining tarkibdagi mikrokremnezyom miqdori (40 % dan 60 % gacha) va «VESTA HPR 801» superplastifikatorining miqdoriga (0,8% dan 1,6% gacha) nisbatan suv-qattiq modda nisbati S/Q=0,42 bo'lgandagi harakatchanligi**

Ko'pikli beton aralashmasining harakatchanligi mikrokremnezyom miqdori ortishi bilan kamayadi. Shunga ko'ra, SN 277-80 bo'yicha aralashmaning zarur harakatchanligini ta'minlash uchun suv-qattiq nisbatini oshirishga to'g'ri keladi. Bu esa keyinchalik tayyor ko'pik betonning namligini oshiradi. Shu sababli, mikrokremnezyomni eritma aralashmasining suv-qattiq nisbatini va tayyor ko'pik

betonning namligini kamaytiruvchi plastifikatsiyalovchi qo‘shimcha bilan birgalikda ishlatish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

“VESTA HPR 801” Superplastifikatori asosidagi sement, mikrokremnezyom asosidagi ko‘pik beton uchun me‘yorlangan o‘zgaruvchili quyidagi regressiya tenglamalari olindi.

Laboratoriya sinovlari natijalariga ko‘ra 10% dan 30 % gacha mikrokremnezyom qo‘shimchali va suv-qattiq modda nisbati S/Q =0,42 ga teng bo‘lgan ko‘pik beton qorishmasi uchun me‘yorlashtirilgan o‘zgaruvchilarga nisbatan quyidagi regressiya tenglamasi olindi:

$$Y=25,62213-5,28185X_1+9,730608X_2+0,125X_1X_2+0,49088X_1^2-1,15912X_2^2, (6)$$

bu erda Y – Suttard bo‘yicha ko‘pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri, sm; X1 – mikrokremnezyom miqdori, %; X2 – «VESTA HPR 801» superplastifikatori miqdori, %.

Laboratoriya sinovlari natijalariga ko‘ra 40% dan 60 % gacha mikrokremnezyom qo‘shimchali, 0,8% dan 1,6% gacha «VESTA HPR 801» Superplastifikatori qo‘shilgva va suv-qattiq modda nisbati V/T =0,42 ga teng bo‘lgan ko‘pik beton qorishmasi uchun me‘yorlashtirilgan o‘zgaruvchilarga nisbatan quyidagi regressiya tenglamasi olindi:

$$Y=24,1-1,88X_1+6,082X_2+1,125X_1X_2-0,18X_1^2-1,38X_2^2, (7)$$

bu erda Y – Suttard bo‘yicha ko‘pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri, sm; X1 – mikrokremnezyom miqdori, %; X2 – «VESTA HPR 801» superplastifikatori miqdori, %.

(7)-tenglama X1 10 foizdan 30 foizgacha va X2 0,4 dan 1,2 gacha bo‘lgan oraliqda tajribani etarli darajada tavsiflaydi, (8)-tenglama esa X1 40 foizdan 60 foizgacha va X2 0,8 dan 1,6 gacha bo‘lgan oraliqda tajribani to‘g‘ri ifodalaydi.

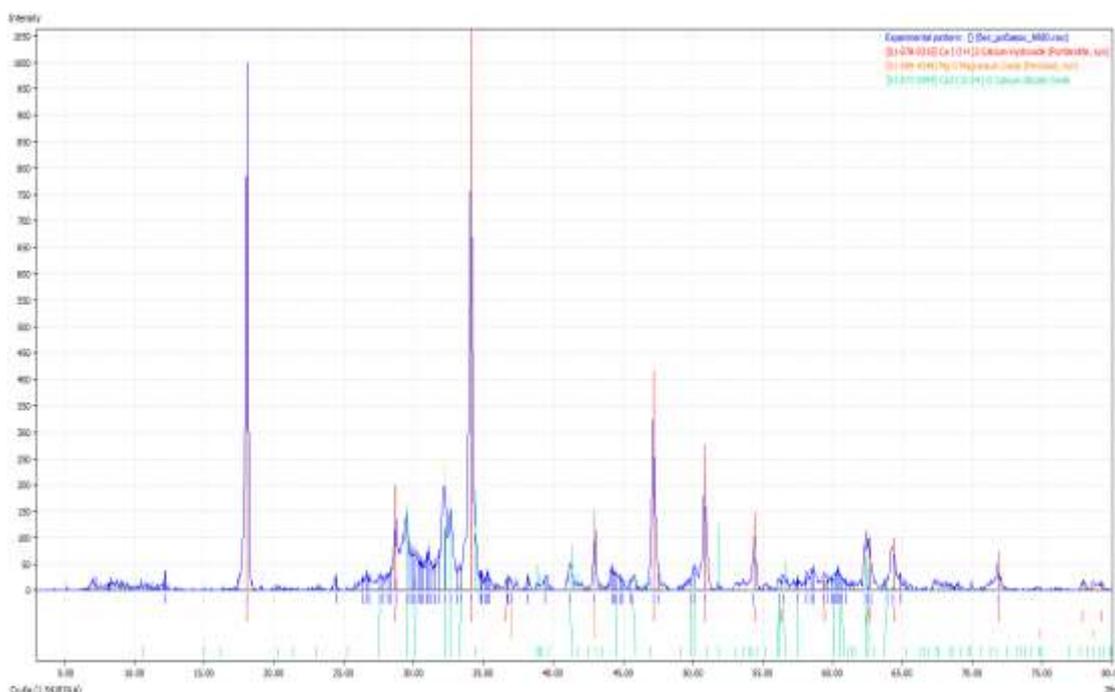
Ko‘pik beton ishlab chiqarishda “O‘zmetkombinat” AJning quruq holatdagi mikrokremnezyomidan foydalanish mumkinligini, hamda ushbu mikrokremnezyom va «VESTA HPR 801» Superplastifikatoridan iborat kompleks qo‘shimchani ko‘pik betonning siqilishga mustahkamligi, namligi va issiqlik o‘tkazuvchanligiga ta‘sirini aniqlash uchun bir qator eksperimentlarning seriyasi o‘tkazildi. Ko‘pik beton namunalarini tayyorlashda Penta PAV 430 A ko‘pik hosil qilgichidan foydalanildi. Yuqorida o‘tkazilgan tadqiqotlar natijalaridan ma‘lum bo‘lishicha, 30% gacha mikrokremnezyomni ko‘pik beton tarkibiga kiritish uning mustahkamligini 40 % gacha oshiradi. Eksperimentlarda ko‘pik betonning tarkibidagi mikrokremnezemning miqdori 10% dan 60 % gacha diapazonda o‘zgartirildi.

Mikrokremnezyom miqdorining (qattiq komponentlar massasiga nisbatan olganda 60% gacha) namlik, siqilishdagi mustahkamlik va quruq holatdagi issiqlik o‘tkazuvchanlikka ta‘sirini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan keyingi eksperimental tadqiqotlarning natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

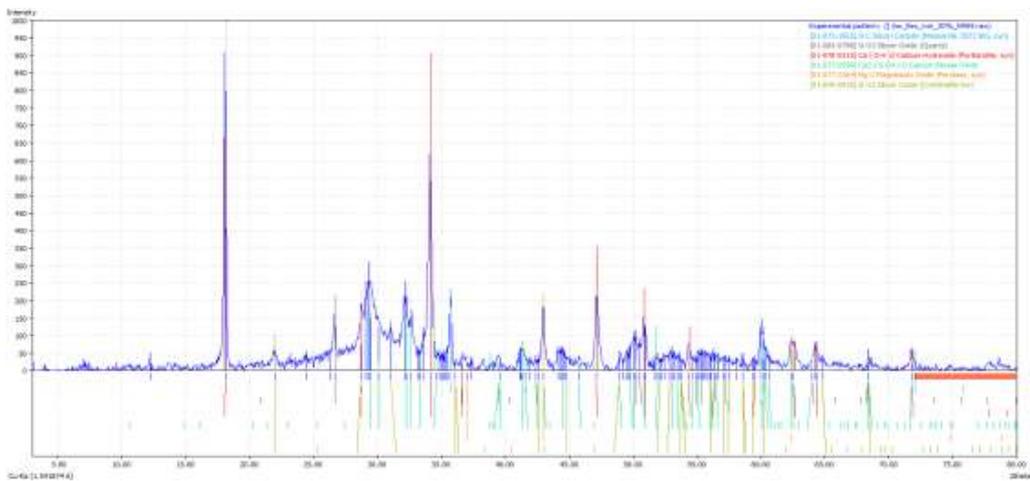
**Mikrokremnezyom 0÷60 % gacha miqdorda qo‘shilgan hamda mikrokremnezyom va «VESTA HPR 801» superplastifikator kompleks ravishda qo‘shilgan ko‘pik betonning fizik-mexanik tavsiflari**

Mikrokremnezyom miqdori, %	Superplastifikatorsiz				Superplastifikatorli			
	O‘rtacha zichlik, kg/m <sup>3</sup>	Namlik, %	Siqishda mustahkamlik, MPa	Quruq holatda issiqlik o‘tkazuvchanlik, Vt/(m <sup>•</sup> S)	O‘rtacha zichlik, kg/m <sup>3</sup>	Namlik, %	Siqishda mustahkamlik, MPa	Quruq holatda issiqlik o‘tkazuvchanlik, Vt/(m <sup>•</sup> S)
0	440	29,0	0,64	0,106	450	19,5	1,19	0,096
10	450	33,5	1,53	0,088	440	16,4	1,55	0,105
20	450	38,3	1,98	0,120	450	24,1	1,47	0,110
30	450	41,1	2,08	0,120	440	25,0	1,73	0,106
40	440	40,8	1,42	0,105	450	14,5	1,39	0,086
50	450	46,8	1,32	0,107	480	16,3	2,61	0,123
60	450	50,4	1,06	0,119	450	15,3	2,52	0,112

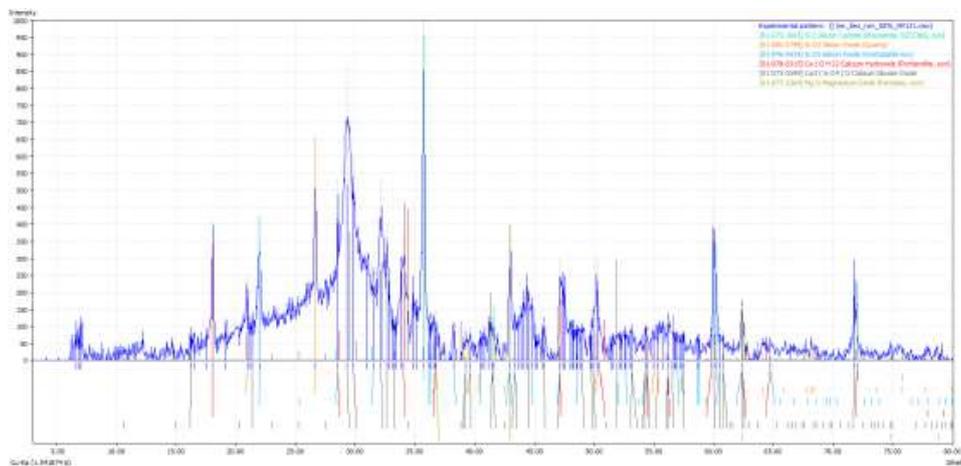
Nazoratga oid ko‘pik beton namunasi (qo‘shimchalarsiz) va 30 va 50% miqdorda mikrokremnezem qo‘shimchali, mikrokremnezem va «VESTA HPR 801» Superplastifikatoridan iborat kompleks qo‘shimchali ko‘pik beton namunalari uchun rentgen-fazali tahlil o‘tkazildi, uning natijalari 9-13 - rasmlarda va 3-jadvalda keltirilgan.



