

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022.T.73.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

ABDULLAYEV ULUG‘BEK XAKIMOVICH

**BINAR MIKROTO‘LDIRGICHI ASOSIDAGI MODIFIKATSIYALANGAN
BETONLARNING STRUKTURASI VA XOSSALARI**

05.09.05 – “Qurilish materiallari va buyumlari”

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

Toshkent – 2023

**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**

Abdullayev Ulug‘bek Hakimovich

Бинар микрото‘ldirgichi asosidagi modifikatsiyalangan betonlarning
strukturasi va xossalari 3

Абдуллаев Улугбек Хакимович

Структура и свойства модифицированных бетонов с бинарным
наполнителем..... 21

Abdullaev Ulugbek Khakimovich

Structure and properties of modified concretes with binary filler
..... 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022.T.73.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

ABDULLAYEV ULUG‘BEK XAKIMOVICH

BINAR MIKROTO‘LDIRGICHI ASOSIDAGI MODIFIKATSIYALANGAN
BETONLARNING STRUKTURASI VA XOSSALARI

05.09.05 – “Qurilish materiallari va buyumlari”

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI

Toshkent – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T2329 raqami bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar: **Adilxodjayev Anvar Ishanovich**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Hasanov Bahriddin Baratovich**
texnika fanlari doktori, professor

Ilyasov Allanazar Torexanovich
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), professor

Yetakchi tashkilot: **Jizzax politexnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi DSc.15/31.08.2022.T.73.04 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «__» _____ soat __ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.

Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz, tstu@exat.uz.

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqami bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-05-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «__» _____ kuni tarqatildi.
(2023 yil «__» _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi).

S.S. Shaumarov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi o‘rinbosari,
t.f.d., professor

U.Z. Shermuhamedov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
t.f.d., professor

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda qurilish sanoatini rivojlantirishning hozirgi bosqichida ekologik toza texnologiyalardan foydalangan holda energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirishga va an'anaviy qurilish materiallariga muqobil bo'lgan innovatsion ishlanmalarni ishlab chiqarishga joriy etish eng muhim masalalardan hisoblanadi.

Dunyoda sement sanoatida energiya sarfi past va asosiy bog'lovchiga muqobil bo'lgan kompozit bog'lovchilarni ishlab chiqarish istiqbolli yo'nalish bo'lib, chunki bu nafaqat energiya iste'molini kamaytirish va atmosferaga CO₂ gazi emissiyasini kamaytirish, balki ularning turli funksional xossalarga ega sement kompozitlarini olish bilan ham bog'liq. Qurilish materiallari sanoatida mamlakatimizda ishlab chiqilgan "yashil beton" konsepsiyasi asosida, portlandsement klinkeri iste'molini kamaytirishda sanoat chiqindilaridan foydalanish va yaxshilangan fizik-mexanik, kimyoviy va reotexnologik xossalarga ega betonlarni olish maqsadida qurilishni modernizatsiya qilishning dolzarb masalalari amalga oshirilmoqda. Shu nuqtai nazardan kelib chiqib, binar mikroto'ldirgichlaridan foydalanishga katta urg'u berilayotgani alohida ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda jadal sur'atlarda rivojlanayotgan qurilish sanoati sohasida yuqori samarali kimyoviy qo'shimchalar va mineral mikroto'ldirgichlarni ularning tarkibiga kiritish orqali ishlab chiqarilayotgan beton va temir-beton konstruksiyalar tannarxini pasaytirish, shuningdek barpo etilayotgan bino va inshootlarning ishonchliligini oshirish va sement betonlarining sifatini va xossalarni yaxshilash masalalarida muhim natijalarga erishildi. Shu bilan birga, beton va temir-beton konstruksiyalar sifatini yanada oshirishga, korroziyaga chidamli kompozitsiyalarni ishlab chiqishga va yuqori mustahkamlik ko'rsatkichlariga erishish orqali ularning massasini kamaytirish hamda seysmik barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlarini jadallashtirish talab etiladi. "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'rsilsin..."¹ vazifasi belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda O'zbekiston Respublikasi hududlarida ishlab chiqarilayotgan ko'plab sanoat chiqindilaridan foydalangan holda modifikatsiyalangan betonlarni ishlab chiqish bo'yicha ishlar jadal olib borilmoqda. Ushbu vazifalarni amalga oshirishning muhim masalalaridan biri yuqori sifatli va uzoqqa chidamli "kvarts+karbonat" tizimiga asoslangan turli xil tabiatdagi binar mikroto'ldirgichlardan foydalangan holda korroziyaga chidamli konstruksiyalar va buyumlarni ishlab chiqarish uchun mavjud texnologiyalarni yaratish va takomillashtirishdir.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 27-noyabrdagi PF-6119-sonli "O'zbekiston Respublikasi qurilish tarmog'ini modernizatsiya qilish, jadal va

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

innovatsion rivojlantirishning 2021 — 2025-yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi, 2019 yil 23-maydagi PF-4335-sonli "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi farmonlarida nazarda tutilgan va qurilish sanoati bilan bog'liq boshqa vazifalarni bajarishga muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Sement tizimlarida materiallar va energiya sarfini kamaytirish, shuningdek ularning xossalarini yaxshilash muammosida betonni mineral moddalar bilan modifikatsiyalash bo'yicha tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega.

Bunday qo'shimchalarni ko'p komponentli yuqori sifatli betonlarda qo'llash asoslarini taniqli xorijiy olimlar V.I. Solomatov, G.I. Gorchakov, Yu.M. Bajenov, L.I. Dvorkin, P.G. Komoxov, A.V. Voljenskiy, Yu.M. Butt, I.A. Ribyev, B.V. Gusev, E. Freysine, A.A. Afanasev, N.B. Ur'ev, S.M. Mchedlov-Petrosyan, V.G. Batrakov, V.N. Virovov, A.G. Komar, A.S. Panteleyev, V.T. Erofeyev, V.I. Kalashnikov, V.I. Kondrashenko, T.I. Petrova, S.V. Shestoporov, A.E. Sheykin, P. A. Rebinder, V.G. Batrakov, V.B. Ratinov, A.V. Usherov-Marshak, V.S. Ramachandran, B.R. Falikman, V.M. Kolbasov, S.M. Royak, V.V. Timashev, T.V. Kuznesova, M. Venyua, X. Teylor, M. Regur, M. Kolleparadi, R. Kondo, D. Roy, K. Xattorn, M. Daymon, R. Fere, G. Hintze, F. Loher, T. Thorvaldson, F.J. Hogan, L.U. Spellman, A. Walter, H. Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, S. Sarcar, I. Older, V. Yogendran, P. Aitchin, M. Cheurexu, E.G. Deharrard, V. Mechtherine, P.T. Santhosh, M. Schmidt, P. Kleingelhöfer, D. Frank, K. Fridemenn, P. Richard, M. Chentern, P.Y. Blais, C. Danrioc, A.S. Belardi, K.K. Sideris, E. Guneyisi, M. Fenollera, L. Garcia, P. Richard, G. Edward, M. Buil va boshqa taniqli xorijiy olimlar asos solganlar.

O'zbekiston Respublikasida turli yillarda ko'p komponentli yuqori sifatli beton texnologiyasida mineral mikroto'ldirgichlardan foydalanish sohasidagi tadqiqotlar A.I. Adilxodjayev, A.A. Tulaganov, E.U. Qosimov, M.K. Taxirov, N.A. Samigov, B.B. Hasanov, V.M. Soy, I.M. Mahamataliyev, K.S. Umarov va boshqa yetuk olimlar tomonidan olib borilgan.

Avval o'tkazilgan tadqiqotlarda M400 markali oddiy portlandsement va "kvarts+karbonat" asosidagi binar mikroto'ldirgichidan foydalangan holda betonlarning sifati va uzoqqa bardoshlilikini va sement toshining korroziyaga chidamliligini oshirish masalalari yetarlicha ko'rib chiqilmagan.

O'rganish jarayonida aniqlangan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijasida mahalliy xomashyo va oddiy M400 portlandsementidan foydalanib, yuqori sifatli va uzoqqa chidamli, shuningdek, agressiv muhitga chidamli betonlarni olish masalasiga alohida e'tibor qaratildi.

Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertasiya tadqiqoti Toshkent temir yo'l muhandislari instituti ilmiy-tadqiqot ishi

№ ББ-Ф4-04 "Kompozision materiallarning polistrukturali nazariyasi asosida ko'p komponentli yuqori sifatli betonlar tarkibini optimallashtirish va xossalarini bashorat qilish" (2018-2020) mavzusidagi loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi turli tabiatli kul uchqindisi va ohaktosh asosidagi binar mikroto'ldirgichni qo'llash yo'li bilan ekspluatatsion xossalari yaxshilangan o'ta yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh beton olishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

M400 portlandsementi va binar mikroto'ldirgichi asosida yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh betonlarni ishlab chiqarish imkoniyatini asoslash;

turli tabiatli binar mikroto'ldirgichi asosida modifikatsiyalangan sement toshining strukturasi shakllanishi xususiyatlarini o'rganish;

kul uchqindisi va ohaktosh kukuniga asoslangan mineral qo'shimchalarning beton aralashmasi va betonning texnologik, fizik-mexanik va kimyoviy xossalariga ta'sirini o'rganish;

tadqiqot natijalarini texnik-iqtisodiy asoslash va ishlab chiqarishda aprobatsiyadan o'tkazish.

Tadqiqotning obyeksi sifatida turli tabiatli qo'shimchalardan tashkil topgan binar mikroto'ldirgich asosidagi modifikatsiyalangan betonlar olingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida kul uchqindisi va ohaktoshga asoslangan binar mikroto'ldirgichidan foydalangan holda ishlab chiqarilgan betonlarning optimal tarkiblari strukturasi shakllanish qonuniyatlarini o'rganish va fizik-mexanik, kimyoviy va texnologik parametrlari olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan, betonning sifat ko'rsatkichlari va xossalarini o'rganishning standartlashtirilgan usullaridan hamda qorishma tarkibini optimallashtirishning matematik usullaridan va eksperimentlar natijalarini statistik tahlil qilish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

minimal bog'lovchi iste'moli bilan M400 oddiy portlandsementi asosida yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh betonlarni olish imkoniyati, IES kul uchqindisi va ohak asosidagi binar mikroto'ldiruvchning potensial faolligini hisobga olgan holda asoslandi;

belgilangan texnologik va ekspluatatsion ko'rsatkichga ega bo'lgan kompozitlarni olish imkoniyati va ularning struktura shakllanish jarayoniga, binar mikroto'ldirgichning yo'naltirilgan ta'siri isbotlandi;

ohaktoshni sementli bog'lovchi tarkibidagi gipsni 1,5 % gacha kamaytirish hisobiga qotishini sekinlashtiruvchi sifatida qo'llanilishi ettrenqit va taumasit minerallarining hosil bo'lishini sezilarli qisqartirish imkoniyatlarini berishi va shuning evaziga sementli kompozitning sulfatli korroziyaga qarshi chidamliligi ortishini ta'minlashi aniqlandi;

binar mikroto'ldirgich tarkibidagi ohaktoshning mavjudligi sement toshining uzluksiz g'ovaklarini kolmatatsiya qilinishi uning o'tkazuvchanligini bartaraf qilinishiga olib kelishi va bundan tashqari amorf kremniy oksidining kalsiy gidroksidini to'la bog'lamasligi hamda muhitning talab etiluvchi pH ko'rsatkichini

ta'minlashi hisobiga karbonizasiyaga va ishqor yuvilinuvchanligiga qarshi turg'unligining ortishiga olib kelishi isbotlandi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh monolit va yig'ma temir-beton konstruksiyalarni ishlab chiqarishda "kul uchqindisi+ohaktosh" tizimidagi binar mikroto'ldiruvchisi asosida beton qorishmalarining optimal tarkiblari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi tadqiqotlar fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari va fizik-mexanik sinovlar, eksperimentni matematik rejalashtirish vositalari va usullari, eksperiment natijasida olingan xulosalarning nazariy qonuniyatlarga muvofiqligi, shuningdek ishlab chiqarish sharoitida aprobatsiyasidan o'tkazilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati "kvarts+karbonat" tizimining binar mikroto'ldirgichi asosidagi sement betonlari strukturasi shakllanish nazariyasi va amaliyotining rivojlanishida muhim o'rin tutishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy xom ashyoga asoslangan binar qo'shimchalardan foydalangan holda minimal bog'lovchi sarfi bilan yuqori sifatli, uzoqqa chidamli, korroziyabardosh va talab etilgan xossalar majmuiga ega betonlarni olish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Binar mikroto'ldirgichi bilan modifikatsiyalangan beton strukturasi shakllanish qonuniyatlarini o'rganish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

binar mikroto'ldirgichi va superplastifikatordan foydalanib kompleks-modifikatsiyalangan betonlarning optimal tarkiblari "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MChJ QK korxonasi joriy qilingan ("O'zsanoatqurilishmateriallari" uyushmasining 2023 yil 12 oktyabrda 05/15-2071-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, B15 sinfli beton uchun yig'ma beton va temir-beton ishlab chiqarishda kompleks qo'shimchalar bilan optimal tarkib va texnologiyalarni joriy etishdan olingan iqtisodiy samaradorlik 1 m³ beton uchun 66 097 so'mni tashkil etdi (2023 yil narxlarida). Tadqiqot natijalarini ishlab chiqarishga joriy etish sement sarfini 1,25 baravar kamaytirish bilan birga, muzlashga bardoshlilikni 1-1,5 baravar va betonning suvga o'tkazmasligini bir markaga oshirishga imkoniyat yaratdi;

"BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MChJ QK korxonasi laboratoriyasida ishlab chiqilgan va tasdiqlangan texnologik yo'riqnomasi ("Технологическая инструкция ТИ-207103754 - 40:2023 по производству блоков бетонных для стен подвалов по О'z DSt 778-97 из комплексно-модифицированного бетона с бинарным наполнителем") talab etilgan xossalar majmuiga ega buyumlarni ishlab chiqarishni ta'minladi. Kutilayotgan iqtisodiy samarasi 396 mln. so'mni tashkil etadi (2023-yilgi narxlarida).

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiyaning asosiy natijalari 3 ta xalqaro va 5 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish, ulardan 12 tasi xorijiy jurnallarda, shu jumladan 1 tasi SCOPUS

bazasida, 5 tasi O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy jurnallarida chop etilgan. Bundan tashqari, O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi tomonidan kompyuter dasturlari uchun 2 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish qismi, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

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

Dissertatsiyaning "**Muammoning holati va tadqiqot vazifalari**" deb nomlangan birinchi bobida sement tizimlarining moddiy va energiya xarajatlarini kamaytirish, shuningdek, kvarts+karbonat tizimiga asoslangan binar mineral modifikatorlar bilan beton strukturasi modifikatsiyalash bo‘yicha tadqiqotlar tahlili keltirilgan bo‘lib, unda kimyoviy modifikatorlar va binar mineral mikroto‘ldirgichlari sement tizimining texnologik va fizik-kimyoviy xossalari ta‘sir mexanizmlarini inobatga olgan holda yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh betonni loyihalash bilan bog‘liq vazifalar batafsil bayon etilgan.

O‘zbekiston Respublikasida beton texnologiyasida: kul uchqindisi, giltuproq, elektrotermofosfor shlaklari, bazalt, barxan qumlari, mis sanoati chiqindilari, seolit tog‘ jinslari, ohaktosh va shu kabi mineral mikroto‘ldirgichlar keng qo‘llanilmoqda. Turli yillarda tadqiqotchilar "yashil beton" olish, ishlab chiqilayotgan kompozitning ekologik, iqtisodiy va resurstejamkorlik jihatlari ta‘minlash uchun kremniy tarkibli sanoat chiqindilaridan foydalanishga ko‘proq e‘tibor qaratish zarurligini ta‘kidlaganlar. Respublikada ko‘p miqdorda kul uchqindisi to‘planib qolgan. Kul uchqindisi mineral mikroto‘ldirgichi asosida ko‘p sonli tadqiqotlar o‘tkazilganiga va turli tarkiblar ishlab chiqarilganiga qaramay, bu qo‘shimchaning sezilarli kamchiliklari tufayli (qorishmaning suv talabchanligini oshirishi, g‘ovak suyuqligining ishqoriyligini pasaytirishi natijasida karbonizatsiya korroziyasi jarayonini tezlashtirishi va natijada armaturaning korroziyasi yuzaga kelishi, doimiy kimyoviy tarkibga ega emasligi va boshqalar) hozirgi vaqtda bunday qo‘shimchani beton texnologiyasida sof shaklda keng qo‘llash chegaralanmoqda. Istiqbolli qo‘shimcha sifatida ohaktoshni ham e‘tirof etish kerak – bu gidratatsiya jarayonlarining kechishini kuchaytirishi, qorishmaning suvga bo‘lgan ehtiyojini kamaytirishi va eng muhimi, g‘ovak bo‘shlig‘ini komatatsiyalash va shu kabi xususiyatlari bilan izohlanadi. Ushbu qo‘shimchalarning toza va alohida shaklda keng miqyosda sement toshi tarkibida qo‘llanilishi cheklanmoqda, sababi, bog‘lovchi tarkibida gips bilan reaksiyaga kirishishi natijasida "kechki" ettringit va taumasit minerallarining paydo bo‘lishi

kuzatilganligi sababli, kompozitning sulfatga chidamliligining keskin pasayishiga olib keladi. "Kvarts+karbonat" sistemasi asosidagi qo'shimchalardan binar mikroto'ldirgichi sifatida foydalanish ishlab chiqilayotgan materialning uzoqqa chidamliligi va korroziyabardoshliligi masalalarini to'liq hal qilish imkonini bermadi. Shuning uchun yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh betonlarni ishlab chiqish uchun "kul uchqindisi+ohaktosh" asosidagi binar mikroto'ldirgichlari yordamida sement kompozitlarini ishlab chiqish uchun maqbul yechimlarni topish bo'yicha ilmiy tadqiqotlarni kuchaytirish talab etiladi.

Adabiyotlar sharhi asosida dissertatsiya ishining ishchi gipotezasi shakllantirildi, shuningdek tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olindi.

Ishchi gipoteza. Binar mikroto'ldirgichi asosida modifikatsiyalangan sement tizimida sodir bo'ladigan fizik-kimyoviy o'zaro ta'sirlar haqidagi zamonaviy g'oyalarga asoslanib, bir tomondan ohaktoshni katta g'ovaklarni kolmatatsiyalovchi, sement toshining o'tkazuvchanligini pasaytiruvchi va bog'lovchining qotish jarayonini sekinlashtiruvchi qo'shimcha sifatida va boshqa tomondan kul uchqindisini gidratasiya jarayonlarini kechishiga ijobiy ta'sir ko'rsatuvchi qo'shimcha sifatida ko'rib chiqilishi talab etilgan xossalar majmuiga ega bo'lgan yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyabardosh betonlarni optimal tarkiblarining ishlab chiqilishi faraz qilinadi.

Dissertatsiyaning "**Tadqiqot usullari va foydalanilgan materiallar**" deb nomlangan ikkinchi bobida eksperimental tadqiqotlarda qo'llanilgan materiallarning fizik-mexanik va kimyoviy xossalari, shuningdek, laboratoriya uskunalarning texnik ko'rsatkichlari, binar mikroto'ldirgichi asosidagi yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyaga bardoshli betonlarni tadqiq qilish usullari batafsil bayon etilgan. Dissertatsiya ishida "Ohangaronsement" zavodining CEMI 32.5H markali portlandsementi bog'lovchi, Yangi Angren IES kul uchqindisi hamda ohaktosh (Muruntov koni) mayda dispersli mikroto'ldirgich va ARMENT CONSTRUCTION CHEMICALS korxonasining yangi avlod yuqori samarali polikarboksilat efirlari asosidagi POLIMIX superplastifikatori kimyoviy qo'shimcha sifatida ishlatilgan.

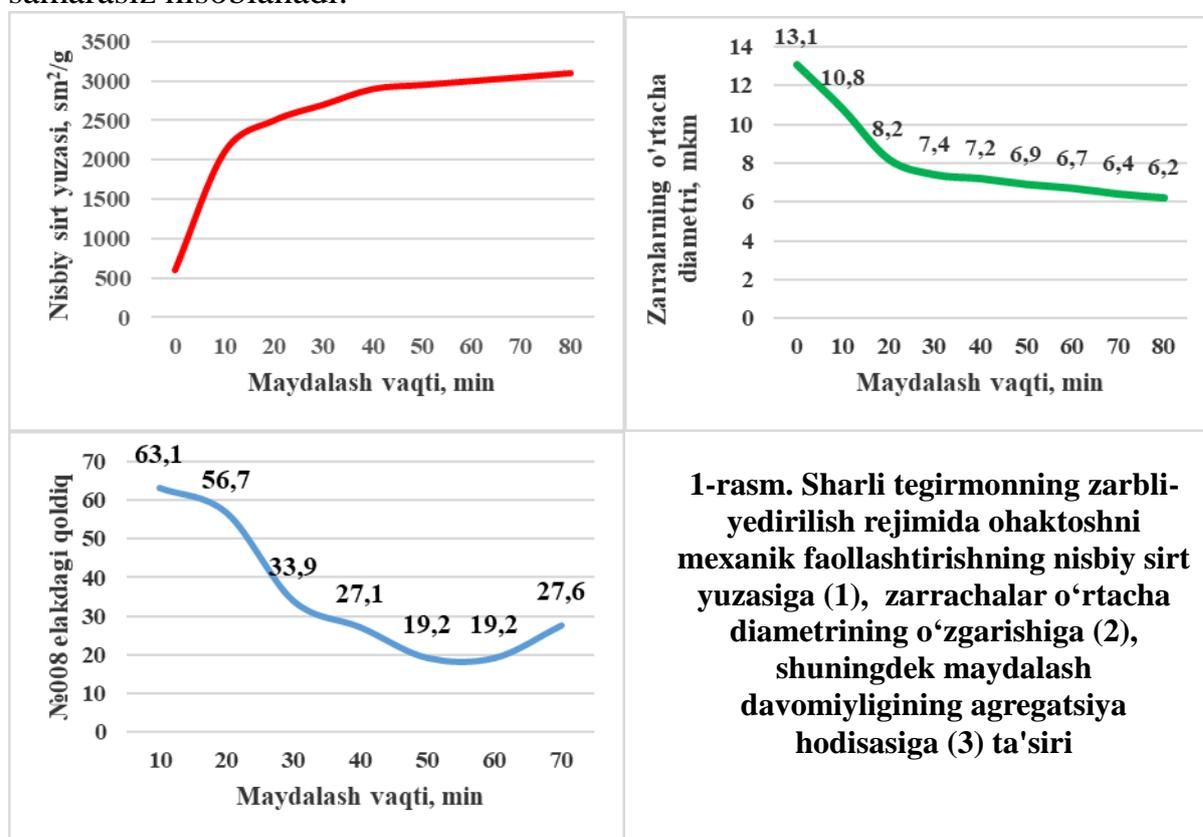
Dissertatsiyaning maqsad va vazifalari asosida tadqiqot usullari asoslanadi va tanlanadi. Tadqiqotlarda qurilish materiallarini standart sinovdan o'tkazishning usullari, shuningdek, matematik-regressiya va matematik-statistik usullar qo'llanilgan. Bundan tashqari, tadqiqotlarda beton qorishmalari tarkibini optimallashtirish uchun eksperimentlarni rejalashtirishning matematik usuli qo'llanilgan: "Turli tabiatli mikroto'ldirgichlar asosida betonning fizik-mexanik parametrlarini aniqlash" va "Turli tabiatli mikroto'ldirgichlar asosida beton tarkibini optimallashtirish".

Dissertatsiyaning "**Binar mikroto'ldirgichi asosidagi qo'shimchalarning sement bog'lovchisining strukturasi va xossalariga ta'siri**" deb nomlangan uchinchi bobida binar mikroto'ldirgichlaridan foydalangan holda kompozit sement bog'lovchilarining strukturasi va xossalarini ishlab chiqish va optimallashtirish, ohaktoshni mexanik faollashtirish hamda maydalash, sement pastalarining suv talabchanligi va qotish muddati, modifikatsiyalangan qorishmalarning suv ajratish va qotish jarayonida kirishishdan hosil bo'luvchi deformatsiyalar, sement toshining

g'ovakliligi va mustahkamligi, ishlab chiqilayotgan kompozitning korroziyaga bardoshligi va boshqa shu kabi eksperimental tadqiqotlar natijalariga bag'ishlangan.

Ohaktoshni maydalash bo'yicha olingan tajriba natijalari 1-rasmda keltirilgan.

Ohaktoshni maydalash IIIJM-100 markali sharli tegirmonning zarba-yedirilish rejimida amalga oshirildi. Olingan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, materialni 80 daqiqa davomida maydalash nisbiy sirt yuzasining 3100 sm²/g qiymatiga yetishini ta'minlaydi. Shu bilan birga, zarrachalarning o'rtacha diametri 13,1 dan 6,2 mikrongacha kamayadi. 50 daqiqa davomida maydalangan kukunning 008-sonli elakdagi qoldig'i 63,1 % dan 19,2 % gacha kamayishi kuzatildi. Mexanik faollashtirishning 60-daqiqasiga kelib, 008-sonli elakdagi qoldiq 19,2 % dan 27,2 % gacha oshgani aniqlandi va zarrachalar agregatsiyasi jarayonining boshlanishi kuzatildi hamda bu holatda maydalash jarayonini davom ettirish samarasiz hisoblanadi.

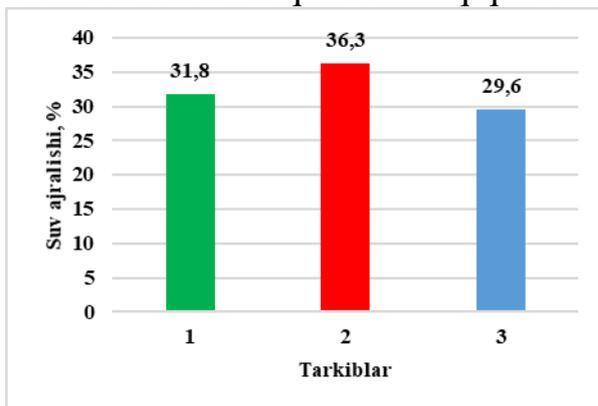


1-rasm. Sharli tegirmonning zarbli-yedirilish rejimida ohaktoshni mexanik faollashtirishning nisbiy sirt yuzasiga (1), zarrachalar o'rtacha diametrining o'zgarishiga (2), shuningdek maydalash davomiyligining agregatsiya hodisasiga (3) ta'siri

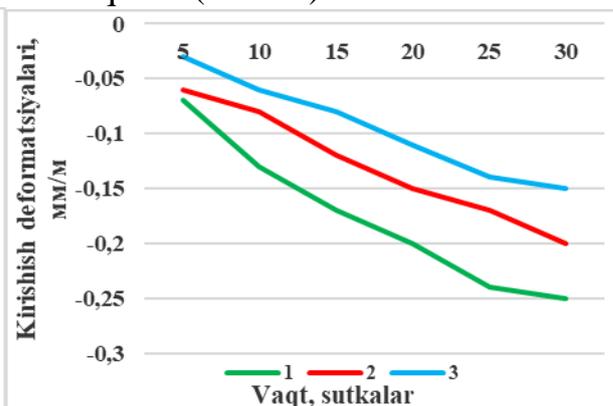
Portlandsementdan suvning ajralishi ko'p jihatdan klinkerning mineralogik va granulometrik tarkibiga, shuningdek nisbiy sirt yuzasiga bog'liq. Yuqoridagilarga asoslanib, tadqiq etilayotgan tarkiblarning suv ajralishini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi.

Sementga 25 % miqdorida kul uchqindisini kiritish qo'shimchasiz tarkibga nisbatan suv ajralishining 14 % ga oshishiga olib keldi. Sementning bir qismini ohaktosh kukuni (OK) bilan almashtirish ushbu ko'rsatkichning etalon tarkibiga nisbatan 7 % ga pasayishini ta'minladi (2-rasm). Bu ohaktoshning plastifikashtiruvchi ta'siri bilan bog'liq bo'lib, o'z navbatida sement tizimining suvni ushlab turish qobiliyatini oshiradi.

Sement toshining qattiqlashuvi jarayonida uning hajmiy o'zgarishlari va chiziqli kirishishi sodir bo'ladi. Kirishish deformatsiyalari beton sifatining asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, mustahkamlik va korroziyaga bardoshlik kabi xossalari bilan bir qatorda tadqiq etishni talab qiladi (3-rasm).



2-rasm. Tadqiq etilayotgan tarkiblarning suv ajralish ko'rsatkichi (1-etalon tarkib; 2-PS 75 %+KU 25 %; 3-PS 75 %+KU 10 %+OK 15%)



3-rasm. Tadqiq etilayotgan tarkiblarning kirishish deformatsiyasi ko'rsatkichi (1-etalon tarkib; 2-PS 75 %+KU 25 %; 3-PS 75 %+KU 10 %+OK 15%)

Normal qotish sharoitida saqlangan 28 sutkalik namunalarning kirishish deformatsiyalari bo'yicha olingan tadqiqot natijalarida 10 % KU va 15 % OK dan iborat bo'lgan modifikatsiyalangan tarkibdagi kirishish qiymati nazorat tarkibiga nisbatan 40 % ga va 2-tarkibga nisbatan 25 % ga kamaygani aniqlandi va bu tarkiblar orasida eng yaxshi ko'rsatkich hisoblanadi.

Uchinchi bobda namunalarning g'ovak tuzilishi ko'rsatkichlarini o'rganish natijalari ham keltirilgan.

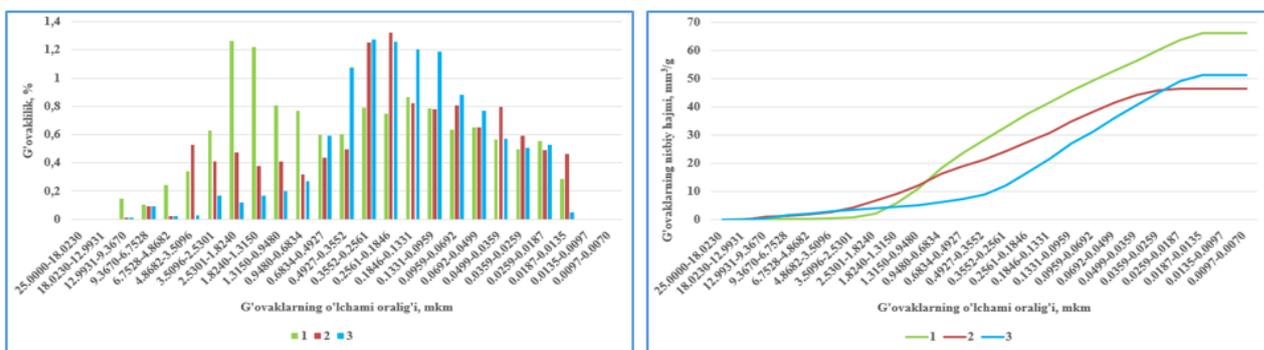
Tajribalar davomida uch turdagi tarkiblar batafsil o'rganildi: №1 – faqat sementdan iborat nazorat tarkibi; №2 - PS 75 %+KU 25 %; №3-PS 75 %+KU 10 %+OK 15 %.

Tadqiq qilinayotgan sement toshi namunalari umumiy g'ovaklarining o'lchamlari bo'yicha taqsimlanishi (differensial g'ovaklilik) va g'ovaklarning nisbiy hajmi (integral g'ovaklilik) 4-rasmda keltirilgan.

G'ovaklarning o'lchamlari bo'yicha taqsimlanish natijalarini tahlil qilish modifikatorlarning (2- va 3-tarkiblar) bog'lovchi tarkibga kiritilishi umumiy va integral g'ovaklilikning nazorat namunasiga nisbatan 11,23 % (2-tarkib) va 14,41 % (3-tarkib) pasayishiga olib kelishini ko'rsatdi (5-rasm).

Shuningdek, bog'lovchining binar mikroto'ldirgichi bilan modifikatsiyasi etalon tarkibiga nisbatan mikroto'ldirgichni kamaytirishga yordam berganligi aniqlandi (2-tarkib 3,2 % ga va 3-tarkib 3 % ga). O'z navbatida mikro- va ultrag'ovaklar soni ortdi (2-tarkib 3,6 % ga va 3-tarkib 15,02 % ga).

Olingan ma'lumotlar 3-tarkibda dastlabki qotish davrida g'ovaklarning konfiguratsiyasi va shakli o'zgarganini ko'rsatdi. 2- va 3-tarkiblar g'ovaklilikning nisbiy hajm ko'rsatkichlarini tahlili natijasida nazorat tarkibiga nisbatan g'ovaklar hajmi mos ravishda 32 % dan 27 % gacha va 33 % dan 28 % gacha pasaygani aniqlandi.



4-rasm. Tadqiq etilayotgan 28 sutkalik tarkiblarning umumiy g‘ovakliligi va nisbiy hajmi (1-etalon tarkib; 2-PS 75 % + KU 25 %; 3-PS 75% + KU 10 % + OK 15 %)

Olingan g‘ovaklilikka doir ma’lumotlar tahlili asosida aniqlanishicha, bunda 3-sonli tarkibga ohaktoshning kiritilishi natijasida kolmatatsion jarayon yuzaga keladi va katta g‘ovaklar soni sezilarli darajada kamayadi hamda gelsimon g‘ovaklari soni ortadi, bu esa kompozit o‘tkazuvchanligining sezilarli darajada pasayishiga olib keladi.

Sement toshining g‘ovak tuzilishini turli xil qo‘shimchalar bilan taqqoslash, makro-, mezo- va mikrokapilyarlar sonini kamaytirish, sement toshining gidratsiya darajasi va mustahkamligini oshirish nuqtai nazaridan eng maqbuli binar mikroto‘ldirgichi bilan modifikatsiyalangan tarkib ekanligini ko‘rsatadi.

Kalsiy gidroksid ishqorining etalon va modifikatsiyalangan tarkiblardan yuvilishi bo‘yicha tadqiqot natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

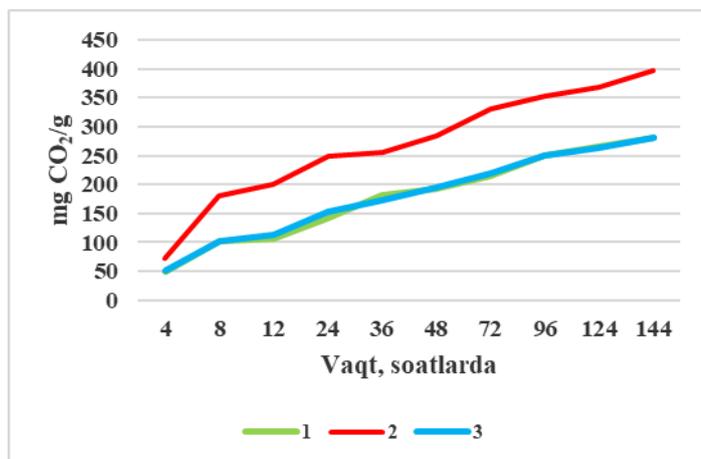
Tadqiq qilinayotgan namunalarning ishqor yuvilishi korroziyasi ko‘rsatkichlari

Tarkiblar	Distillangan suvda ishqorning yuvilishi, mg/l	Karbonat anhidrid eritmasida (0,5 %) ishqorning yuvilishi, mg/l
Nazorat tarkibi	1350	981
KU (25 %) bilan modifikatsiyalangan tarkib	875	705
Binar mikroto‘ldirgich bilan modifikatsiyalangan tarkib	860	640

Yuqoridagi natijalardan ko‘rinib turibdiki, binar mikroto‘ldirgichi asosidagi modifikatsiyalangan tarkib ishqor yuvilishi korroziyasiga qarshi yuqori qarshilikka ega.