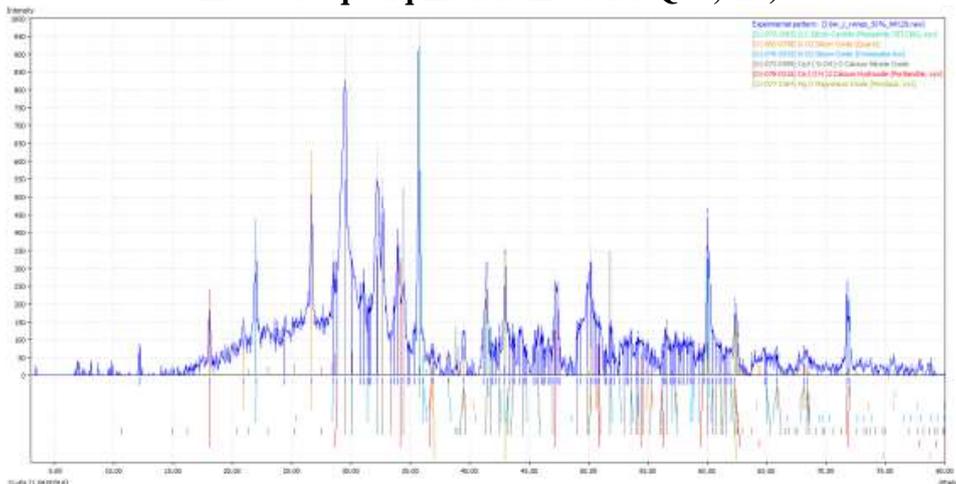
**9-rasm – Qo‘shimchalarsiz ko‘pik beton namunasining rentgenogrammasi (Suttard bo‘yicha ko‘pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri 25 sm va suv-sement nisbati S/S=0,5bo‘lganda)**



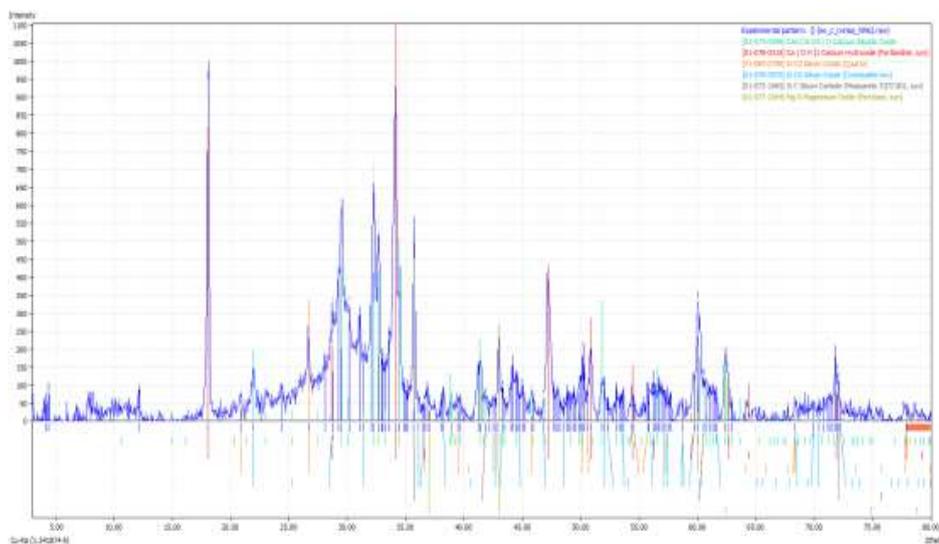
**10-rasm. Tarkibida mikrokremnezyom 30% miqdorda bo'lgan ko'pik beton namunasining rentgenogrammasi (Suttard bo'yicha ko'pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri 25 sm va suv-qattiq modda nisbati V/T=0,715)**



**11-rasm. Tarkibida mikrokremnezyom 50% miqdorda bo'lgan ko'pik beton namunasining rentgenogrammasi (Suttard bo'yicha ko'pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri 25 sm va suv-qattiq modda nisbati S/Q=0,816)**



**12-rasm. Tarkibida mikrokremnezyom 50% miqdorda va Superplastifikator «VESTA HPR 801» 1,3% miqdorda bo'lgan ko'pik beton namunasining rentgenogrammasi (Suttard bo'yicha ko'pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri 25 sm va suv-qattiq modda nisbati S/Q=0,42)**

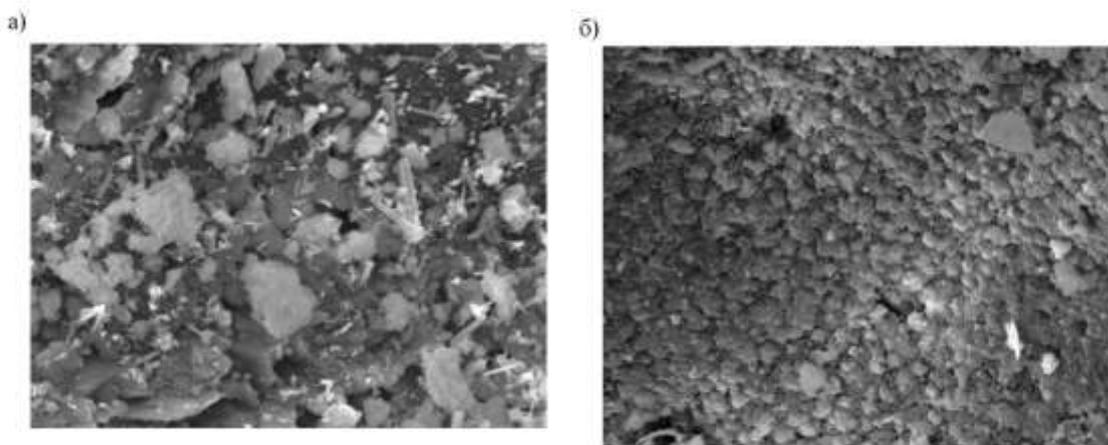


**13-rasm. Tarkibida mikrokremnezyom 30% miqdorda va Superplastifikator «VESTA HPR 801» 0,98% miqdorda bo'lgan ko'pik beton namunasining rentgenogrammasi (Suttard bo'yicha ko'pik beton qorishmasi yoyilmasining diametri 25 sm va suv-qattiq modda nisbati S/Q=0,42)**

**3-jadval  
Nazoratga oid ko'pik beton namunasi hamda Superplastifikator «VESTA HPR 801» va mikrokremnezyom kompleks qo'shimchali namunalarning rentgen-fazali tahlili natijalari**

Namuna nomi	Olingan birikmalar miqdori, %			
	3Ca3O·SiO2	Ca(OH)2	SiC	SiO2
Qo'shimchalarsiz – nazoratga oid (Suttard bo'yicha qorishma yoyilmasining diametri 25 sm)	29,81	60,31	-	-
50 % MK qo'shimchali (Suttard bo'yicha qorishma yoyilmasining diametri 25cm)	34,71	13,36	27,09	11,77
30 % MK va 1% «VESTA HPR 801» kompleks qo'shimchali (Suttard bo'yicha qorishma yoyilmasining diametri 25cm)	39,68	31,68	14,01	3,97
50 % MK va 1,3% «VESTA HPR 801» kompleks qo'shimchali (Suttard bo'yicha qorishma yoyilmasining diametri 25 sm)	41,17	9,49	26,24	8,79

Rentgen-fazali taxlil natijalariga ko'ra sementli bog'lovchi gidratatsiyasining chuqurlashgani isbotlab berildi. Kompleks qo'shimchali tarkiblarda amorf kremnezyom bilan reaksiyaga kirishib bog'langanligi sababli kaltsiy gidroksidining miqdori sezilarli darajada kamaygan. Ikkita namuna uchun nazoratga oid va tarkibida quruq kamponentlar massasiga nisbatan 50% miqdorda mikrokremnezyom va 1,3 % miqdorda superplastifikator «VESTA HPR 801» mavjud bo'lgan kompleks qo'shimchali namunalari uchun sement toshining strukturasi elektron-mikroskopik tadqiqotlari o'tkazildi. Ushbu tadqiqotlarning natijalari 14-rasmda keltirilgan.



**14-rasm. Sement toshining mikrostrukturasi**

**a) qo‘shimchasiz; b) 50 % mikrokremnezyom va 1,3 % superplastifikator «VESTA HPR 801» qo‘shimchali**

Tarkibga plastifikatorlarning kiritilishi gidratasiya mahsulotlarining morfologiyasini o‘zgartiradi. 14-rasmga muvofiq, plastifikatorlarning mavjudligida ettringitning ignasimon kristallari o‘rniga sharsimon shaklidagi zarrachalar hosil bo‘ladi. Ettringit kristallarining o‘shishi davrida plastifikator molekularining adsorbsiyasi ko‘proq eng ko‘p darajada sirtqi energiyaga ega bo‘lgan ularning yon tomon uchastkalarida sodir bo‘ladi, va shu tufayli ularning keyingi o‘shishiga to‘sqinlik qiladi. Alyuminatli strukturalarining plastifikatorlar tomonidan adsorbsion modifikatsiyalanishi natijasida 28 sutka davomida normal sharoitlarda qotgandan so‘ng S3A gidratatsiya mahsulotlarining nisbiy sirti yuzasi nazorat namunalarinikiga qiyoslanganda taxminan ikki marta oshadi. Sement toshi strukturasi elektron-mikroskopik tadqiqotlari yangi hosil bo‘lgan mahsulotlarning kristallari o‘lchamlarining kichrayishi va plastifikatsiya qilingan sement toshining bir birlik hajmida ularning soni ancha ortishini ko‘rsatdi, bu esa adsorbsion modifikatsiyalanishning oqibatlari tufayli sodir bo‘lganligidan dalolat beradi. Plastifikatorlarning dispergatsiyalovchi ta‘sirga ega bo‘lishi tufayli sement toshining yuqoriroq bir xillashgan mikrotuzilmasini hosil qiladi. Biroq sement qorishmasining tarkibiga ortiqcha miqdordagi Superplastifikatorni kiritganda uning sedimentatsiyasi sodir bo‘ladi va buning natijasida aksincha bir xillashmagan tuzilmali sement toshi hosil bo‘ladi. Mikrokremnezyom ham mikrostrukturaning modifikatsiyalanishiga o‘zining hissasini qo‘shadi. 14 b- rasmga muvofiq, uning tavsiflanishi nazorat namunalari bilan qiyoslaganda tarkibdagi suvning kamayganligi va gidratatsiya jarayonlarining chuqurlashganligi hisobiga ancha zichroq deb hisoblanishidadir.

**“Mustahkamligi yuqori issiqlik izolyatsiyalovchi ko‘pik betonning tarkibida «Vesta HPR 801» plastifikatorlari va mikrokremnezyomni kompleks qo‘llashning iqtisodiy samarasi”** da superplastifikator «VESTA HPR 801» ni tarkibga kiritishdan iqtisodiy samara 1m<sup>3</sup> avtoklav gaz-kul-beton bilan qiyoslanganda 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik beton tannarxini kamaytirishi hisobiga asoslab beriladi. 1 m<sup>3</sup> avtoklavsiz gazobetonning qiymati MChJ «EVROBETON» korxonasi uchun 460000 so‘mni tashkil etadi. «VESTA HPR 801»

Superplastifikatorini va yuqorida ko‘rib chiqilgan boshqa plastifikatorlarni tarkibga kiritish natijasida modifikatsiyalangan 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik betonlarning qiymati 4-jadvalda keltirilgan.

#### 4-jadval

#### Plastifikator qo‘shimchasi qo‘shilganli D500 marka 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik betonning qiymati

Material nomi	Qo‘shimchali «Relamiks-M»		Qo‘shimchali «VESTA HPR 801»		Qo‘shimchali «GLENIUM SKY 591»	
	1 m <sup>3</sup> penobeton sarfi, kg	Qiymat, sum	1 m <sup>3</sup> penobeton sarfi, kg	Qiymat, sum	1 m <sup>3</sup> penobeton sarfi, kg	Qiymat, sum
Sement	450	354735	450	354735	450	354735
Suv	189	426	189	426	189	426
Plastifikator	4	24080	2,6	23010	1,9	26554
Ko‘pik hosil qilgich	0,8	8128	0,5	5080	0,61	6197,6
Jami		387332		383251		387912,6

4-jadvaldan shularni ko‘rish mumkinki, nazorat tarkibi (qo‘shimchasiz) bilan qiyoslanganda, plastifikatorlar qo‘shilgan 500 kg/m<sup>3</sup> o‘rtacha zichlikdagi 1m<sup>3</sup> ko‘pik betonga sarflanadigan materiallarning qimmatlashishi quyidagi qiymatlarni tashkil etadi: «Relamiks-M» qo‘shimchasi bilan 6,6 % ga; «VESTA HPR 801» qo‘shimchasi bilan 6,1 % ga; «GLENIUM SKY 591» qo‘shimchasi bilan 7,3 % ga. Ammo 1 m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik betonga qilingan xarajatlar 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz gazobetonga qilingani (460000 so‘m) bilan qiyoslansa, iqtisodiy samara oydinlashadi va quyidagini tashkil etadi: «Relamiks-M» qo‘shimchali ko‘pik beton uchun 15,80 %; «VESTA HPR 801» qo‘shimchali ko‘pik beton uchun 16,68 %; «GLENIUM SKY 591» qo‘shimchali ko‘pik beton uchun 15,67 %.

Ko‘pik beton tarkibiga mikrokremnezem va «VESTA HPR 801» Superplastifikatori kiritishdan iqtisodiy samara 1m<sup>3</sup> avtoklav gaz-kul-beton bilan qiyoslanganda 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik beton tannarxini kamaytirishdan iborat. Mikrokremnezem va «VESTA HPR 801» Superplastifikatori qo‘shilgan 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik betonning qiymati 5- jadvalda keltirilgan.