28 sutka davomida normal sharoitda saqlangan sement toshining karbonizatsiyalanish tezligi va darajasini aniqlash majburiy karbonizatsiyalanish usuli yordamida o‘rganildi (5-rasm). 2-sonli tarkibni majburiy karbonizatsiyalanish 1 gramm klinker uchun 395 mg CO₂ ni bog‘laydi. 2-modifikatsiyalangan tarkibning karbonizatsiyalanish darajasi 76,5 % ni tashkil etdi. Binar mikroto‘ldirgichi yordamida modifikatsiyalangan tarkibning 1 gramm sementda 285 mg CO₂ majburiy karbonizatsiyalanish orqali bog‘lanadi. 1 va 3-sonli tarkiblarning karbonatlanish darajasi mos ravishda 57,0 % va 56,8 % ni tashkil etdi. 3-sonli tarkibning karbonizatsiyalanishga qarshiligining oshishi tizimga cheklangan

miqdordagi KU ning kiritilishi va bu holatda ma'lum darajada birikmagan kaltsiy gidrooksidlari zaxirasining saqlanib qolishi bilan bog'liq bo'lib, ular talab etilgan pH muhitning zarur ko'rsatkichlarini ta'minlaydi.



5-rasm. O'rganilayotgan tarkiblarning karbonizatsiyalanish kinetikasi (1-etalon tarkib; 2-PS 75 % + KU 25 %; 3-PS 75 % + KU 10 % + OK 15 %)

O'rganilayotgan tarkiblarning sulfatli muhitga chidamliligini aniqlash uchun B.G. Skramtayev tomonidan taklif qilingan tezlashtirilgan usul qo'llanildi.

2-jadval

Tadqiqot namunalarining sulfatli muhitga chidamliligi

Tarkiblar	Namunalarning deformatsiyalanishi, mm/m					Yemirilishdan oldingi davrlar soni
	3 ta davr	6 ta davr	9 ta davr	12 ta davr	Yemirilishdan oldingi deformatsiya	
Nazorat tarkibi	0.16	0.22	1.65	-	5.62	9
KU (25 %) bilan modifikatsiyalangan tarkib	0.13	0.25	1.52	3.23	5.38	15
Binar mikroto'ldirgich bilan modifikatsiyalangan tarkib	0.08	0.18	0.62	1.25	3.22	21

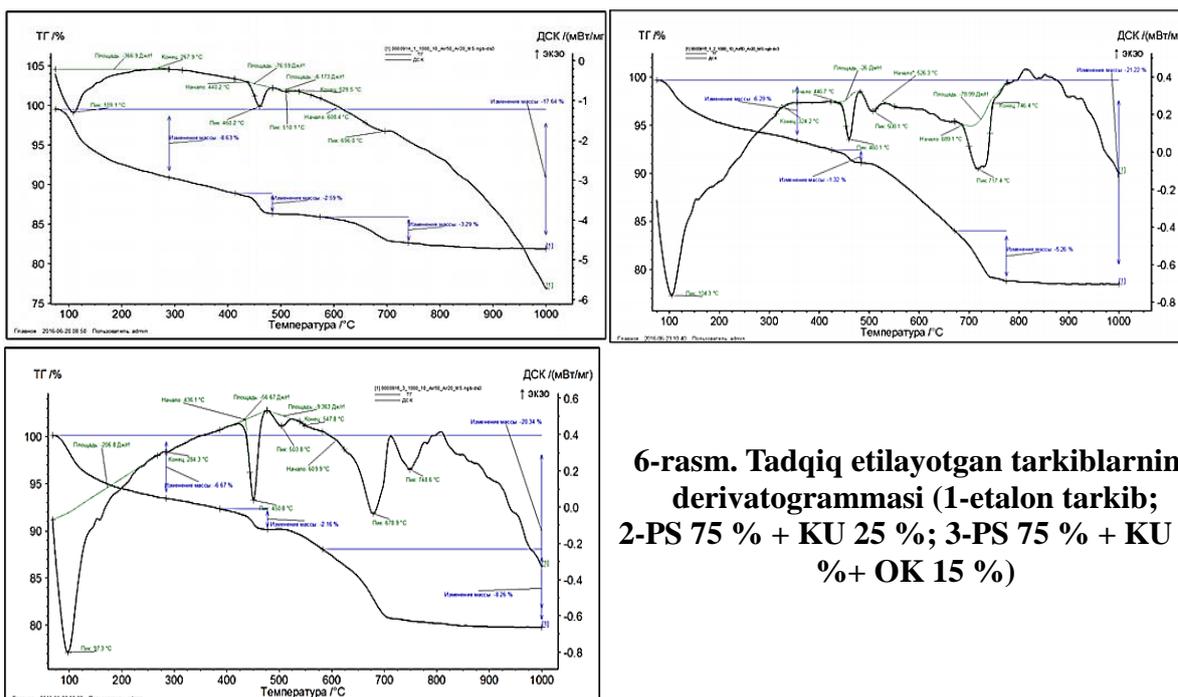
Sinovdan o'tgan namunalar chiziqli deformatsiyalarning bir tekis o'sishi bilan ajralib turdi. Davrlar sonining ko'payishi bilan 2-sonli kompozitsiya uchun deformatsiyalarning to'liq yemirilishgacha bo'lgan maksimal qiymati 5,38 mm/m, binar mikroto'ldirgichli tarkib uchun – 3,22 mm/m ni tashkil etdi. 3-sonli tarkibning sulfatga bardoshliligi ortishi, fikrimizcha, ettringit va taumasit hosil bo'lishiga xizmat qiladigan gips toshining kamayishi bilan, bundan tashqari, sement toshi g'ovaklarining OK mahsulotlari bilan to'ldirilishi orqali o'tkazuvchanlikning keskin pasayishi bilan bog'liq.

Strukturaviy tadqiqotlar-tarkiblarini rentgen fazali va differensial termik tahlillar natijalari ko'rsatishicha, sement toshining modifikatsiyalangan qo'shimchali tarkiblar mustahkamligi ortishi bilan, etalon tarkibidan farqli o'laroq,

erkin portlandit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ cho'qqilarining intensivligi kamaydi va kaltsiy gidrosilikat (CSH) cho'qqilarining intensivligi oshdi (6- va 7-rasm).

Nazorat namunasining derivatogrammasida endoeffektning birinchi cho'qqisi 109°C da kuzatildi. Erkin bog'langan suv yo'qotilishi tufayli massaning kamayishi 8,63 % ni tashkil etdi. Loyiha yoshidagi 2- va 3 - tarkiblarda endoeffektlar mos ravishda $97-104$ va $99-103-120^\circ\text{C}$ oralig'ida namoyon bo'ldi.

Amorf kremniyning yuqori pussolan faolligi tufayli KU kiritilishi natijasida portlanditning diffraksiyon chiziqlari intensivligi sezilarli darajada pasayganligi aniqlandi ($\text{C}_2\text{S}_2\text{H}$ - $d/n=2,09; 1,82; 1,76 \cdot 10^{-10}\text{m}$; CSH(B) - $d/n=3,02; 2,8; 1,83 \cdot 10^{-10}\text{m}$; $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ - $d/n=1,92; 1,87; 1,69 \cdot 10^{-10}\text{m}$; $\text{C}_3\text{S}_3\text{H}_3$ - $d/n=2,74; 2,35; 1,92 \cdot 10^{-10}\text{m}$).



6-rasm. Tadqiq etilayotgan tarkiblarning derivatogrammasi (1-etalon tarkib; 2-PS 75 % + KU 25 %; 3-PS 75 % + KU 10 % + OK 15 %)

Binar mikroto'ldirgichi yordamida modifikatsiyalangan sement toshining rentgenogrammasida $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ ($d/n=1,924 \cdot 10^{-10}\text{m}$) afilitsimon past asosli gidrosilikatlarning qo'shimcha cho'qqilari ko'paygani aniqlandi.

Rentgenogrammalarda kaltsiy gidroksidi cho'qqilarining eng intensiv pasayishi va kaltsiy gidrosilikatlarining shakllanishi KU qo'shib tayyorlangan tarkibida kuzatilgan. Binar mikroto'ldirgichi qo'llanilgan tarkiblarni fizik-kimyoviy tadqiqotlar ma'lumotlariga ko'ra, taklif etilayotgan tarkiblarning gidratsiya darajasi sezilarli darajada oshganini ko'rsatdi.

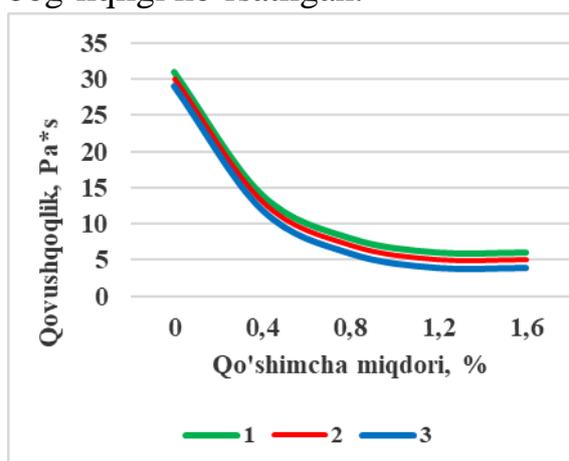
Shuni ham ta'kidlash lozimki, fizik-kimyoviy o'zaro ta'sirlar va "sement+kul uchqindisi+ohaktosh" tizimida sodir bo'ladigan o'zgarishlar natijasida portlanditning ma'lum zaxirasi hosil bo'ladi va ettringit hamda taumasit fazadan deyarli yo'qoladi.

Betonning optimal tarkiblari

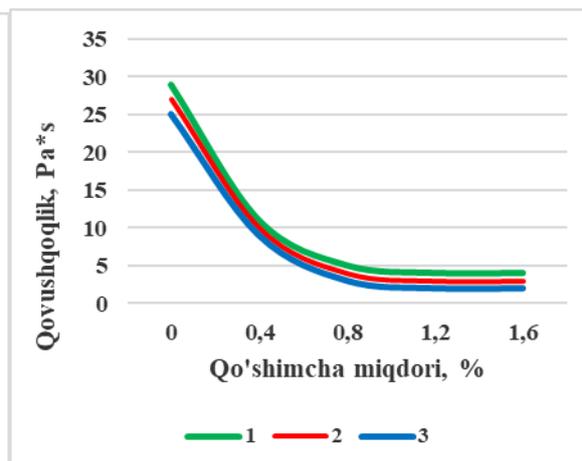
Beton sinfi	KCh, sm	1 m ³ beton uchun material sarfi (kg)							Beton qorishmasining elastik moduli Eb, MPa	Beton qorishmasining Puasson koeffitsiyenti (μ)
		B	BM	Q	Ch	S	S/B	SP, %		
B15	П5 (>20)	190	64	770	1153	190	0.75	0.8	22	0.23
B20	П5 (>20)	219	74	737	1153	190	0.64	0.8	21	0.25
B30	П5 (>20)	309	103	637	1153	190	0.46	0.8	20	0.26

Sement massasining 0,8 % miqdorida POLIMIX qo‘shimchasini nazorat tarkiblariga kiritish modifikatorning giperplastiklashtiruvchi ta‘hiri tufayli harakatchanligi 20 sm dan ortiq bo‘lgan o‘zi zichlashuvchan beton qorishmalarini olish imkonini beradi.

8- va 9-rasmda binar mineral mikroto‘ldirgichining miqdori va POLIMIX qo‘shimchasining optimal dozasi beton qorishmasi qovushqoqligiga ta‘sirining bog‘liqligi ko‘rsatilgan.



8-rasm. Sement va superplastifikator miqdorining beton qorishmasining qovushqoqligiga ta‘hiri (1,2,3-beton qorishmasi uchun sement iste‘moli, mos ravishda 250, 290 va 410 kg/m³)



9-rasm. Binar modifikator va superplastifikator hamda sement sarfining beton qorishmasining qovushqoqligiga ta‘hiri (1,2,3-sement va binar qo‘shimcha iste‘moli, mos ravishda 190+64, 219+74 va 309+103 kg/m³)

Tadqiqot natijalarining tahlili sement iste‘molining ko‘payishi bilan SP ning sterik ta‘sirining oshishi tufayli beton qorishmasining qovushqoqligi pasayishini ko‘rsatdi. SP 1,2 % dozasi bilan ushbu ko‘rsatkich qo‘shimchalarsiz tarkibga nisbatan 6-7 baravar sezilarli darajada kamayadi. SP 0,8 % iste‘mol qilishda OK ning plastiklashtiruvchi ta‘hiri tufayli binar mineral qo‘shimcha kiritilganida, beton qorishmasining qovushqoqligi nazorat tarkibiga nisbatan 8,5-9 baravar pasayadi.

Beton tarkibini optimallashtirishda quyidagi omillarning ta‘hiri o‘rganildi: X₁ - sement massasidan SP (%)ning sarfi; X₂-sement iste‘moli, kg/m³; X₃-Q/Ch

nisbati (qum/chaqiqtosh). Olingan natijalarni qayta ishlash va regressiya tenglamasining ahamiyatsiz koeffitsiyentlarini olib tashlashdan soʻng, binar qoʻshimcha va SP asosida kompleks qoʻshimchalar bilan betonning siqilishga boʻlgan mustahkamligini tavsiflovchi matematik modellar olindi. Koeffitsiyentlarning maksimal va minimal qiymatlari apriori maʼlumotlar va dastlabki tadqiqotlar asosida betonga boʻlgan texnologik talablardan kelib chiqib, quyidagi formulalar yordamida ifodalangan. Aniqlash parametri sifatida Y_{1-28} sutkalik (R_{siq28}) MPa betonning siqilishga boʻlgan mustahkamligi qabul qilindi.

B15 beton sinfi uchun:

$$Y=22,43-10,49X_1^2-107,68X_3^2-0.015X_1X_2+31,54X_1X_3+0,47X_2X_3;$$

B20 beton sinfi uchun:

$$Y=28,89-12,25X_1^2-158,19X_3^2+29,5X_1X_2+0,51X_2X_3;$$

B30 beton sinfi uchun:

$$Y=36,37-9,3X_1^2-180,04X_3^2+0,016X_1X_2+19,01X_1X_3+0,43X_2X_3;$$

Normal sharoitlarda saqlanganidan soʻng beton mustahkamligining oʻzgarish kinetikasi oʻrganildi (5-jadval). Ushbu regressiya tenglamalarini tahlil qilish natijasida SP qoʻshish normal sharoitda saqlangan beton mustahkamligining oʻsishiga sezilarli taʼsir koʻrsatishi maʼlum boʻldi. Shu bilan birga, nafaqat qotishning barcha davrlarida bogʻlovchi sarfi oʻshishi bilan mustahkamlikning ortishi kuzatiladi, balki etalon uchun oʻzgaruvchan muzlash va eritishga (100-250 davr) qarshilik kuchayadi. Modifikatordan foydalanish ikkilik plomba yordamida optimallashtirilgan kompozitsion asosida olingan betonlarning sovuqqa chidamliligini 1-1,5 baravar oshirishga yordam beradi.

5-jadval

Normal sharoitda saqlangan beton mustahkamligining oʻsishi kinetikasi

Beton tarkibi	Beton sinfi	KCh, sm	Beton mustahkamligi, sutkalar (MPa)					Betonning suv oʻtkazmaslik koʻrsatkichlar, W	Muzlashga bardoshlilik koʻrsatkichlari, F	Elastiklik moduli $E_b \cdot 10^3$ / Puasson koeffitsiyenti
			3	7	14	28	90	Suv bosimi (MPa)	davr	MPa/-
								Betonning suv oʻtkazmaslik markasi	Muzlashga bardoshlilik markasi	
Nazorat	B15	4,0	6,4	11,6	15,8	19,8	26,8	0.4	173	23/0.18
			32	58	79	99	134	W-4	150	
	B20	4,0	7.25	14,7	22	25	32,2	0.6	223	25/0.18
			29	59	88	100	129	W-6	200	
	B30	4,0	12,8	23,2	31,6	40	54	1.0	319	28/0.19
			32	58	79	100	135	W-10	300	
Optimal	B15	4,0	7,8	13,8	18,8	23,8	29	0.4	221	25/0.16
			39	69	94	119	145	W-4	200	
	B20	4,0	7,75	16,7	23,5	26,7	33,2	0.6	251	27/0.16
			31	67	94	107	13	W-6	250	
	B30	4,0	14,4	25,6	35,6	44	59,2	1.0	355	33/0.17
			36	64	89	110	148	W-10	350	

Dissertatsiyasining "**Tadqiqot natijalarini ishlab chiqarishga joriy qilish va texnik-iqtisodiy samaradorligini aniqlash**" deb nomlangan beshinchi bobida tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish keltirilgan. Tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MCHJ QK korxonasi amalga oshirildi. Kompleks qo‘shimchani optimal miqdorini beton qorishmalariga kiritish orqali B15 sinfidagi modifikatsiyalangan betonlar olindi va ushbu betonlar asosida ТИ-207103754-40:2023 ga muvofiq ФБС 12.4.6-t markali yerto‘la (podval) devorlarining 48 dona beton bloklari ishlab chiqarildi.

Korxonada yig‘ma beton va temir-beton ishlab chiqarishda kompleks qo‘shimchalar bilan optimal tarkib va texnologiyalarni joriy etishdan olingan iqtisodiy samaradorlik 1 m³ beton uchun 66 097 so‘mni tashkil etdi (2023 yil narxlarida). Kutilayotgan iqtisodiy samara yiliga 2000 dona blok uchun 396 mln. so‘mni (2023 yil narxlarida) tashkil etishi mumkin.

XULOSA

"Binar mikroto‘ldirgichi asosidagi modifikatsiyalangan betonlarning strukturasi va xossalari" mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. Oddiy markali M400 sementi, binar mineral qo‘shimcha va polikarboksilat superplastifikatori asosidagi kompleks qo‘shimchali yuqori sifatli, uzoqqa chidamli va korroziyaga bardoshli betonlarni ishlab chiqarish imkoniyati isbotlangan.
2. Binar qo‘shimcha va polikarboksilat superplastifikatoridan iborat kompleks qo‘shimchani beton qorishmasi tarkibidagi optimal miqdori aniqlandi.
3. Kompleks qo‘shimchadan foydalanish B15, B20, B25 sinfli betonlar uchun 20 sm dan ortiq harakatchalikka ega bo‘lgan o‘zi zichlashuvchan beton qorishmalarini va M400 oddiy markali sementlarida B60 sinfidagi yuqori darajadagi mustahkam beton olish imkonini berdi.
4. Binar mikroto‘ldirgich tarkibidagi ohaktosh kukuni g‘ovaklarni kolmatatsiya qilishi tufayli, kompozitning o‘tkazuvchanligini sezilarli darajada kamaytirishi va betonning ishqor yuvilishi korroziyasiga qarshi chidamliligini oshirishi isbotlandi.
5. Kalsiy gidroksidning amorf kremniy dioksidi bilan to‘liq bog‘lanmaganligi pH muhitining kerakli ko‘rsatkichlarini ta‘minlab, bu esa karbonizatsion korroziyaga qarshi bardoshlilikni oshirishga yordam beradi.
6. Sementning bir qismini binar qo‘shimcha bilan almashtirish gidratatsiyani kuchaytirishi, gidrosilikat fazalarining tarkibini oshirishi va tarkibida gips toshining o‘rniga qotishni sekinlashtiruvchi qo‘shimcha sifatida ohaktoshning qo‘llanilishi ettringit va taumasit minerallarining tarkibida hosil bo‘lishining oldini olishiga va natijada sement kompozitsiyasining sulfat korroziyasiga nisbatan qarshiligini oshirishga yordam beradi.
7. Beton qorishmasining tarkibini optimallashtirishda sement bog‘lovchisining 25 % gacha sezilarli darajada tejalishini ta‘minlash, shuningdek g‘ovak strukturasi konfiguratsiyasini yaxshilash orqali betonning muzlashga

bardoshlilikini 1-1,5 baravar, suv o'tkazmaslik ko'rsatkichini 1 markaga oshirish mumkinligi aniqlandi.

8. B15 beton sinfi uchun "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MCHJ QK zavodida yig'ma beton va temir-beton ishlab chiqarishda kompleks qo'shimchalar bilan ishlab chiqilgan betonning optimal tarkibini ishlab chiqarish joriy etish natijasidagi iqtisodiy samara 1 m³ betonga 66 097 so'mni tashkil etdi (2023 yil narxlarida). "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MCHJ QK zavodining ushbu turdagi mahsulotlariga talab barqaror bo'lgan taqdirda kutilayotgan iqtisodiy samara 396 mln. so'mni tashkil etishi mumkin.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АБДУЛЛАЕВ УЛУГБЕК ХАКИМОВИЧ

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ
С БИНАРНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ**

Специальность 05.09.05-«Строительные материалы и изделия»

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за В2023.2.PhD/Т2329.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного Совета (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Адилходжаев Анвар Ишанович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Хасанов Бахридин Баратович**
доктор технических наук, профессор

Илясов Алланазар Тореханович
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2023 г. в ____ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийўлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz, tstu@exat.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - _____). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Темирийўлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66).

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2023 года.
(протокол реестра № _____ от « ____ » _____ 2023 года).

С.С. Шаумаров

Заместитель председателя научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

У.З. Шермухамедов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.А. Ишанхаджаев

Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на современном этапе развития строительной индустрии приоритетным направлением является внедрение в производство инновационных разработок, направленных на существенное снижение энергозатрат с использованием экологически чистых технологий и обеспечивающих альтернативу традиционным строительным материалам.

В мире цементной промышленности разработка композитных вяжущих с низким энергопотреблением и альтернативой основному вяжущему-цементу является перспективным направлением, так как это связано не только со снижением ресурсопотребления и уменьшением выбросов газа CO₂ в атмосферу, но и с получением цементных композитов с наперед заданным комплексом свойств. В промышленности строительных материалов в соответствие с разработанной в нашей стране концепцией "зеленый бетон" реализуются актуальные вопросы модернизации строительства с целью использования попутных продуктов промышленности и получения бетонов с улучшенными физико-механическими, химическими и реотехнологическими свойствами при снижении потребления портландцементного клинкера. В данном контексте значительное предпочтение отдано использованию бинарных микронаполнителей.

В нашей республике, в сфере развивающейся высокими темпами строительной индустрии были достигнуты существенные результаты в вопросах повышения качества и улучшения свойств цементных бетонов путем введения в их состав высокоэффективных химических добавок и минеральных наполнителей, снижения себестоимости, производимых бетонных и железобетонных конструкций, а также повышения надежности возводимых зданий и сооружений. Вместе с тем, возникает крайняя необходимость в активизации научно-исследовательских работ, направленных на дальнейшее повышение качества бетонных и железобетонных конструкций, разработка коррозионностойких составов и снижения их массы за счет достижения высоких прочностных показателей и сейсмической стойкости. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы поставлены такие задачи, как «...принять меры по повышению до 2026 года на 20 процентов энергоэффективности экономики и сокращению на 20 процентов объема выброса вредных газов в атмосферу путем внедрения технологий «зеленой экономики» во все сферы...»². При реализации этих задач интенсивно ведется работа по разработке модифицированных бетонов с использованием большого количества промышленных отходов, образующихся в регионах Республики Узбекистан. Одним из важных вопросов реализации этих задач является создание и совершенствование существующих технологий изготовления высококачественных и долговечных, а именно коррозионностойких конструкций и изделий с

² Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

применением бинарных микронаполнителей различной природы на основе системы «кварц+карбонат».