Plastifikatorlarning dispergatsiyalovchi ta’sirga ega bo‘lishi tufayli sement toshining yuqoriroq bir xillashgan mikrotuzilmasini hosil qiladi. Biroq sement qorishmasining tarkibiga ortiqcha miqdordagi Superplastifikatorni kiritganda uning sedimentatsiyasi sodir bo‘ladi va buning natijasida aksincha bir xillashmagan tuzilmali sement toshi hosil bo‘ladi. Mikrokremnezyom ham mikrostrukturaning modifikatsiyalanishiga o‘zining hissasini qo‘shadi. 14 b- rasmga muvofiq, uning tavsiflanishi nazorat namunalari bilan qiyoslaganda tarkibdagi suvning kamayganligi va gidratatsiya jarayonlarining chuqurlashganligi hisobiga ancha zichroq deb hisoblanishidadir.

**Mikrokremnezyom va «VESTA HPR 801» superplastifikatori qo‘shilgan va qo‘shimchasiz D500 markali 1m<sup>3</sup> avtoklavsiz ko‘pik beton qiymati**

Materiallarning nomi	Qo‘shimchalarsiz		MK qo‘shilgan		MK va Superplastifikator qo‘shilgan	
	1 m <sup>3</sup> penobet onga sarf, kg(l)	Qiymat, so‘m	1 m <sup>3</sup> penobet onga sarf, kg(l)	Qiymat, so‘m	1 m <sup>3</sup> penobeto nga sarf, kg(l)	Qiymat, so‘m
Sement	450	354735	315	248314,5	225	177367,5
Mikrokremnezyom	-	-	135	43875	225	73125
Suv	229	515	321,8	724	189	426
Superplastifikator	-	-	-	-	5,8	5133
Ko‘pik hosil qilgich	0,8	8128	0,5	5080	0,61	6197,6
Jami		355250		297993,5		262249,1

### UMUMIY XULOSALAR

“Mahalliy xomashyo va materiallar asosidagi ekspluatatsion xossalari yaxshilangan kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko‘pik beton” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. Avtoklavsiz qotuvchi o‘rtacha zichligi 400 dan 500 kg/m<sup>3</sup> gacha va mustahkamligi 2,0 dan 2,5 MPa gacha bo‘lgan «VESTA HPR 801» Superplastifikatori va mikrokremnezyom bilan kompleks modifikatsiyalangan issiqlik izolyatsiyalovchi ko‘pik betonlarning tarkiblari va olish texnologiyasi ishlab chiqildi.

2. Mustahkamlikka oid tavsiflari oshirilgan avtoklavsiz qotuvchi issiqlik izolyatsiyalovchi ko‘pik beton olish uchun yuza-faol moddalarning (YuFM) tanlab olinishi nazariy jixatdan asoslab berildi. Aniqlanishicha, ko‘pik betonning tarkibiga «Penta Pav 430A» sintetik ko‘pik hosil qilgichini kiritish o‘zining ko‘pikning karraligi va turg‘unligi ko‘rsatkichlari bo‘yicha va «VESTA HPR 801» superplastifikatorini kiritish o‘zining suvga bo‘lgan talabni kamaytirish samarasi bo‘yicha maqsadga muvofiq hisoblanadi.

3. Tarkibida ko‘pik hosil qilgich va superplastifikatordan iborat ikki xil YuFM mavjud bo‘lgan sementli sistemaning yangi hosilalarining fazali tarkibi o‘rganildi. Rentgen-fazali tahlil natijalari shulardan dalolat beradiki, plastifikatsiyalovchi qo‘shimchalar qo‘shilganda sementning gidratatsiyasi jarayoni biroz sekinlashadi. Shu bilan birga plastifikatorlar bilan modifikatsiyalangan ko‘pik beton namunalari mustahkamligining ortishi gidratasiya mahsullari solishtirma sirtining o‘sishi, yangi hosil bo‘lgan kristallar o‘lchamining kamayishi va plastifikatsiyalangan sement toshining birlik hajmida yangi hosilalar sonining ortishi bilan tushuntiriladi.

4. Rentgen-fazali tahlil natijalariga ko'ra VESTA HPR 801» superplastifikatori va mikrokremnezyomdan iborat kompleks qo'shimchani ko'pik beton qorishmasi tarkibga kiritish bilan gidratasiya jarayonlarining chuqurlashishi tasdiqlanadi. Bundan amorf kremnezyom bilan bog'langanligi bois kaltsiy gidroksid miqdorining kamayishi dalolat berdi.

5. Eksperimental tadqiqotlar o'tkazish bilan shular aniqlandiki, nazorat namunalari bilan qiyoslanganda kompleks modifikatsiyalangan ko'pik beton namunalari mustahkamligining maksimal darajada ortishi 1,3 % superplastifikator «VESTA HPR 801» qo'shimchasi bilan 50% miqdorda mikrokremnezyom qo'shilganda kuzatiladi.

6. Aniqlanishicha, tarkibiga mikrokremnezyom bilan «VESTA HPR 801» superplastifikatorini kiritish sement toshining mikrostrukturasining o'zgarishiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi, aniqrog'i ko'pik betonning mikrostrukturasida tarkibidagi suvning kamayishi va gidratatsiya jarayonlarining chuqurlashishi hisobiga nazorat namunalari bilan qiyoslaganda ancha zichroq bo'ladi.

7. Nazoratga oid ko'pik betonning tarkibi bilan qiyoslanganda, mikrokremnezyom va «VESTA HPR 801» qo'shimchasi qo'shilgan  $500 \text{ kg/m}^3$  o'rtacha zichlikdagi  $1 \text{ m}^3$  ko'pik betonga sarflanadigan materiallarning qiymati quyidagicha kamayishi aniqlandi: mikrokremnezyom qo'shimchasi bilan 16,12 % (57256,5 so'm) ga; mikrokremnezyom va superplastifikator «VESTA HPR 801» qo'shimchasi bilan 26,18 % (93000,9 so'm) ga.

8. Ko'pik betonni ishlab chiqarishning xomashyo bazasi "O'zmetkombinat" AJning quruq holatdagi mikrokremnezyomini katta hajmlarda ishlatish hisobiga kengaytirildi. Bu esa o'z navbatida  $1 \text{ m}^3$  ko'pik betonning tannarxini 26,18 % (93000,9 so'm) ga sezilarli darajada kamaytirish imkoniyatlarini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/07.06.2024. Т.106.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФЕРГАНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ  
ИНСТИТУТЕ  
КАРАКАЛПАКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СУЛТАНОВА СЕВАРА ИЛЁС КИЗИ**

**КОМПЛЕКСНЫЙ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ  
ПЕНОБЕТОН С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ  
СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ**

**Специальность 05.09.05 - Строительные материалы и изделия**

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Фергана – 2025**

**Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2024.2.PhD/T4026.**

Диссертация выполнена в Каракалпакском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета ([www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz)) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

<b>Научной руководител:</b>	<b>Ильясов Алланазар Тореханович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Қосимов Иброхим Эркинович</b> доктор технических наук, профессор <b>Мирзажонов Маъмиржон Алимович</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Наманганский инженерно-строительный институт</b>

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 года в \_\_\_\_ часов на заседании Научного совета PhD.03/07.06.2024.T.106.06 при Ферганском политехническом институте по адресу: Ферганская.область, город Фергана, ул.Ферганская, дом 86. Тел./факс: (99873) 241–12–06/241–12–06, e–mail: [www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно–ресурсном центре Ферганского политехнического института (зарегистрирован за № 18933). (Адрес: г. Фергана, ул. Ферганская, 86. Тел./факс (99869) 234–15–23, e–mail: [ferpi\\_info@edu.uz](mailto:ferpi_info@edu.uz). Автореферат диссертации разослан “\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 года.  
(протокол реестра №\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 года).

**З.А.Юнусов**

Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук

**Ш.А.Умаров**

Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии технических наук, доцент

**С.Ф.Эргашев**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой строительной практике в последние годы все больше увеличивается использование энергосберегающих и энергоэффективных строительных материалов при возведении зданий и сооружений, в частности, широкое применение легких пористых бетонов в строительстве ограждающих конструкций зданий. В развитых странах, в том числе в Германии, Финляндии, Японии, США, Нидерландах, Южной Корее, Австрии, Польше, Китае, Российской Федерации, Чехии, Турции, особое внимание уделяется созданию новых видов пористых бетонов и совершенствованию технологий их производства, в частности, использованию местного природного и техногенного сырья для производства неавтоклавного пенобетона, а также разработке оборудования и модифицирующих добавок, используемых для повышения их качества.

В мире проводится множество научно-исследовательских работ, направленных на производство пористых бетонов на основе рационального использования промышленных отходов и обеспечение сейсмостойкости, прочности и надежности зданий и сооружений. При этом одной из важнейших и актуальных задач является проведение научных исследований, направленных на повышение долговечности, огнестойкости, морозостойкости, прочности, теплоизоляционных свойств пористых бетонов на основе промышленных отходов и повышение сейсмостойкости зданий, построенных из них, а также снижение стоимости стеновых материалов.

В нашей республике реализуются масштабные меры, направленные на модернизацию строительной отрасли, техническое и технологическое обновление, снижение энерго- и ресурсоемкости производства строительных материалов, а также широкое применение ресурсных и энергосберегающих технологий в строительной отрасли. В «Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» поставлены задачи «...за счет активного внедрения технологий «Зеленой экономики» во все отрасли к 2026 году принять меры по повышению энергоэффективности экономики на 20% и снижению количества вредных газов, выбрасываемых в атмосферу, на 20%...».<sup>2</sup> В реализации этих задач актуальными вопросами являются создание и совершенствование существующих технологий производства энергоэффективных и экологически чистых строительных материалов с заданными свойствами, разработка состава смесей на основе местного сырья.

Данное исследование в определенной мере служит реализации задач, указанных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистан № ПП-4198 “О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов” от 20 февраля 2019 года, № ПП-4335 “О дополнительных мерах по ускоренному развитию

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы” от 28 января 2022 года.

промышленности строительных материалов” от 23 мая 2019 года, № УП-6119 “Об утверждении Стратегии модернизации, ускоренного и инновационного развития строительной отрасли Республики Узбекистан на 2021-2025 годы” от 27 ноября 2020 года, а также в других нормативно-правовых документах по строительной промышленности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II – «Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Исследования по разработке технологии получения ячеистого бетона на основе отходов промышленных предприятий и улучшению их физико-механических свойств проводили многие ученые в мире, в том числе Ухова Т.А., Казаков Ю.Н., Вилежагин В.П., Пинскер В.А., Кондратьев В.В., Курнишев Р.А., Елистраткин М.Ю., Донченко О.М., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Журавлев И.С., Филатов А.Н., Новикс Ю., Моргун Л.В., Подлузский Е.Я., Соколовский Л.Б., Гончарик В.Н., Паплавскис Я.М., Федин А.А., Ахундов А.А., Воробьев Х.С., Горлов Ю.П., Волженский А.В., Дикун А.Д., Сахаров Г.П., Гладков Д.И., Данилов Б.П., Лаукайтис А., Меркин А.П., Граубер С.А., Сурбач М., Джонс М.Р., Кеарсли Э.П., Вирганская Н.О., Чернышов Е.М., Мысков В.В., Паус К.Ф., Курятников Ю.Ю., Колосова С.А., Земцова Т.С., Жукина Ю.В., Овчаренко Г.И., Кривенко П., Гладких К.В., Завадский В.Ф., Кара К.А. и другие. Эти известные ученые проводили научные исследования по разработке технологии получения ячеистых бетонов и в определенной степени достигли научных и практических результатов. В Республике Узбекистан ведущими отечественными учеными Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Илясов А.Т., Самигов Н.А., Касимов Э.К., Ходжаев С.А., Шипачева Э.В., Тохиров М.К., Гончарова Н.И., Мирзажонов М.А., Сой В.М., Абдуллаев И.Н., Сатторов З.М., Тўлаганов А.А., Ашрабов А.Б., Комилов Х.Х., Холмирзаев С.А., Хамидов А.И., Алиназаров А.Х., Газиев У.А., Рахимов Ш.Т., Шаумаров С.С., Рахимов Р.А., Аскарлов Б.А., Жалилов А.Т., Маматов Х.А., Тургунбаев У.Ж. и другими проводились научные исследования по изучению структуры и свойств ячеистых бетонов, улучшению их прочностных и эксплуатационных свойств, а также повышению энергоэффективности. Однако в проведенных ими исследованиях вопросы улучшения эксплуатационных свойств неавтоклавного пенобетона путем введения в его состав комплекса модифицирующих добавок из местного сырья изучены крайне мало.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках прикладного проекта №521 Т/2 Каракалпакского государственного университета на тему "Разработка технологии получения фибробетона на

основе базальтовых, металлических и стеклянных волокон, соответствующего стандартам и обладающего конструкцией сейсмической устойчивости" (2023-2024 гг.).

**Целью исследования** разработка составов и технологии получения теплоизоляционных пенобетонов неавтоклавного твердения с повышенными эксплуатационными показателями, путем комплексного применения местных модифицирующих добавок: суперпластификатора «VESTA HPR 801» и микрокремнезёма.

**Задачи исследования:**

- анализ и обобщение имеющегося опыта производства и практического использования теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона, модифицированного различными добавками;

- теоретическое обоснование выбора модифицирующих химических и минеральных добавок для получения теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами;

- разработка эффективных составов неавтоклавного пенобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами;

- определение взаимосвязи между показателями эксплуатационных свойств комплексно модифицированного пенобетона и количеством модифицирующих добавок;

- разработка технологии получения неавтоклавного пенобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами;

- внедрение разработанного нового состава комплексно модифицированного пенобетона в опытное производство и оценка его технико-экономической эффективности.

**Объектом исследования** комплексный модифицированный теплоизоляционный неавтоклавный пенобетон на основе местного сырья и материалов.

**Предметом исследования** состав, технология и свойства комплексно модифицированного теплоизоляционного пенобетона, получаемого на основе местного сырья и материалов.

**Методы исследования.** В исследованиях применялись стандартизированные методы определения эксплуатационных свойств теплоизоляционных пенобетонов, современные методы физико-химического анализа, математические методы проектирования и оптимизации состава композиционных строительных материалов, а также статистические методы обработки результатов исследований.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

- доказаны принципы выбора оптимизированного состава пенобетона теплоизоляционного неавтоклавного и принципы повышения эффективности производства теплоизоляционного пенобетона на основе включения местного поликарбонатного суперпластификатора «VESTA HPR 801» и микрокремнеземной добавки в оптимальных количествах при формировании его структуры;

- определен специфический механизм пластификации пенобетонной смеси с помощью поликарбоксилатного суперпластификатора "VESTA HPR 801";

- установлено, что в результате введения поликарбоксилатного суперпластификатора «VESTA HPR 801» и оптимальных доз микрокремнезема в пенобетонную смесь теплоизоляционного неавтоклавного, формируется синергетический эффект, приводящий к улучшению эксплуатационных свойств пенобетона;

- разработаны математические модели показателей прочности на сжатие, средней плотности и теплопроводности комплексного модифицированного теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в зависимости от рецептурно-технологических факторов этого композиционного материала.

**Практические результаты** исследования заключаются в следующем:

- разработаны эффективные составы теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона средней плотностью от 400 до 500 кг/м<sup>3</sup> с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе местных модифицирующих добавок;

- за счет предусмотренного использования промышленных отходов – микрокремнезема, образующихся в больших объёмах на предприятии ОАО "Узметкомбинат", значительно расширена местная сырьевая база производства теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования проводилась с использованием современных средств и стандартных методов. Эксперименты проводились в соответствии с требованиями нормативных документов, результаты теоретических и экспериментальных исследований были согласованы и внедрены на практике.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования объясняется выявлением синергетического эффекта, возникающего в результате совместного введения оптимальных доз модифицирующих добавок, состоящих из поликарбоксилатного суперпластификатора "VESTA HPR 801" и микрокремнезема, в состав теплоизоляционного неавтоклавного пенобетонного раствора, что приводит к улучшению эксплуатационных свойств пенобетона.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке эффективных составов теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами со средней плотностью от 400 до 500 кг/м<sup>3</sup> с местными добавками: поликарбоксилатным суперпластификатором "VESTA HPR 801" и комплексно модифицированным микрокремнеземом. Также значимость обосновывается значительным расширением местной сырьевой базы для производства теплоизоляционного неавтоклавного пенобетона в республике.

**Внедрение результатов исследований.** На основе внедрения результатов исследования в практику и научных результатов, полученных при исследовании состава и технологии комплексного модифицированного теплоизоляционного пенобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе местного сырья и материалов:

Полученные составы теплоизоляционного пенобетона внедрены в производство на предприятии ООО "EVROBETON," специализирующемся на производстве строительных материалов (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Каракалпакстан от 1 ноября 2024 года № 03-07/01-3325). В результате, наряду с повышением прочности пенобетона, создана возможность экономии расхода цементного вяжущего на 50%. При этом ожидаемый экономический эффект составляет в среднем 93000,9 сумов на 1 м<sup>3</sup> пенобетона и 348,753 млн. сумов в год.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были апробированы на 2 международных и 2 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 18 научных работ, из них 6 научных статей, в зарубежных журналах, в том числе 4 на базе SCOPUS, 4 в республиканских научных журналах, рекомендованных ВАК РУз. Кроме того, получено 1 свидетельство на компьютерные вычислительные программы.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы. Общий объем диссертации составляет 143 страницы, основная часть состоит из 115 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность выполнения диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи, объект и предмет исследования. Представлена информация о соответствии приоритетным направлениям развития науки и техники в Республики Узбекистан, отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследований в производство, структура и объем диссертаций, а также перечень опубликованных научных работ.

В первой главе диссертации, "**Степень изученности проблемы**", рассмотрены результаты применения микрокремнезема в сфере строительной индустрии, а именно: получение высокопрочных бетонов (с прочностью на сжатие до 100 МПа, а при автоклавной обработке - до 240 МПа), физические и химические процессы, протекающие в них, методы устранения водопоглощения и разработанные рекомендательные меры по устранению недостатков, а также представлен аналитический обзор статей и данных, опубликованных в технической литературе. В результате анализа рассмотренных факторов установлено, что добавление микрокремнезема

повышает водонепроницаемость до 50% (состав бетона марки по водонепроницаемости W16, содержащего до 20% добавки микрокремнезема по отношению к массе цемента), сульфатостойкость до 100%, а при добавлении 6% микрокремнезема в состав бетона с водоцементным отношением В/Ц=0,45 достигается марка по морозостойкости F300. Выявлено, что проблемы разработки составов таких бетонов мало изучены. Показано, что в ранние сроки можно получить бетон с высокой прочностью (прочность на сжатие составляет 63 МПа через сутки, 124 МПа через 28 суток, 127 МПа через 1 год). С учетом вышеизложенных предположений сформулирована основная цель диссертации, а именно: разработка состава и технологии смеси с добавлением микрокремнезема в состав бетона для повышения его прочности на сжатие, морозостойкости, прочности сцепления, износостойкости и снижения теплопроводности.

На основе анализа результатов ранее выполненных исследований определены цели и задачи и сформулирована рабочая гипотеза диссертационных исследований.

**Рабочая гипотеза.** Учитывая наличие активных реакционноспособных центров кислотно-основной природы на поверхности микрокремнезёма, а также высокую водоредуцирующую способность суперпластификатора на основе поликарбоксилатов, представляется возможным путем их комплексного применения в различных дозировках на стадии приготовления пенобетонной смеси осуществлять направленное структурообразование композита и получить пенобетонные изделия с требуемыми показателями свойств

Во второй главе диссертации, "**Методы исследования и свойства используемых материалов**", приведены технические показатели, химические, физические, физико-механические свойства исходного сырья и материалов, а также подробно описаны разработка составов теплоизоляционных неавтоклавных пенобетонных композиций, модифицированных пластифицирующими химическими добавками и микрокремнеземом, а также их основные физико-механические и эксплуатационные свойства.

В экспериментальных исследованиях при приготовлении теплоизоляционных пенобетонных смесей использовались следующие исходные материалы:

В качестве вяжущего использовали цемент марки ЦЭМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2020 Ахангаранского цементного завода, в качестве мелкого наполнителя в составе пенобетона использовали сухой микрокремнезем марки МК-85 ТУ 5743-048-02495332-96, АО "Узметкомбинат." Плотность тканей микрокремнезема 600 кг/м<sup>3</sup>, в качестве химической добавки в составе пенобетона в качестве пенообразователей использовали пенообразователи на основе силиконов "Пента Пав 430А," синтетические пенообразователи "Биофоам С," "Макспен" и протеиновые пенообразователи "Омпор," "Биофоам В."

Комплексная добавка в виде сухого порошка в качестве пластифицирующих добавок (нафталинформальдегидный суперпластификатор+ускоритель твердения) "Реламикс-М," Суперпластификатор на основе поликарбоксилатов "VESTA HPR 801" в виде жидкости с плотностью 1,09 г/см<sup>3</sup>, Суперпластификатор на основе эфира поликарбоксилата "GLENIUM SKY 591" в виде жидкости с плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup> позволяют определить пластификаторы в цементном растворе.

Третья глава диссертации, "**Выбор добавок, применяемых в составе теплоизоляционного пенобетона**": проанализированы основные характеристики поверхностно-активных веществ, рассмотрена возможность применения пластификаторов нового поколения в теплоизоляционных пенобетонах, выведена закономерность, позволяющая определить прочность пенобетона на сжатие исходя из прочности его матрицы.

С целью определения пенообразователя, обеспечивающего наилучшие качественные показатели и оказывающего наименьшее деструктивное воздействие на цементную систему, для каждого пенообразователя были определены следующие характеристики: кратность пены, стабильность во времени, коэффициент использования пены при различных концентрациях их водного раствора, подвижность цементного теста с различным процентным содержанием этих пенообразователей, сроки схватывания (начало и конец), прочность цементного камня.

Наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ) снижает прочность матрицы, но в присутствии белкового пенообразователя этот эффект проявляется в меньшей степени, поскольку, по мнению Л.Л. Нестеровой, И.Г. Лугининой и Л.Д. Шаховой, при гидратации цемента с синтетическим пенообразователем по сравнению с белковым пенообразователем образуется большее количество новых соединений. По таким технологическим показателям, как подвижность раствора и сроки схватывания, цементное тесто менее чувствительно к белковому пенообразователю, чем к синтетическому. Однако для дальнейших исследований был выбран синтетический пенообразователь "Penta Rav 430A," так как кратность пенообразования должна быть не менее 10. Причина этого заключается, во-первых, в том, что чем выше кратность, тем меньшее количество требуется для изготовления пенобетона необходимой марки средней плотности. В результате негативное влияние пенообразователя на гидратацию связующего вещества также будет меньше. Во-вторых, при одинаковом водоцементном отношении, при использовании синтетического пенообразователя в растворе (цемент+вода) содержится больше воды, а при использовании белкового пенообразователя больше воды расходуется на приготовление пены. Водоцементное отношение требует детального подхода с учетом характеристик пенообразователя. Известно, что избыточное количество воды в растворной смеси впоследствии оказывает отрицательное влияние на прочность вспененного цементного камня.

Суперпластификатор "MC-Power-Flow-3100" на основе поликарбоксилатов показал наилучшее водоредуцирующее действие при добавлении небольшого количества в цементное тесто. Установлено, что пластификаторы оказывают отрицательное влияние на коэффициент использования пены (Суперпластификатор "GLENIUM SKY 591" обладает свойством "гасить пену"). Это необходимо учитывать при подборе состава бетона с добавлением пластификатора.

Добавление пластификаторов в смесь раствора приводит к изменению количества связанной воды в сольватной оболочке цементных частиц. В результате адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхности твердой фазы количество воды в сольватной оболочке уменьшается, а количество свободной воды увеличивается. Это улучшает реологические свойства смеси, однако процессы структурообразования и затвердевания цемента несколько замедляются.

Согласно рисунку 1, метод определения процентного содержания пластифицирующих добавок в пенобетоне основан на определении подвижности растворной смеси. Эта подвижность определяется с помощью вискозиметра Суттарда в соответствии с ГОСТ 23789.

В результате были получены следующие уравнения регрессии с нормированными переменными для пенобетона на цементной основе.

По результатам испытаний было получено уравнение регрессии для цементного раствора с нормированными переменными с добавлением Суперпластификатора "VESTA HPR 801":

$$Y=29,74+6,85X_1+10,7X_2+1,15X_1X_2+0,93X_1^2+1,92X_2^2, (1)$$

Для смеси, содержащей суперпластификатор "Реламикс-М" и ускоритель твердения:

$$Y=29,31+8,331X_1+13,56X_2+1,33X_1X_2+1,69X_1^2+3,11X_2^2, (2)$$

для гиперпластифицирующей смеси "GLENIUM SKY 591":

$$Y=25,27+7,11X_1+11,4X_2+0,08X_1X_2+0,13X_1^2+3,78X_2^2, (3)$$

где Y - диаметр смеси раствора по вискозиметру Суттарда, см; X1 - водоцементное отношение; X2 - количество пластифицирующих добавок в %.