Исследование в определенной степени служит выполнению задач предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-6119 от 27 ноября 2020 года «Об утверждении стратегии модернизации, ускоренного и инновационного развития строительной отрасли Республики Узбекистан на 2021-2025 годы», №УП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли производства строительных материалов», а также других нормативных документов, касающихся отрасли строительства.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Настоящее исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан: II. «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Важное значение в проблеме снижения расхода материалов и энергии в цементных системах, а также улучшения их свойств имеют исследования по модификации бетона минеральными наполнителями.

Основы применения таких добавок в многокомпонентных высококачественных бетонах были заложены известными зарубежными учеными В.И. Соломатовым, Г.И. Горчаковым, Ю.М. Баженовым, Л.И. Дворкиным, П.Г. Комоховым, А.В. Волженским, Ю.М. Буттом, И.А. Рыбьевым, Б.В. Гусевым, Э. Фрейсиным, А.А. Афанасьевым, Н.Б. Урьевым, С.М. Мчедлов-Петросяном, В.Г. Батраковым, В.Н. Выровым, А.Г. Комаром, А.С. Пантелеевым, В.Т. Ерофеевым, В.И. Калашниковым, В.И. Кондращенко, Т.И. Петровой, С.В. Шестоперовым, А.Е. Шейкиным, П. А. Ребиндером, В.Г. Батраковым, В.Б. Ратиновым, А.В. Ушеров-Маршаком, В.С. Рамачандраним, Б.Р. Фаликманом, В.М. Колбасовым, С.М. Рояком, В.В. Тимашевым, Т.В. Кузнецовой Х. Тейлором, М. Регуром, М. Коллепарди, Р. Кондо, Д. Ройом, К. Хаттором, М. Даймоном, R. Fere, G. Hintze, F. Loher, T. Thorvaldson, F.J. Hogan, L.U. Spellman, A. Walter, H. Uchikawa, Sh. Hanehara, F. Lallard, T.S. Do, A. Durecovic, S. Sarcar, I. Older, V. Yogendran, P. Aitchin, M. Cheurexu, E.G. Deharrard, V. Mechtherine, P.T. Santhosh, M. Schmidt, P. Kleingelhöfer, D. Frank, K. Fridemenn, P. Richard, и другими зарубежными учеными.

В Республике Узбекистан в разные годы научные исследования в сфере использования мелкодисперсных минеральных порошков в технологии многокомпонентных высококачественных бетонов проводили такие ученые, как А.И. Адилходжаев, А.А. Тулаганов, Э.У. Касимов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, Б.Б. Хасанов, В.М. Цой, И.М. Махаматалиев, К.С. Умаров и др.

В выполненных ранее указанными авторами исследованиях, недостаточно рассмотрены вопросы повышения качества и долговечности бетонов и их устойчивости к возникновению коррозии цементного камня при

использование рядового цемента М400 и бинарных микронаполнителей на основе «кварц + карбонат».

В результате теоретических и экспериментальных исследований, особое внимание было уделено вопросам получения качественного и долговечного бетона устойчивого к агрессивным средам, с использованием местного сырья и рядового портландцемента М400.

Соответствие диссертации планам научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.

Диссертационная работа выполнена в рамках проекта «Оптимизация состава и прогнозирование свойств многокомпонентных высококачественных бетонов на основе полиструктурной теории композиционных материалов» научно-исследовательской работы Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта № БВ-Ф4-04 (2018-2020).

Цель исследования заключается в получении высококачественного и долговечного бетона, с повышенной коррозионной стойкостью за счет применения бинарных микронаполнителей на основе золы-уноса и известняка.

Задачи исследования:

обоснование возможности получения высококачественных и долговечных бетонов на основе бинарного микронаполнителя и портландцемента М400;

исследование особенностей формирования структуры цементного камня, модифицированного бинарным микронаполнителем различной природы;

исследование влияния минеральных добавок на основе золы и известнякового порошка на реотехнологические, физико-механические и химические свойства бетонной смеси и бетона;

техничко-экономическое обоснование результатов исследований и проведение апробации в производстве.

Объектом исследования являются бетоны на основе бинарного микронаполнителя, разработанного с использованием добавок различной природы.

Предметом исследования является изучение закономерностей структурообразования и формирование физико-механических, химических и технологических параметров бетонов оптимального состава, изготовленного с использования бинарного микронаполнителя на основе золы-уноса и известняка.

Методы исследования. В процессе исследований использовались современные методы физико-химического анализа, стандартизированные методы изучения свойств и показателей качества цементного бетона, а также математические методы проектирования составов и оптимизации технологических переделов изготовления цементного бетона, статистические методы обработки анализа результатов эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснована с учетом потенциальной активности бинарного микронаполнителя на основе золы уноса ТЭС и известняка возможность получения высококачественного, долговечного и коррозионно стойкого бетона на основе рядового портландцемента М400 с минимальным расходом вяжущего;

доказано, что направленным воздействием бинарного микронаполнителя на процесс структурообразование возможно получение композита с заданными технологическими и эксплуатационными показателями;

условлено, что применение известняка как замедлителя схватывания за счет снижения содержания гипса в составе цементного вяжущего до 1,5% позволяет значительно сократить образования минералов этtringита и таумасита, и, как следствие обеспечить повышение стойкости цементного композита против сульфатной коррозии;

доказано, что наличие известняка в составе бинарного микронаполнителя способствует кольматированию сквозных пор цементного камня повышая его непроницаемость, кроме того не полное связывание гидрооксида кальция аморфным кремнеземом обеспечивает требуемые показатели рН среды, что в итоге способствует повышению устойчивости против карбонизации и выщелачивания.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

для изготовления высококачественных, долговечных и коррозионностойких монолитных и сборных железобетонных конструкций разработаны оптимальные составы бетонных смесей с использованием бинарного микронаполнителя системы “кварц+карбонат”.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что исследования проводилось с использованием современных методов физико-химического анализа и физико-механических испытаний, средств и приемов математического планирования эксперимента, соответствием выводов, полученных в результате эксперимента, с теоретическими закономерностями, а также апробацией разработки в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается развитием и расширением представлений о формировании структуры цементных бетонов на основе бинарного наполнителя системы “кварц+карбонат”.

Практическая значимость результатов исследования заключается в получении высококачественных, долговечных и коррозионно стойких бетонов с низким расходом вяжущего и требуемыми показателями свойств с использованием бинарных добавок на основе местного сырья.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по изучению закономерностей формирования структуры бетонов, модифицированных бинарных микронаполнителей внедрены:

в производство СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка Ассоциации “Узпромстройматералы” №05/15-2071 от 12 октября 2023 года). В результате, экономическая эффективность, полученная от внедрения оптимального состава и технологии с комплексными добавками при производстве сборного бетона и железобетона для бетона класса В15, составила 66 097 сумов на 1 м³ бетона (в ценах 2023 года). Внедрение результатов исследований в производство позволило сократить расход цемента в 1,25 раза, увеличить морозостойкости 1-1,5 раза и водонепроницаемость бетона на одну марку;

разработана и утверждена технологическая инструкция в лаборатории СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» («Технологическая инструкция ТИ 207103754 - 40:2023 по производству блоков бетонных для стен подвалов по O‘z DSt 778-97 из комплексно-модифицированного бетона с бинарным наполнителем») обеспечила выпуск продукции требуемых показателей свойств. Ожидаемый экономический эффект составил 396 млн. сум (в ценах 2023 года).

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 3 международных и 5 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 23 научных работ, из них 12 научных статей, в зарубежных журналах, в том числе 1 в базе SCOPUS, 5 в республиканских научных журналах, рекомендованных ВАК РУз. Кроме того получено 2 свидетельства на компьютерные программы Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структур и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 120 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследований, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практические результаты, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены данные по внедрению в практику результатов исследования, опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Состояние вопроса и задачи исследования**» представлен анализ исследований в области снижения материальных и энергетических расходов с цементных системах, а также модификации структуры бетона бинарными минеральными модификаторами на основе системы «кварц+карбонат», в которых подробно описывались задачи, связанные с проектированием высококачественного, долговечного и

коррозионностойкого бетона с изучением механизмов влияния химических модификаторов и бинарных минеральных микронаполнителей на технологические и физико-химические свойства цементной системы.

В Республике Узбекистан в технологии бетонов нашли широкое применение минеральные наполнители: зола-уноса, глинозём, электротермофосфорные шлаки, базальт, барханные пески, отходы медной промышленности, цеолитсодержащие породы, известняк и другие. В разные годы исследователями отмечено, что для получения «зеленого бетона», обеспечения экологических, экономических и ресурсосберегающих аспектов разрабатываемого композита необходимо больше внимания уделить использованию кремнийсодержащих отходов промышленности. В республике скопились многотоннажные отходы золы-уноса. Из-за существенных недостатков такой добавки (увеличенная водопотребность смеси, увеличенная скорость коррозии арматуры в следствие ускоренной карбонизации за счет снижения щелочности поровой жидкости, не постоянного химического состава и т.д.) в настоящее время широкое применение такой добавки в чистом виде в технологии бетона сдерживается, несмотря на то, что на основе такой добавки выполнены многочисленные исследования и разработаны составы цементного композита с использованием золы-уноса. В качестве перспективной добавки также следует признать известняк-вещество способное интенсифицировать ход течения гидратационных процессов, уменьшить водопотребность смеси и, что очень важно, способствовать кольматированию порового пространства и т.д. Широкое применение этих добавок, в чистом и раздельном виде также сдерживается из-за того, что в структуре формирующегося композита наблюдается зарождение «позднего» этtringита и таумасита в результате реакции с гипсом приводящих к снижению сульфатостойкости композита. Совместное использование в качестве бинарного наполнителя «кварц+карбонат» не позволяет в полной мере решить вопросы долговечности и коррозионностойкости разрабатываемого материала. Поэтому необходимо активизировать научные исследования для поиска оптимальных решений разработки цементных композитов с бинарными наполнителями на основе «зола-уноса+известняк» для получения высококачественных, долговечных и коррозионностойких бетонов.

Исходя из литературного обзора сформулирована рабочая гипотеза диссертационной работы, а также определены цели и задачи исследования.

Рабочая гипотеза: основываясь на современных представлениях о физическо-химических взаимодействиях, происходящих в цементной системе, модифицированного бинарным микронаполнителем, рассмотрев в качестве минеральной добавки с одной стороны известняк в качестве наполнителя способствующего кольматированию крупных пор, снижению проницаемости цементного камня и выступающего в качестве замедлителя схватывания, и с другой стороны золы-уноса-минерального порошка благоприятно влияющего на ход течения гидратации, предполагается возможным разработку оптимального состава высококачественного, долговечного и

коррозионностойкого бетона с наперед заданными комплексом свойств.

Во второй главе диссертации **«Методы исследования и применяемые материалы»** представлены физико-механические и химические свойства материалов, использованных в экспериментальных исследованиях, а также подробно описаны технические характеристики лабораторного оборудования, методы исследования высококачественного, долговечного и коррозионностойкого бетона на основе бинарного микронаполнителя.

В диссертационной работе в качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ I 32.5Н завода “Ахангаранцемент”, в качестве мелкодисперсного наполнителя золошлаковые отходы Ново Ангреновской ТЭС и известняк (Мурунтовского месторождения), в качестве химической добавки новое поколение высокоэффективных суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров POLIMIX фирмы ARMENT CONSTRUCTION CHEMICALS.

На основе целей и задач диссертации обоснованы и подобраны методы исследования. В исследованиях использовались стандартные методы тестирования строительных материалов, а также математико-регрессионные и математико-статистические методы. Кроме этого, в исследованиях применялся математический метод планирования экспериментов для оптимизации составов бетонных смесей: “Определение физико-механических параметров бетона на основе наполнителей различной природы” и “Оптимизация состава бетона на основе наполнителей различной природы”.

Третья глава диссертации **«Влияние добавок на основе бинарного микронаполнителя на структуру и свойства цементного вяжущего»** посвящена результатам выполненных экспериментальных исследований по разработке и оптимизации структуры и свойств смешанных цементных вяжущих с использованием бинарных наполнителей, изучению вопросов механоактивации и помола известняка, водопотребности и сроков схватывания цементных паст, водоотделения модифицированных смесей и развития усадочных деформаций в твердеющей системе, пористости и прочности цементного камня, коррозионной стойкости разрабатываемого композита и другие свойства.

Полученные из экспериментов результаты размолла известняка представлены на рис. 1.

Измельчение известняка осуществлялось при ударно-истирающем режиме работы лабораторной шаровой мельницы ШЛМ-100. Результаты полученного исследования показали, что при измельчении в течение 80 минут удельная поверхность материала достигает значения $3100 \text{ см}^2/\text{гр}$. Вместе с этим, средний диаметр частиц уменьшается с 13,1 до 6,2 микрон. Количество остатков на сите №008 порошка, измельченного в течение 50 минут, уменьшаются с 63,1 до 19,2 %. К 60-й минуте механической активации остаток на сите №008 увеличился с 19,2 до 27,2 %, что свидетельствует о наступлении процесса агрегации частиц дальнейший процесс измельчения является непродуктивным.

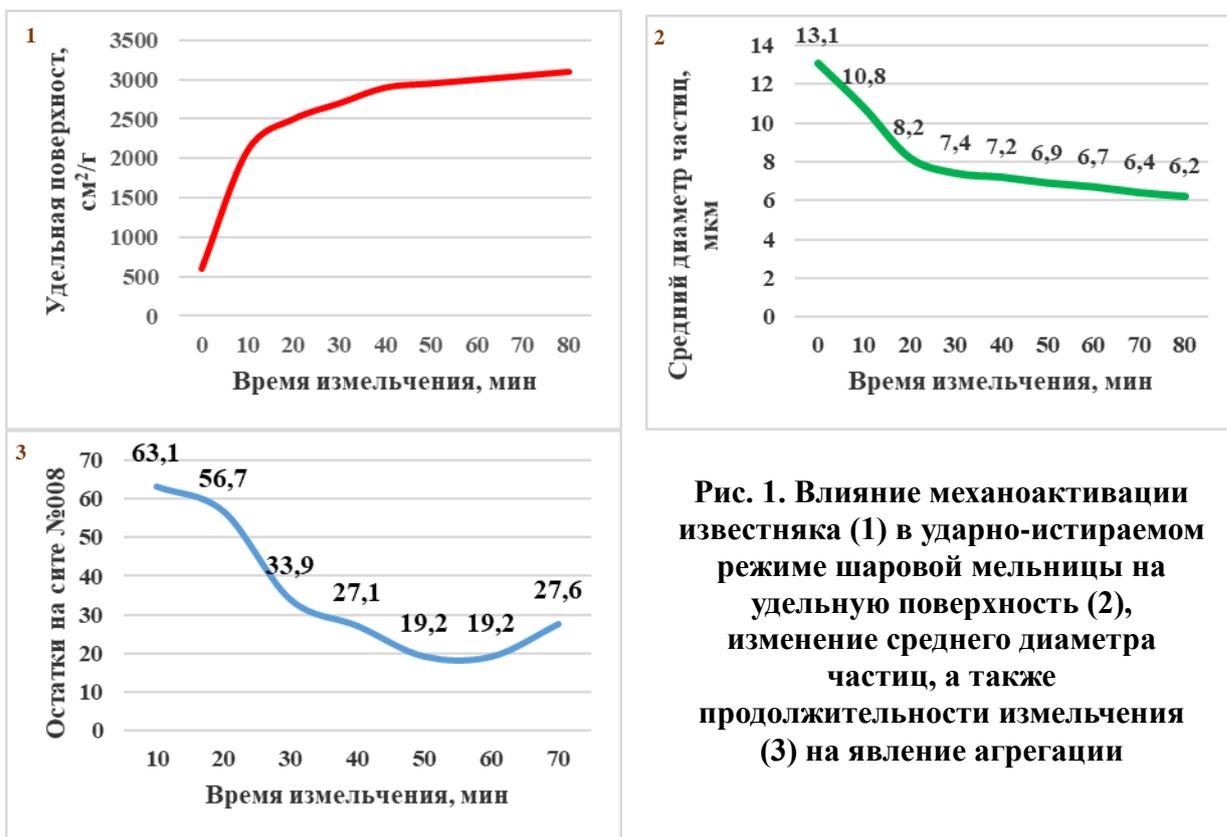


Рис. 1. Влияние механоактивации известняка (1) в ударно-истираемом режиме шаровой мельницы на удельную поверхность (2), изменение среднего диаметра частиц, а также продолжительности измельчения (3) на явление агрегации

Водоотделение в портландцементе в значительной степени зависит от минералогического и гранулометрического состава клинкера, а также от удельной поверхности. Исходя вышеизложенного были проведены исследования на водоотделения исследуемых составов.

Модифицированный зольным наполнителем состав полученный путем замены 25% цемента добавкой приводит к увеличению водоотведения на 14 % по сравнению с составом без добавки. Замена части цемента ИП обеспечивает снижение этого показателя на 7 % по сравнению с эталонным составом (рис. 2). Это связано с пластифицирующим действием известняка повышающий водоудерживающую способность цементной системы.

В процессе затвердевания цементного камня происходят объемные изменения и линейная усадка цементного камня. Усадочные деформации является одним из основных показателей качества бетона и требует исследования наряду с такими свойствами, как прочность и устойчивость к коррозии (рис. 3).

Исследования усадочных деформаций образцов 28 суточного возраста твердевших в нормальных условиях хранения показали, что в модифицированном составе состоящего из 10 % ЗУ и 15 % ИП усадка сократилось на 40 % по сравнению с контрольным составом, и на 25% по сравнению с 2-составом что является наилучшим показателем среди составов.

В третьей главе также представлены результаты исследования характеристик поровой структуры образцов. В ходе экспериментов были детально изучены три типа состава:

№1 - контрольный состав, состоящий только из цемента; №2 – ПЦ 75 %+ЗУ 25%; №3 - ПЦ 75%+ЗУ 10%+ИП 15%.

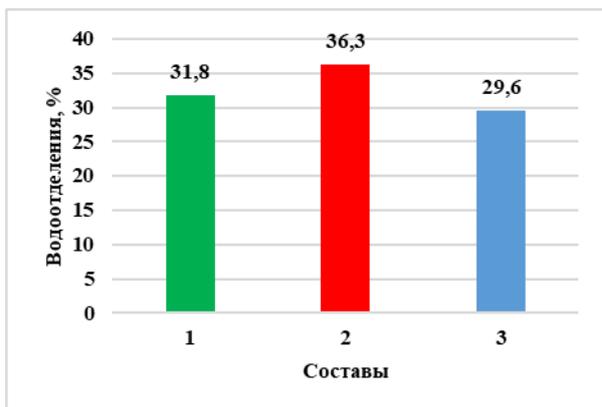


Рис. 2. Водоотделения исследуемых составов (1-эталонный состав; 2-ПЦ 75 %+ЗУ 25 %; 3-ПЦ 75 %+ЗУ 10 %+ИП 15 %)

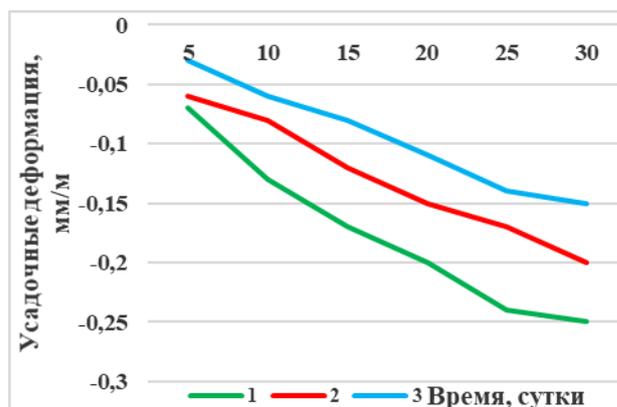


Рис. 3. Усадочные деформации исследуемых составов (1-эталонный состав; 2-ПЦ 75 %+ЗУ 25 %; 3-ПЦ 75 %+ЗУ 10 %+ИП 15 %)

Результаты распределения пор по размерам (дифференциальная пористость) и удельного объема пор (интегральная пористость), исследуемых образцов цементного камня представлены на рис.4.

Результаты анализа распределения пор по размеру свидетельствуют о том что введение модификаторов (составы 2 и 3) в композиционный состав привело к уменьшению общей и интегральной пористости (рис. 5) на 11,23 % (состав 2) и 14,41 % (состав 3) по сравнению с контрольным образцом. Также установлено, что модификация вяжущего бинарным наполнителем способствовало снижению микропористости по сравнению с эталонным составом (№ 2 – на 3,2 % и № 3 – на 3 %). Количество микро- и ультрапор возросло (№ 2 – на 3,6 % и № 3 – на 15,02 %).

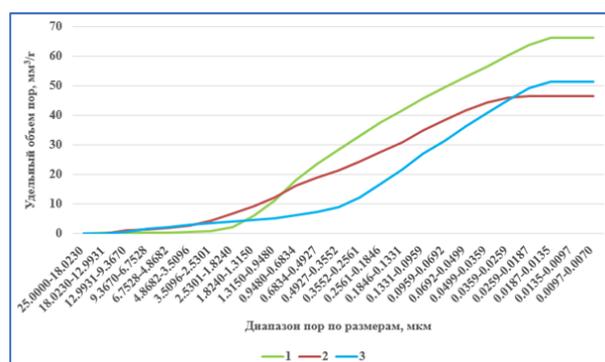
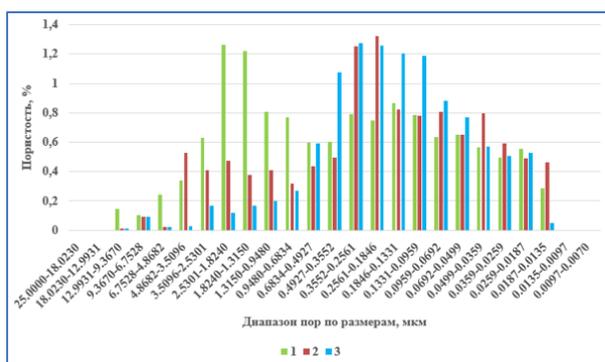


Рис. 4. Общая пористость и удельный объем пор исследуемых составов проектного возраста (1-эталонный состав; 2-ПЦ 75 %+ЗУ 25 %; 3-ПЦ 75 %+ЗУ 10 %+ИП 15 %)

Полученные данные показали, что в составе 3 наблюдается изменение конфигурации и формы пор в начальном периоде затвердевания. При анализе относительных объемных показателей пористости 2-й и 3-й композиций, наблюдается снижение от 32 % до 27 % и от 33 % до 28 % количества указанных пор по сравнению с эталонным составом соответственно.

Полученные данные пористости свидетельствуют о том, что в составе №3 за счет коагулирующего эффекта известняка количество крупных пор существенно уменьшается и увеличиваются количества гелевых пор, что в конечном итоге приводит к значительному снижению проницаемости композита.

Сравнение поровой структуры цементного камня с разными добавками указывают на то, что наиболее благоприятным с точки зрения снижения количества макро-, мезо- и микрокапилляров, повышения степени гидратации и прочности цементного камня является состав с бинарным наполнителем.