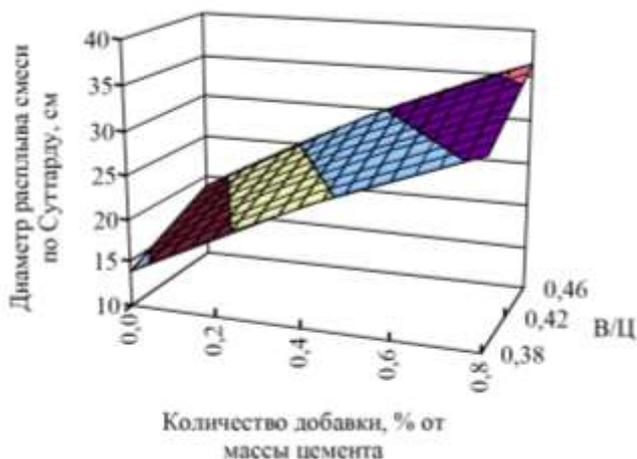


Рис. 1. Подвижность цементного

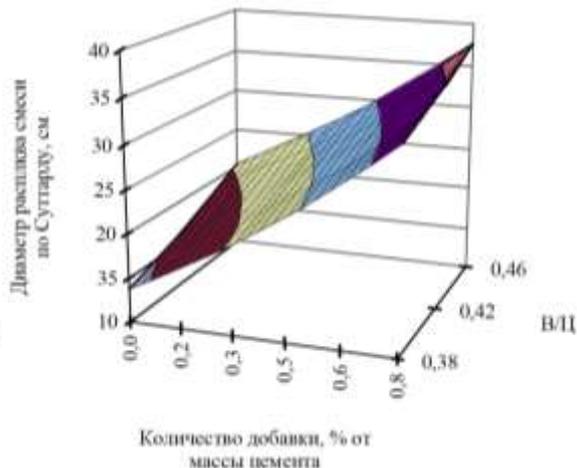
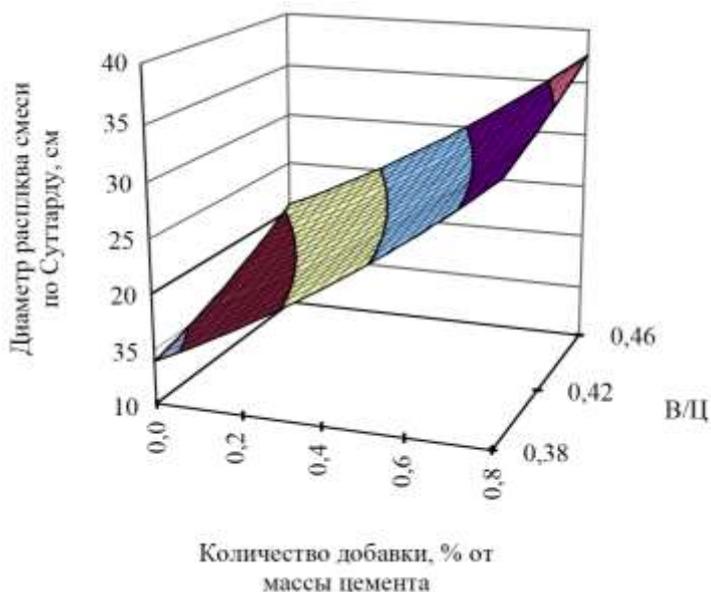


Рис. 2. Подвижность цементного

раствора в зависимости от количества Суперпластификатора "VESTA HPR 801" в зависимости от водоцементного отношения и количества суперпластификатора "Реламикс-М"



**Рис. 3. Подвижность цементного раствора в зависимости от водоцементного отношения и количества Суперпластификатора "GLENIUM SKY 591"**

По диаметру расплыва по Суттарду и водоцементному отношению (В/Ц) определяется процентное содержание пластифицирующей добавки, которое можно использовать при расчете состава пенобетона со средней плотностью от 400 до 500 кг/м<sup>3</sup>.

С целью определения влияния количества пластификаторов на физико-механические (средняя плотность, влажность, прочность при сжатии) и теплотехнические (теплопроводность) свойства пенобетона был проведен ряд экспериментов. При помощи пенообразователя "Penta PAV 430A" были изготовлены образцы пенобетона с соотношением вода-цемент 0,38, 0,42 и 0,46. Пластификатор добавляли в таком количестве, что распределение исходной смеси по Суттарду составило 20, 25, 30 сантиметров.

Применение пластифицирующих добавок "Реламикс-М" и "GLENIUM SKY 591" приводит к снижению подвижности раствора по сравнению со стандартной подвижностью согласно СН 277-80. Это необходимо учитывать при расчете состава пенобетона. При применении суперпластификатора и ускорителя твердения "Реламикс-М," а также Суперпластификатора "VESTA HPR 801" наибольшее увеличение прочности образцов пенобетона наблюдается при соотношении В/Ц 0,42, а при применении Суперпластификатора "GLENIUM SKY 591" - при соотношении Ц/В 0,38.

Проведен рентгенофазовый анализ контрольного образца пенобетона (без пластификаторов) и образцов с пластифицирующими добавками. Результаты анализа включены в таблицу 1.

Таблица 1.

**Результаты рентгенофазового анализа контрольных образцов пенобетона и образцов с пластифицирующими добавками**

Наименование образца	Количество полученных соединений, %	
	3CaO·SiO <sub>2</sub>	Ca (OH) <sub>2</sub>
Без добавок - контрольный (диаметр расплыва по Сутгарду растворной смеси 25 см)	29,81	60,31
С добавлением суперпластификатора "Реламикс-М" (диаметр распространения смеси по Сутгарду 25 см)	31,06	49,70
Добавлен Суперпластификатор "GLENIUM SKY 591" (диаметр распространения смеси по Сутгарду 25 см)	35,46	56,17
Добавлен Суперпластификатор "VESTA HPR 801" (диаметр распространения смеси по Сутгарду 25 см)	43,18	47,98

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что при добавлении пластифицирующих добавок процесс гидратации цемента несколько замедляется. Согласно рис. 4, увеличение прочности пенобетонных образцов, модифицированных пластификаторами, объясняется увеличением удельной поверхности продуктов гидратации, уменьшением размеров вновь образованных кристаллов и увеличением количества новых свойств в единице объема пластифицированного цементного камня.

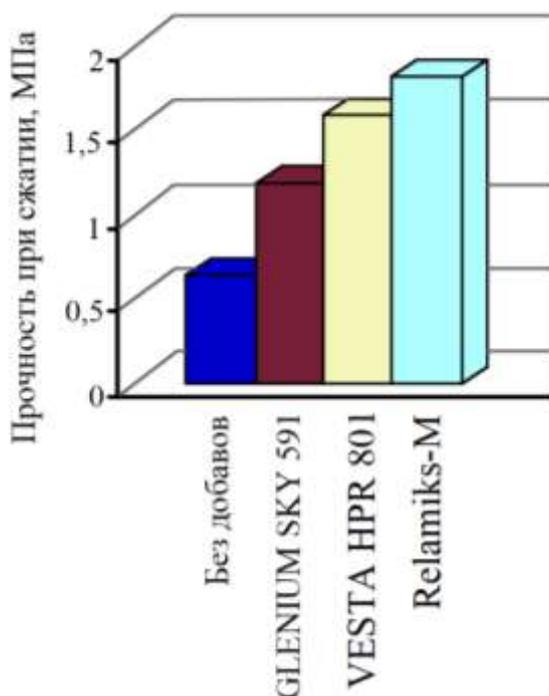
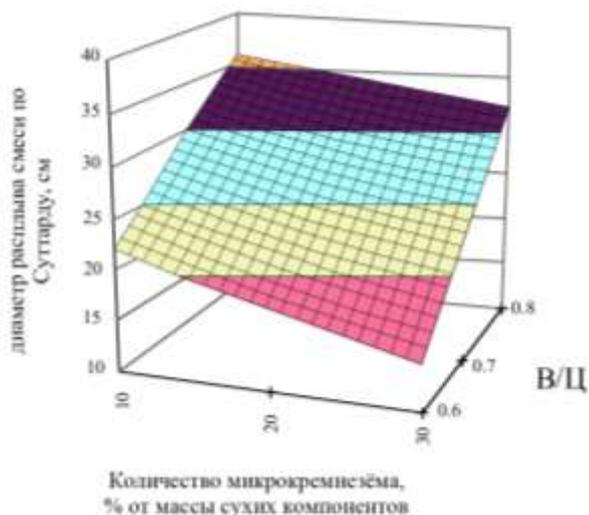


Рис. 4. Прочность на сжатие пенобетонных образцов без добавок и с пластифицирующими добавками

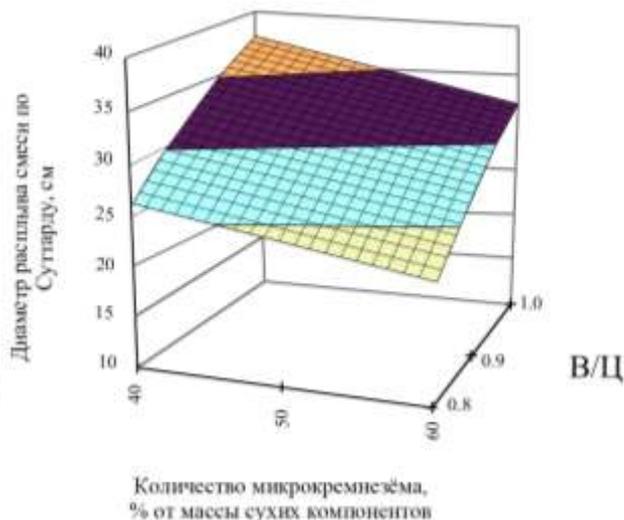
В четвертой главе диссертации **"Влияние комплексного применения микрокремнезема и пластификатора в составе теплоизоляционного пенобетона на характеристики пенобетона"** определена возможность применения микрокремнезема в теплоизоляционных пенобетонах и

установлено его влияние на физико-механические и теплотехнические свойства пенобетона при совместном использовании с Суперпластификатором "VESTA HPR 801."

Согласно рисункам 5 и 6, подход к определению содержания микрокремнезема и пластификатора "VESTA HPR 801" в пенобетоне основан на определении подвижности смеси, которая устанавливается с помощью вискозиметра Суттарда по стандартной методике.



**Рисунок 5.** - Изменение подвижности пенобетонной смеси в зависимости от количества микрокремнезема (от 10% до 30%) и водотвердого отношения (от 0,6 до 0,8)



**Рис. 6.** - Зависимость подвижности смеси от количества микрокремнезема (от 40% до 60%) и водо-твердого соотношения (от 0,8 до 1,0)

Получены следующие уравнения нормированной переменной регрессии для пенобетона на основе цемента и микрокремнезема.

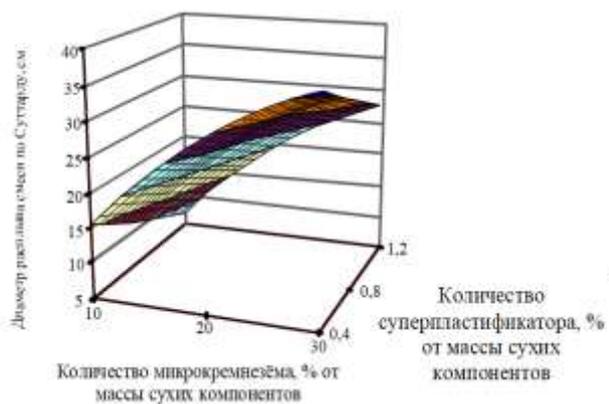
По результатам испытаний получено уравнение регрессии с нормирующими переменными для растворной смеси с добавкой микрокремнезема от 10 до 30% и водоцементным отношением от 0,6 до 0,8:

$$Y=26,04+7,83X_1 - 2,83X_2 +0,81X_1X_2 - 0,41X_1^2+0,59X_2^2, (4)$$

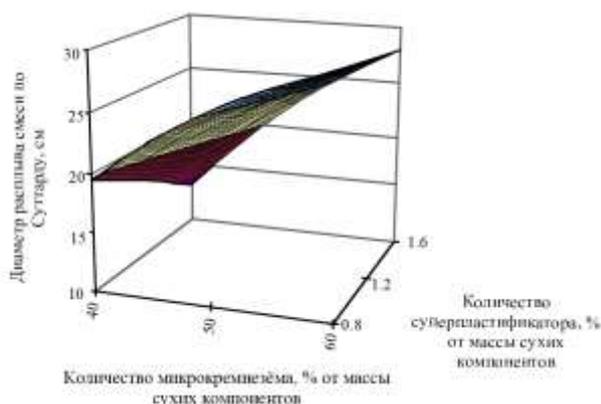
По результатам лабораторных испытаний для пенно-бетонной смеси с добавкой микрокремнезема от 40 до 60% и соотношением водно-твердого вещества В/Т =0,8-1,0 получено следующее уравнение регрессии относительно нормированных переменных:

$$Y=30,51+5,51X_1 - 2,47X_2 - 0,3X_1X_2 - 0,97X_1^2 +0,059X_2^2 (5)$$

где Y - диаметр расплава пенобетонной смеси по Суттарду, см; X1 - соотношение воды и твердого вещества; X2 - содержание микрокремнезема в составе, %.



**Рис. 7. Подвижность пенобетонной смеси по отношению к содержанию микрокремнезема (от 10% до 30%) и Суперпластификатора VESTA HPR 801 (от 0,4% до 1,2%) при соотношении водно-твердого вещества В/Т=0,38**



**Рис. 8. Подвижность пенобетонной смеси по отношению к содержанию микрокремнезема (от 40% до 60%) и Суперпластификатора VESTA HPR 801 (от 0,8% до 1,6%) при соотношении водно-твердого вещества В/Т=0,42**

Подвижность пенобетонной смеси уменьшается с увеличением количества микрокремнезема. Соответственно, для обеспечения необходимой подвижности смеси согласно СН 277-80 приходится увеличивать водо-твердое соотношение. Это впоследствии повышает влажность готового пенобетона. В связи с этим целесообразно использовать микрокремнезем совместно с пластифицирующей добавкой, которая снижает водо-твердое соотношение растворной смеси и влажность готового пенобетона.

Получены следующие уравнения регрессии нормированных переменных для цемента на основе Суперпластификатора "VESTA HPR 801" и пенобетона на основе микрокремнезема.

По результатам лабораторных испытаний получено следующее уравнение регрессии относительно нормированных переменных для пенобетонной смеси с добавкой от 10% до 30% микрокремнезема и соотношением водно-твердого вещества В/Т = 0,42:

$$Y=25,62213-5,28185X_1+9,730608X_2+0,125X_1X_2+0,49088X_1^2-1,15912X_2^2, \quad (6)$$

где Y - диаметр расплыва пенобетонной смеси по Суттарду, см; X1 - количество микрокремнезема, %; X2 - содержание Суперпластификатора "VESTA HPR 801," %.

По результатам лабораторных испытаний получено следующее уравнение регрессии относительно нормированных переменных для пенобетонной смеси с добавлением от 40% до 60% микрокремнезема, с добавлением от 0,8% до 1,6% Суперпластификатора "VESTA HPR 801" и соотношением воды к твердому веществу В/Т = 0,42:

$$Y=24,1-1,88X_1+6,082X_2+1,125X_1X_2-0,18X_1^2-1,38X_2^2, \quad (7)$$

где  $Y$  - диаметр расплыва пенобетонной смеси по Суттарду, см;  $X_1$  - количество микрокремнезема, %;  $X_2$  - содержание Суперпластификатора "VESTA HPR 801," %.

Уравнение (7) достаточно точно описывает эксперимент в диапазоне  $X_1$  от 10 до 30 процентов и  $X_2$  от 0,4 до 1,2, а уравнение (8) корректно характеризует эксперимент в диапазоне  $X_1$  от 40 до 60 процентов и  $X_2$  от 0,8 до 1,6.

Для определения возможности использования сухого микрокремнезема АО "Узметкомбинат" при производстве пенобетона, а также влияния комплексной добавки, состоящей из данного микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801," на прочность пенобетона при сжатии, влажность и теплопроводность была проведена серия экспериментов. При изготовлении образцов пенобетона использовался пенообразователь Пента ПАВ 430А. Согласно результатам вышеупомянутых исследований, введение до 30% микрокремнезема в состав пенобетона увеличивает его прочность до 40%. В ходе экспериментов количество микрокремнезема в составе пенобетона варьировалось в диапазоне от 10% до 60%. В экспериментах количество микрокремнезема в составе пенобетона варьировалось в диапазоне от 10% до 60%.

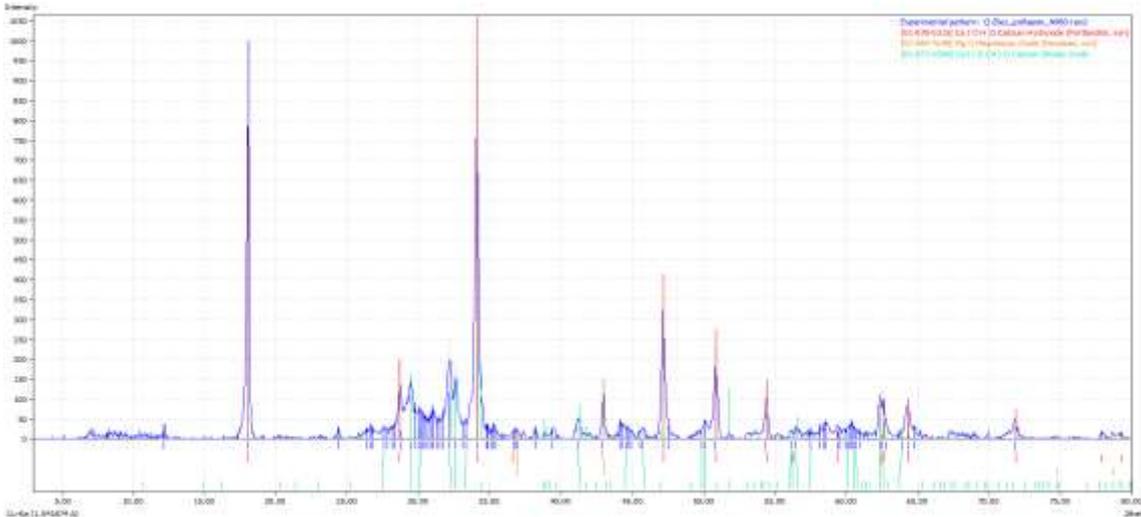
Результаты последующих экспериментальных исследований по определению влияния количества микрокремнезема (до 60% от массы твердых компонентов) на влажность, прочность при сжатии и теплопроводность в сухом состоянии представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

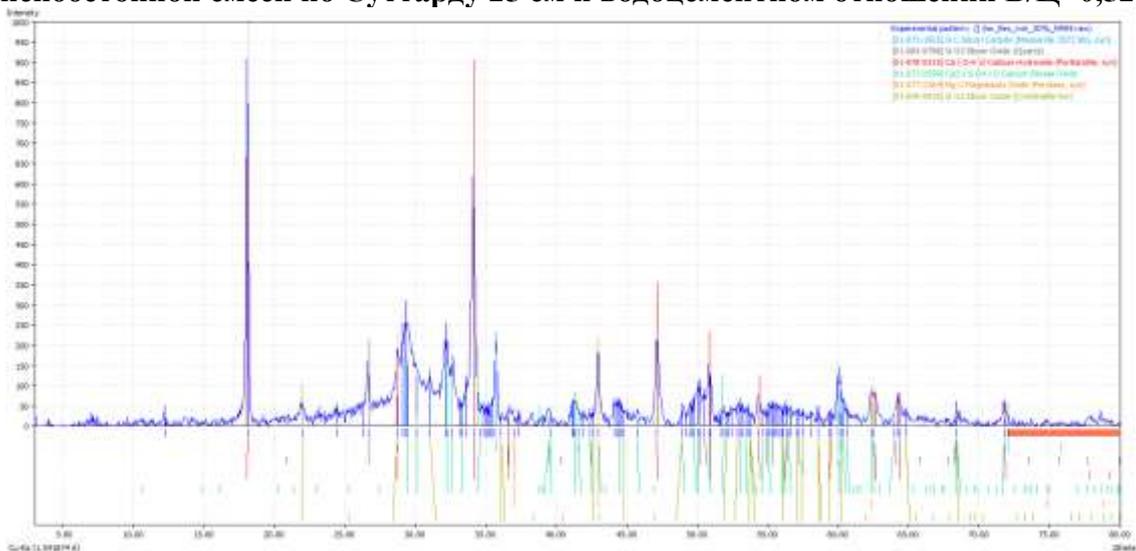
Физико-механические характеристики пенобетона с добавлением микрокремнезема в количестве от 0 до 60% и комплексным введением микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801"

Количество микрокремнезема, %	Без Суперпластификатор				Суперпластификаторный			
	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·°C)	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·°C)
0	440	29,0	0,64	0,106	450	19,5	1,19	0,096
10	450	33,5	1,53	0,088	440	16,4	1,55	0,105
20	450	38,3	1,98	0,120	450	24,1	1,47	0,110
30	450	41,1	2,08	0,120	440	25,0	1,73	0,106
40	440	40,8	1,42	0,105	450	14,5	1,39	0,086
50	450	46,8	1,32	0,107	450	16,3	2,61	0,123
60	450	50,4	1,06	0,119	450	15,3	2,52	0,112

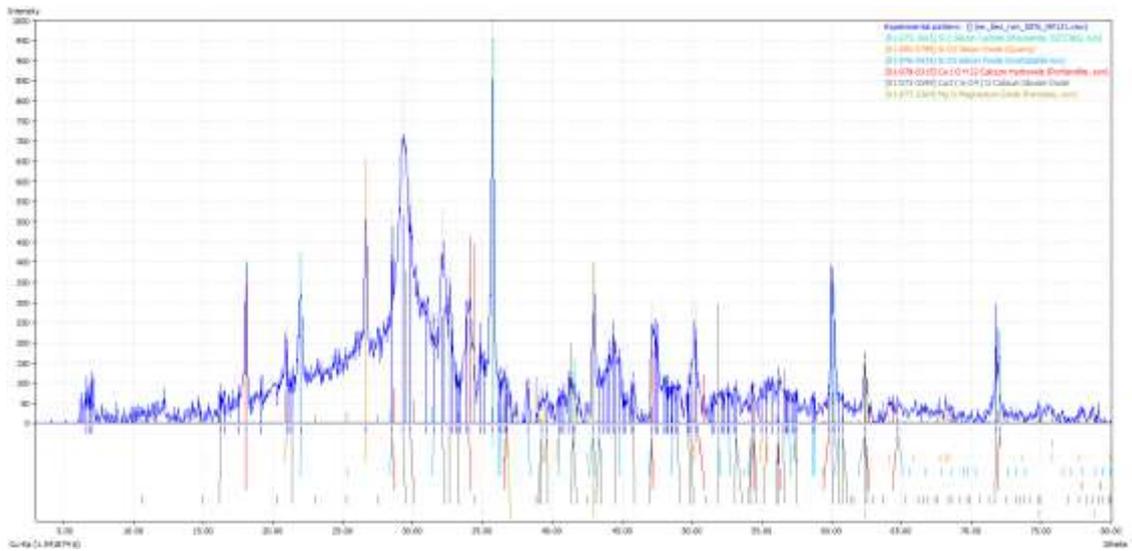
Для контрольного образца пенобетона (без добавок) и образцов пенобетона с комплексной добавкой, состоящей из микрокремнезема в количестве 30 и 50%, а также Суперпластификатора "VESTA HPR 801," был проведен рентгенофазовый анализ, результаты которого представлены на рисунках 9-13 и в таблице 3.



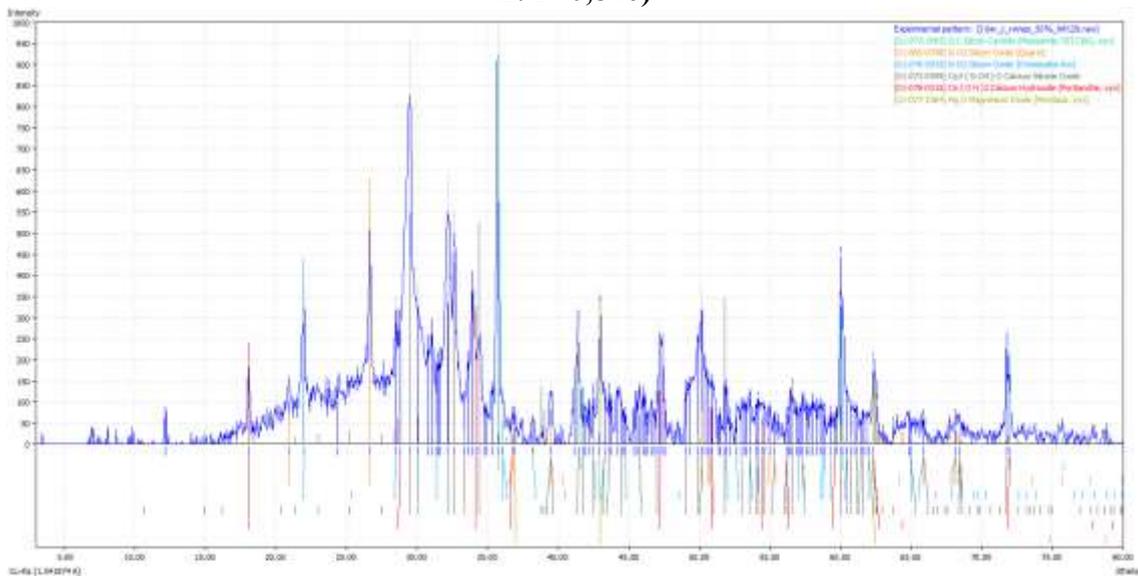
**Рис. 9. - Рентгенограмма пенобетонного образца без добавок (при диаметре расплыва пенобетонной смеси по Суттарду 25 см и водоцементном отношении В/Ц=0,52)**



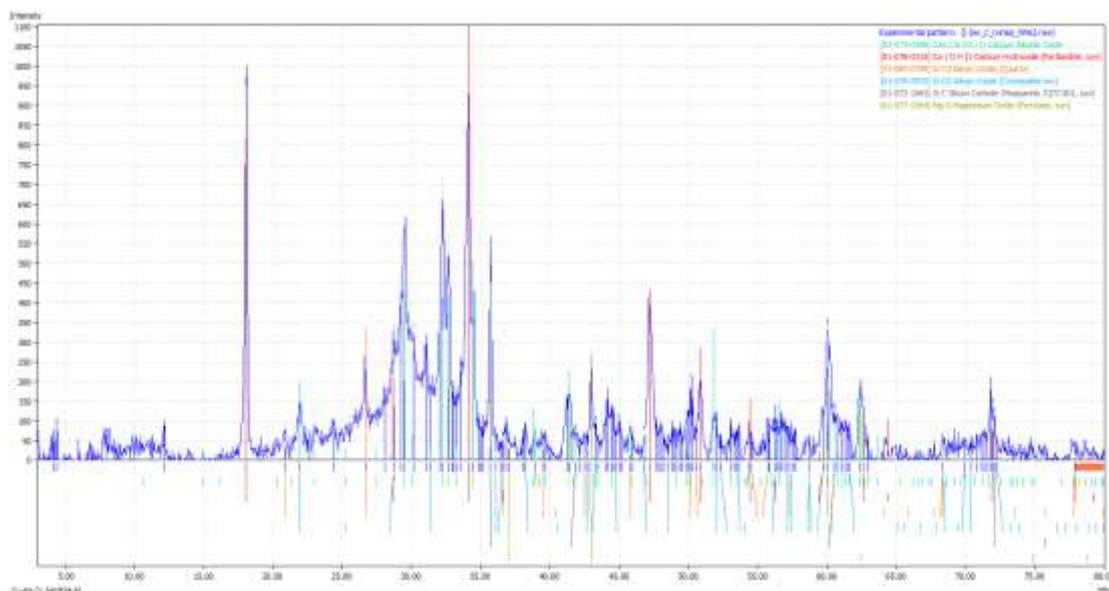
**Рис. 10. Рентгенограмма образца пенобетона с содержанием микрокремнезема 30% (диаметр расплыва пенобетонной смеси по Суттарду 25 см и водотвердое отношение В/Т=0,715)**



**Рис. 11. Рентгенограмма образца пенобетона, содержащего 50% микрокремнезема (диаметр распыла пенобетонной смеси по Суттарду 25 см и водотвердое отношение В/Т=0,816)**



**Рис. 12. Рентгенограмма образца пенобетона, содержащего 50% микрокремнезема и 1,3% Суперпластификатора "VESTA HPR 801" (диаметр распыла пенобетонной смеси по Суттарду 25 см и водо-твердое отношение В/Т=0,42)**



**Рис. 13. Рентгенограмма образца пенобетона, содержащего 30% микрокремнезёма и 0,98% Суперпластификатора "VESTA HPR 801" (диаметр расплыва пенобетонной смеси по Суттарду 25 см и водотвердое отношение В/Т=0,42)**

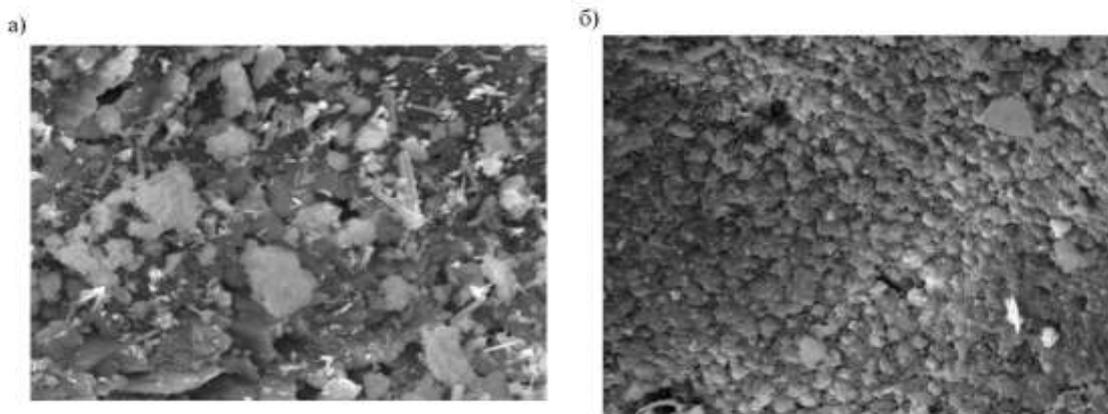
**Таблица 3**

Результаты рентгенофазового анализа контрольного образца пенобетона и образцов с Суперпластификатором "VESTA HPR 801" и комплексной добавкой микрокремнезема

Наименование образца	Количество полученных соединений, %			
	3Ca3O·SiO2	Ca(OH)2	SiC	SiO2
Без добавок - контрольные (диаметр расплыва раствора по Суттарду 25 см)	29,81	60,31	-	-
50% МК с добавкой (диаметр расплыва по Суттарду 25 см)	34,71	13,36	27,09	11,77
30% МК и 1% комплексной добавки "VESTA HPR 801" (диаметр растекаемости раствора по Суттарду 25 см)	39,68	31,68	14,01	3,97
50% МК и 1,3% "VESTA HPR 801" с комплексной добавкой (диаметр раствора по Суттарду 25 см)	41,17	9,49	26,24	8,79

По результатам рентгенофазового анализа было доказано углубление гидратации цементного вяжущего. В составах с комплексными добавками содержание гидроксида кальция заметно снизилось вследствие его взаимодействия с аморфным кремнеземом.

Для двух образцов - контрольного и содержащего комплексную добавку в количестве 50% микрокремнезема и 1,3% Суперпластификатора "VESTA HPR 801" по отношению к массе сухих компонентов, были проведены электронно-микроскопические исследования структуры цементного камня. Результаты этих исследований представлены на рисунке 14.



**Рис. 14. Микроструктура цементного камня**  
**а) без добавки; б) с добавкой 50% микрокремнезема и 1,3% Суперпластификатора "VESTA HPR 801"**

Введение в состав пластификаторов изменяет морфологию продуктов гидратации. Согласно рис. 14, в присутствии пластификаторов вместо игольчатых кристаллов этtringита образуются частицы шарообразной формы. В период роста кристаллов этtringита адсорбция молекул пластификатора происходит преимущественно на их боковых участках, обладающих наибольшей поверхностной энергией, что препятствует их дальнейшему росту.

В результате адсорбционной модификации алюминатных структур пластификаторами после твердения в нормальных условиях в течение 28 суток относительная поверхность продуктов гидратации СЗА увеличивается примерно в два раза по сравнению с контрольными образцами. Электронно-микроскопические исследования структуры цементного камня показали уменьшение размеров кристаллов новообразованных продуктов и значительное увеличение их количества в единице объема пластифицированного цементного камня, что свидетельствует о последствиях адсорбционной модификации. Благодаря диспергирующему действию пластификаторов образуется более однородная микроструктура цементного камня. Однако при введении избыточного количества Суперпластификатора в состав цементного раствора происходит его седиментация, в результате чего образуется цементный камень с неоднородной структурой.

Микрокремнезем также вносит свой вклад в модификацию микроструктуры. Согласно рис. 14, б, его характеристика считается более плотной по сравнению с контрольными образцами за счет уменьшения содержания воды в составе и углубления процессов гидратации.

**В пятой главе диссертации "Экономический эффект от комплексного применения пластификаторов "Vesta HPR 801" и микрокремнезема в составе высокопрочного теплоизоляционного пенобетона" экономический эффект от введения Суперпластификатора "VESTA HPR 801" обосновывается снижением себестоимости 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона по сравнению с 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного**

газозобетона. Стоимость 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного газобетона для предприятия ООО "ЕВРОБЕТОН" составляет 460000 сумов. Стоимость 1 м<sup>3</sup> неавтоклавных пенобетонов, модифицированных в результате введения в состав Суперпластификатора "VESTA HPR 801" и других рассмотренных выше пластификаторов, приведена в таблице 5.1.

**Таблица 4.**

Стоимость 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона марки D500 с добавкой пластификатора

Наименование материала	С добавкой "Реламикс-М"		С добавкой «VESTA HPR 801»		С добавкой «GLENIUM SKY 591»	
	Расход пенобетона на 1 м <sup>3</sup> , кг	Стоимость, сум	Расход пенобетона на 1 м <sup>3</sup> , кг	Стоимость, сум	Расход пенобетона на 1 м <sup>3</sup> , кг	Стоимость, сум
Цемент	450	354735	450	354735	450	354735
Вода	189	426	189	426	189	426
Пластификатор	4	24080	2,6	23010	1,9	26554
Пенообразователь	0,8	8128	0,5	5080	0,61	6197,6
Всего		387332		383251		387912,6

Из таблицы 4 видно, что по сравнению с контрольным составом (без добавок) удорожание материалов, расходуемых на 1 м<sup>3</sup> пенобетона средней плотности 500 кг/м<sup>3</sup> с добавкой пластификаторов, составляет следующие значения: с добавкой "Relamiks-M" - на 6,6%; с добавкой "VESTA HPR 801" - на 6,1%; с добавкой "GLENIUM SKY 591" - на 7,3%. Однако, если сравнить затраты на 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона с затратами на 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного газобетона (460000 сумов), то экономический эффект становится очевидным и составляет: для пенобетона с добавкой "Relamiks-M" - 15,80%; для пенобетона с добавкой "VESTA HPR 801" - 16,68%; для пенобетона с добавкой "GLENIUM SKY 591" - 15,67%. 7,3% с добавкой "GLENIUM SKY 591." Однако, если сравнить затраты на 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона с затратами на 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного газобетона (460000 сум), то экономический эффект становится очевидным и составляет: для пенобетона с добавкой "Relamiks-M" 15,80%; 16,68% для пенобетона с добавкой "VESTA HPR 801"; 15,67% для пенобетона с добавкой "GLENIUM SKY 591."

Экономический эффект от введения в состав пенобетона микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801" заключается в снижении себестоимости 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона по сравнению с 1 м<sup>3</sup> автоклавного газозольного бетона. Стоимость 1 м<sup>3</sup> неавтоклавного пенобетона с добавкой микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801" приведена в таблице 5.

**Таблица 5.**

Название материалов	Без добавок		С добавлением МК		С добавлением МК и Суперпластификатора	
	Расход на 1 м <sup>3</sup> пенобетона, кг (л)	Стоимость, сум	Расход на 1 м <sup>3</sup> пенобетона, кг (л)	Стоимость, сум	Расход на 1 м <sup>3</sup> пенобетона, кг (л)	Стоимость, сум
Цемент	450	354735	315	248314,5	225	177367,5
Микрокремнезем	-	-	135	43875	225	73125
Вода	229	515	321,8	724	189	426
Суперпластификатор	-	-	-	-	5,8	5133
Пенообразователь	0,8	8128	0,5	5080	0,61	6197,6
Всего		355250		297993,5		262249,1

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основе результатов научных исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, подготовленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) на тему “Комплексный модифицированный теплоизоляционный пенобетон с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе местного сырья и материалов” были сформулированы следующие выводы:

1. Разработаны составы и технология получения теплоизоляционных пенобетонов неавтоклавного твердения, комплексно модифицированных Суперпластификатором "VESTA HPR 801" и микрокремнеземом, со средней плотностью от 400 до 500 кг/м<sup>3</sup> и прочностью от 2,0 до 2,5 МПа.

2. Теоретически обоснован выбор поверхностно-активных веществ (ПАВ) для получения неавтоклавного твердеющего теплоизоляционного пенобетона с повышенными прочностными характеристиками. Установлено, что введение в состав пенобетона синтетического пенообразователя "Пента Пав 430А" целесообразно по показателям кратности и устойчивости пены, а введение Суперпластификатора "VESTA HPR 801" - по эффекту снижения водопотребности.

3. Изучен фазовый состав новообразований цементных систем, содержащих два вида высокоэффективных модификаторов, состоящих из пенообразователя и Суперпластификатора. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что при добавлении пластифицирующих добавок процесс гидратации цемента несколько замедляется. Вместе с тем увеличение прочности образцов пенобетона, модифицированных пластификаторами, объясняется повышением удельной поверхности продуктов гидратации, уменьшением размеров новообразованных кристаллов и увеличением количества новообразований в единице объема пластифицированного цементного камня.

4. По результатам рентген-фазового анализа подтверждается углубление процессов гидратации при введении в состав пенобетонной смеси комплексной добавки, состоящей из Суперпластификатора "VESTA HPR 801" и микрокремнезема. Об этом свидетельствует уменьшение количества гидроксида кальция вследствие его связывания с аморфным кремнеземом.

5. Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальное увеличение прочности комплексно модифицированных пенобетонных образцов по сравнению с контрольными образцами наблюдается при добавлении 1,3% Суперпластификатора "VESTA HPR 801" с добавкой 50% микрокремнезема.

6. Установлено, что введение в состав микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801" оказывает существенное влияние на изменение микроструктуры цементного камня, а именно: микроструктура пенобетона становится значительно плотнее по сравнению с контрольными образцами за счет уменьшения содержания воды в составе и углубления процессов гидратации.

7. По сравнению с составом контрольного пенобетона установлено, что стоимость материалов, расходуемых на 1 м<sup>3</sup> пенобетона средней плотности 500 кг/м<sup>3</sup> с добавлением микрокремнезема и добавки "VESTA HPR 801," снижается следующим образом: с добавкой микрокремнезема на 16,12 % (57256,5 сум) ; с добавкой микрокремнезема и Суперпластификатора "VESTA HPR 801" на 26,18 % (93000,9 сум).

8. Расширена сырьевая база производства пенобетона за счет использования в больших объемах сухого микрокремнезема АО "Узметкомбинат." Это, в свою очередь, дает возможность значительно снизить себестоимость 1 м<sup>3</sup> пенобетона на 26,18 % (93000,9 сум).

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/07.06.2024.T.106.06 ON AWARD OF  
SCIENTIFIC DEGREES AT FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE  
KARAKALPAK STATE UNIVERSITY**

**SULTANOVA SEVARA**

**INTEGRATED MODIFIED THERMAL INSULATION FOAM CONCRETE WITH  
IMPROVED PERFORMANCE PROPERTIES BASED ON LOCAL RAW MATERIALS  
AND MATERIALS**

**05.09.05 – Building materials and products**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON  
TECHNICAL SCIENCES**

**Fergana – 2025**

**The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4026.**

The dissertation has been prepared at Karakalpak State University  
The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English(resume)) on the website of the Scientific Council ([www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz)) and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Ilyasov Allanazar Torexanovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Kosimov Ibrokhim Erkinovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Mirzajonov Mamirjon Alimovich**  
Candidate of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** \_\_\_\_\_

The defense of the dissertation will be held at the meeting of the Scientific Council PhD.03/07.06.2024.T.106.06 at the Fergana Polytechnic Institute on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 at \_\_\_\_.  
(Address: 150100, Fergana city, Fergana street, 86 Tel.: (+99873) 241 12 06, fax: (+99873) 241-12-06, e-mail: [www.farpi.uz](http://www.farpi.uz))

The dissertation is available at the Information Resource Center of the Fergana Polytechnic Institute (registered under No. \_\_\_\_). Address: 150100, Fergana city, Fergana street, house 86. Fergana Polytechnic Institute. Tel.: (+99871) 244-63-30). e-mail: [www.farpi.uz](http://www.farpi.uz)).

Abstract of the dissertation was distributed on "\_\_\_\_" \_\_\_\_ 2025 year.  
(Mailing report No. \_\_\_\_ dated "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025).

**Z.A.Yunusov**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences

**Sh.A.Umarov**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of philosophy (PhD) on technical sciences, docent

**S.F.Ergashev**  
Chairman of the Scientific seminar of the Scientific Council for the awarding of scientific degrees, Doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of (PhD) dissertation)

**The aim of the research** is to develop compositions and production technology for non-autoclaved foam concrete with improved operational characteristics and thermal insulation properties through the comprehensive application of local modifying additives: superplasticizer “VESTA HPR 801” and microsilica.

**The object of research** is complex modified heat-insulating non-autoclaved foam concrete obtained on the basis of local raw materials and materials.

**The subject of research** is the composition, technology, and properties of complex modified heat-insulating foam concrete produced from local raw materials and materials.

**The scientific novelty of the dissertation research** is as follows:

- Principles for increasing the efficiency of the production of heat-insulating foam concrete based on the introduction of local “VESTA HPR 801” polycarboxylate superplasticizer and microsilica additives in optimal quantities have been proposed for the selection and formation of the structure of the optimized composition of non-autoclaved heat-insulating foam concrete;
- the peculiar mechanism of plasticization of foam-concrete mixture with "VESTA HPR 801" polycarboxylate superplasticizer has been determined;
- it has been established that the introduction of optimal doses of polycarboxylate superplasticizer "VESTA HPR 801" and microsilica into the composition of a non-autoclave heat-insulating foam-concrete mixture leads to a synergistic effect, leading to an improvement in the operational properties of foam-concrete.
- as a result of the introduction of modifying additives, a qualitative change in the phase composition of new properties formed in the structure of non- autoclaved foam concrete was found;
- mathematical models of compressive strength, average density, and thermal conductivity of a complex modified heat-insulating non-autoclaved foam concrete have been derived in relation to the recipe-technological factors of this composite material.

### **Implementation of research results.**

Based on the obtained scientific results on the study of the composition and technology of a complex modified thermal insulation foam concrete with improved operational properties based on local raw materials and materials:

The obtained compositions of thermal insulation foam concrete were put into production at the enterprise "EVROBETON" LLC, which is specialized in the production of building materials (certificate of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Karakalpakstan dated November 1, 2024 No. 03-07/01-3325). As a result, along with increasing the strength of the foam concrete, it was possible to save the consumption of cement binder by 50%. At the same time, the expected economic effect is an average of 93,000.9 sums per 1 m<sup>3</sup> of foam concrete and 348,753 million sums per year.

**Structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, and a list of references. The total volume of the dissertation is 143 pages, the main part is 115 pages.

# E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

## LIST OF PUBLISHED WORKS

### I bo'lim (I часть; I part)

#### E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati:

1. Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Ilyasov A.T., Sultanova S.I. Physical and mechanical properties of non-autoclaved foam concrete modified with polycarboxylate superplasticizer "VESTA HPR 801" //Journal of Metallurgical and Materials Engineering Research (JMMER) Vol. 13, Issue 2 Dec 2023, 7-12 pages (05.00.00; №36 Осиё мамлакатлари нашри).

2. Adylkhodzhaev A.I., Makhamataliev I.M., Ilyasov A.T., Sultanova S.I. On properties of non-autoclave heat-insulation foam concrete modified with superplasticizers of new generation // Journal of Engineering and Technology (JET) ISSN (P):2250-2394; ISSN (E): Applied Vol. 13, Issue 2, Dec 2023, 101-108 pages (05.00.00; №31 Осиё мамлакатлари нашри).

3. Adilxodjaev A.I., Mahamataliev I.M., Ilyasov A.T., Sultanova S.I. // Mayda va donador beton va ko'pikbeton tarkibiga kiritilgan mikrokremnezem miqdorining ularning konstruktiv sifati koeffitsiyentiga ta'siri haqida // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. 2023 (05.00.00; №20).

4. Ilyasov A.T., Sultanova S.I., Bekimbetova S. The use of foam concrete in modern construction // Science and Education in Karakalpakstan ISSN 2181-9203 1/1 2023 92-96 pages. (05.00.00; №27).

5. Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Султанова С.И. Махаллий модификацияловчи кўшимчалар қўлланиб олинган кўпикбетон қоришмасининг реологик хоссалари хақида // Меъморчилик ва қурилиш муаммолари СамДАҚУ 2023, №3, 151-154 б. (05.00.00; №14).

6. Ильясов А.Т., Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Султанова С.И. Махаллий модификацияловчи кўшимчалар қўлланилиб олинган ноавтоклав кўпикбетоннинг физик-механик хоссалари хақида // "Архитектура, қурилиш ва дизайн илмий-амалий журнали" ТАҚУ 2023-2 сони, 136-140 б. (05.00.00; №4).

7. Shakhzod M. Takhirov, Bakhodir S. Rakhmonov, Ravshanbek Nafasov, Abbas Samandarov, Sultan Kudratov, Mirzokhid M. Akhmedov, Ravshan A. Shamansurov. Laser scanning of juma machit's courtyard and detailed numerical study accounting for roof members compromised by termite infestation // Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering M. Papadrakakis, M. Fragiadakis (eds.) Athens, Greece, 12-14 June 2023

8. Shakhzod Takhirov, Bakhodir Rakhmonov, Ravshanbek Nafasov, Abbas Samandarov. Laser Scanning and Ambient Vibration Study of Juma Mosque in Khiva (Uzbekistan) with Subsequent Finite Element Modeling of Its Minaret // Remote Sens. 2023, 15, 1632. <https://doi.org/10.3390/rs15061632>

9. Shakhzod Takhirov, Bakhodir Rakhmonov, Ravshanbek Nafasov, Abbas Samandarov, Mirzokhid M. Akhmedov, Ravshan A. Shamansurov. First Step Toward Preservation of Ancient Toprak Qala in Uzbekistan: Estimation of Erosion and Deterioration Rates by Laser Scanning // International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions 2023 6

10. Elvir Akhmetshin, C. S. S. Anupama, Kollati Vijaya Kumar, and E. Laxmi Lydia. Surveillance Video-Based Object Detection by Feature Extraction and Classification Using Deep Learning Architecture // International Conference on Frontiers of Intelligent Computing: Theory and Applications.

## **II bo‘lim (II часть; II part)**

11. Mahamataliyev I. M., Ilyasov A.T., Sultanova S. I., Taxirjanov N. K., Piyshenbaev Q. B. // Avtomatlashtirilgan quvvat hisoblash uchun dastur issiqlik izolyatsiya qiluvchi ko‘pikli betonni siqish o‘zgartirilgan – qo‘shimchalar bilan – qarab – ga texnologik parametrlar // Talabnoma raqami: DGU 2023 5769 Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 26746.

12. Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Султанова С.И. Кладочный раствор с органоминеральной добавкой повышенной высолоустойкости // ИLM SARCHASHMALARI” ilmiy-nazariy, metodik jurnal (UrDU) 9/2023 181-186 b.

13. Piyasov A.T., Embergenov Q.Q.Sultanova S.I. // Mayda dānesheli beton hām kōbik beton quramına qosilgan mikrokremnezyom muğdariniń olardiń konstruktiv sapası koefficientine tāsiri haqqında// Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti Axborotnomasi. Maxsus son (62) 2023

14. Embergenov Q.Q., Piyasov A.T, Sultanova S.I., Nazibekov A.K. // Jergilikli modifikatsiyalawshı qosımtalar qollanılıp alıngan kōbik beton aralaspasiniń geologiyalıq qásiyetleri haqqında// Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университетининг ахборотномаси, Махсус сон 60–66 б.

15. А.Т.Ильясов, Султанова С.И // Некоторые примеры применения пенобетонов в строительстве // Международная научно–практическая конференция “Инновационные технологии в строительстве” (25 мая 2023 г.) часть II 23–25 стр.

16. Piyasov A.T., Q.Piyshenbaev, S.I.Sultanova// Penobeton tayyorlashning yangi usuli//“Qurilishda innovatsion texnologiyalar” xalqaro ilmiy–texnik anjuman(2023yil,25–may) II–QISM 33–35 б.

17. Sultanova S.I.,Nazibekov A.K.,//KARKASLI BINOLARDA AVTOKLAVSIZ KO‘PIKLI BETONNI QO‘LLASH USULLARI// BERDAQ ATINDAĞI QARAQALPAQ MAMLEKETLIK UNIVERSITETI, «ARAL BOYI REGIONINDA QURILIS MASHQALALARINI INNOVACIYALIĞ SHESHIMLERI»atamasındağı Respublika ilimiy-ámeliy konferenciya, Nokis 2024

18. Sultanova S.I.,Nazibekov A.K.,// MATRICA HĀM PENOBETONNIŃ BEKKEMLIK TOPLAMI KINETIKASI HAQQINDA// BERDAQ ATINDAĞI QARAQALPAQ MAMLEKETLIK UNIVERSITETI, «ARAL BOYI REGIONINDA QURILIS MASHQALALARINI INNOVACIYALIĞ SHESHIMLERI»atamasındağı Respublika ilimiy-ámeliy konferenciya, Nokis 2024

Avtoreferat “Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universitetining axborotnomasi”  
ilmiy-texnik jurnali tahriryatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi  
matnlari o‘zaro muvofiqlashtirildi.

(27.01.2025 yil)