Результаты исследования выщелачивания гидроксида кальция из эталонного и модифицированных составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели выщелачивания исследуемых образцов

Исследуемые составы	Выщелачивание в дистиллированной воде, мг/л	Выщелачивание в растворе с карбонатом ангидридом (0,5 %), мг/л
Контрольный состав	1350	981
Состав с золой-уноса 25%	875	705
Состав с бинарным наполнителем (ЗУ10%+ИП15%)	860	640

Как видно из приведенных выше результатов, модифицированный состав с бинарным микронаполнителем обладает высокой стойкостью против выщелачивания.

Определение скорости и степени карбонизации цементного камня, хранящегося в течение 28 суток в нормальных условиях, было изучено с использованием метода принудительной карбонизации рис. 5.

Состав №2 при принудительной карбонизации связывает 395 мг CO_2 в пересчёте на 1 грамм клинкера. Степень карбонизации модифицированного состава №2 составила 76,5 %. В 1 грамме цемента, модифицированного состава с помощью бинарного микронаполнителя, при принудительной карбонизации связывается 285 мг CO_2 . Степень карбонизации составов №1 и №3 составила 57,0 % и 56,8 % соответственно. Увеличение карбонизационной стойкости состава №3 связано с тем, что введение в ограниченном количестве ЗУ в систему создает в определенной степени резерв из не соединившихся гидроксидов кальция обеспечивающих необходимые показатели рН среды.

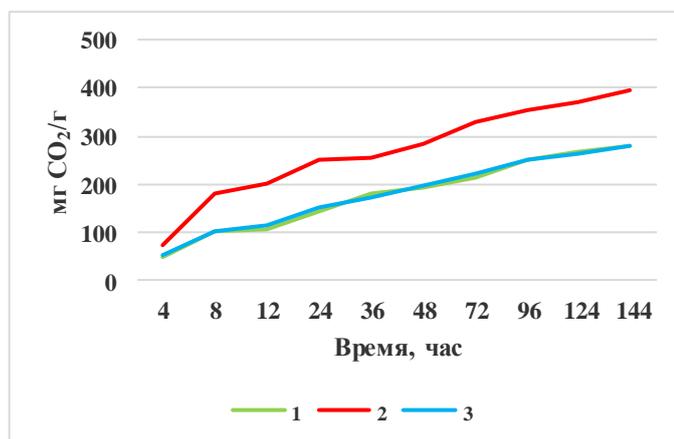


Рис. 5. Кинетика карбонизации исследуемых составов (1-эталонный состав; 2-ПЦ 75 %+ЗУ 25 %; 3-Портландцемент 75 %+ ЗУ 10 %+ИП 15 %)

Для определения сульфатостойкости исследуемых составов применяли ускоренный метод предложенной Б.Г. Скрамтаевым (табл. 2).

Таблица 2

Сульфатостойкость исследуемых образцов

Составы	Деформации образцов, мм/м					Количество циклов, проведённых до разрушения
	3 цикл ов	6 цикл ов	9 цикл ов	12 цикло в	Деформация перед разрушением	
Контрольный состав	0.16	0.22	1.65	-	5.62	9
Состав с ЗУ(25%)	0.13	0.25	1.52	3.23	5.38	15
Состав с бинарным наполнителем (ЗУ10%+ИП15%)	0.08	0.18	0.62	1.25	3.22	21

Испытанные образцы характеризовались равномерным ростом линейных деформаций. С увеличением количества циклов максимальное значение деформаций до полного разрушения для состава №2 составило 5,38 мм/м, для состава с бинарным микронаполнителем – 3,22 мм/м. Повышение сульфатостойкости состава №3 видимо связано с сокращением количества гипсового камня, стимулирующего образование этрингита и таумасита, кроме того снижением проницаемости за счет кольматации пор цементного камня продуктами ИП.

Структурные исследования - рентгенофазовый и дифференциально-термический анализы составов показали, что с увеличением прочности цементного камня с модифицирующей добавкой, в отличие от эталонного состава, пики свободного портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ уменьшались, а пики гидросиликата кальция (CSH) увеличивались (рис. 6 и 7).

На дериватограмме контрольного образца первый пик эндоэффекта наблюдался при 109 °С. Уменьшение массы из-за потери свободно связанной воды составило 8,63%. В 2- и 3-составах проектного возраста эндоэффекты наблюдались в диапазоне 97-104 и 99-103-120 °С соответственно.

Установлено, что в результате введения ЗУ из-за высокой пуццолановой активности аморфного кремния значительно снизилась интенсивность

дифракционных линий портландита (C_2S_2H - $d/n=2,09$; $1,82$; $1,76 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $CSH(B)$ - $d/n=3,02$; $2,8$; $1,83 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $C_3S_2H_3$ - $d/n=1,92$; $1,87$; $1,69 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $C_3S_3H_3$ - $d/n=2,74$; $2,35$; $1,92 \cdot 10^{-10} \text{ м}$).

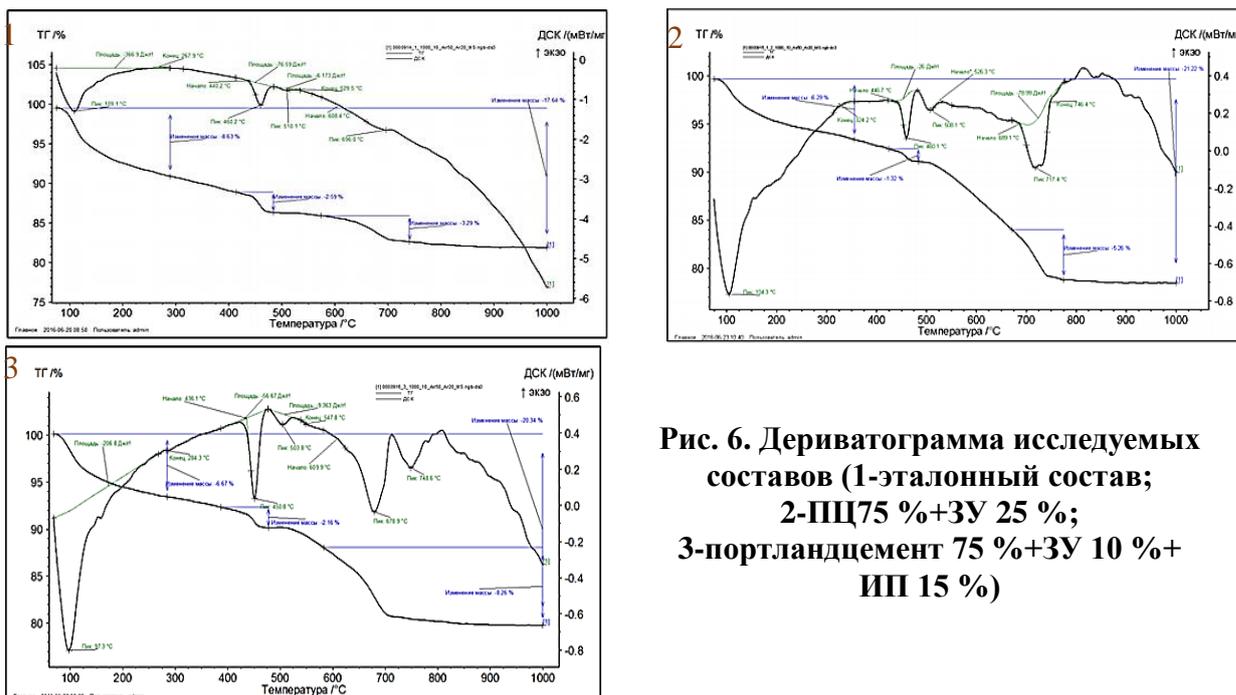


Рис. 6. Дериватограмма исследуемых составов (1-эталонный состав; 2-ПЦ75 %+ЗУ 25 %; 3-портландцемент 75 %+ЗУ 10 %+ ИП 15 %)

На рентгенограмме цементного камня, модифицированного с использованием бинарного микронаполнителя, наблюдалось увеличение дополнительных пиков гидросиликатов с низким содержанием аффилитподобных оснований $C_3S_2H_3$ ($d/n=1,924 \cdot 10^{-10} \text{ м}$).

Наиболее интенсивное снижения пиков гидроксида кальция на рентгенограммах и образования гидросилакатов кальция наблюдался в составе с ЗУ. По данным физико-химических исследований составов с бинарным наполнителем показал существенное увеличение степени гидратации предлагаемых составов. Необходимо также отметить, что при физико-химических взаимодействиях и превращения протекающих в системе “цемент+зола-уноса+известняк” формируется некоторый запас портландита и практически из состава фазы удаляется эттрингит и таумасит. В результате этого обеспечивается стойкость композиций к сульфатной и карбонизационной коррозиям.

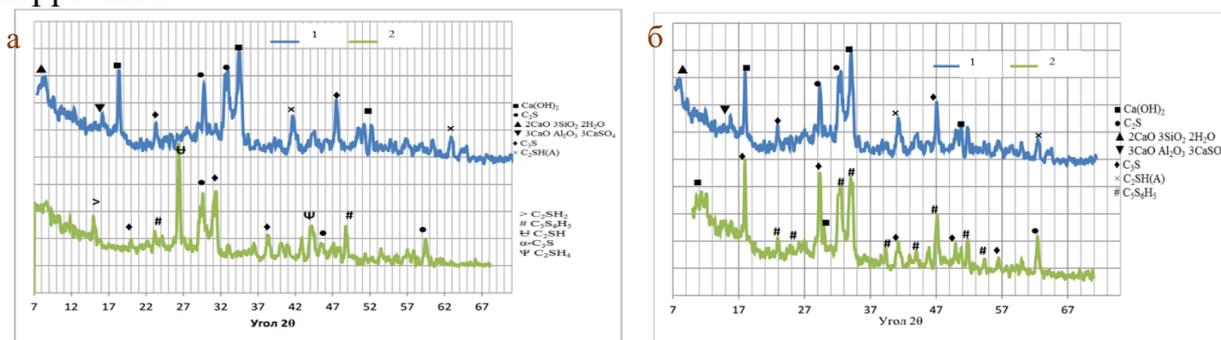


Рис. 7. Рентгенограмма исследуемых образцов а - (1- контрольный состав; 2-ПЦ 75%+ЗУ 25 %) б - (1-контрольный состав; 2-ПЦ 75%+ЗУ 10 %+ИП 15 %)

В четвёртой главе диссертации «Влияние поликарбоксилатного суперпластификатора и добавок на основе бинарного микронаполнителя на свойства бетонной смеси и бетона» представлены результаты исследования по изучению влияния технологических факторов на свойства бетонной смеси и бетона, оптимизации составов бетонных смесей с добавкой СП и бинарного микронаполнителя, а также физико-механических свойств модифицированных бетонов.

Для изготовления монолитных и сборных железобетонных изделий и конструкций в Республике Узбекистан в основном применяются бетоны на основе портландцемента марки М400 классов В15, В20 и В30. Из принятых к исследованию исходных материалов, изготовлены образцы бетонов и произведена их оптимизация с помощью программы EXCEL (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Контрольные составы бетона

Класс бетона	ОК, см	Расход материалов на 1 м ³ (кг)					Модуль упругости бетонной смеси E _b , МПа	Коэффициент Пуассона бетонной смеси (μ)
		Ц	П	Щ	В	В/Ц		
В15	П1 (1-4)	254	770	1153	190	0.75	32	0.17
В20	П1 (1-4)	293	737	1153	190	0.64	31	0.16
В30	П1 (1-4)	412	637	1153	190	0.46	30	0.14

Введение добавки POLIMIX в контрольные составы в количестве 0,8 % от массы цемента позволяет получить самоуплотняющиеся бетонные смеси с подвижностью более 20 см, за счет гиперпластифицирующего эффекта модификатора.

На рис. 8 и 9 показано зависимость влияния количества бинарного наполнителя и оптимальной дозировки POLIMIX на вязкость бетонной смеси.

Таблица 4

Оптимальные составы бетона

Класс бетона	ОК, см	Расход материалов на 1 м ³ (кг)							Модуль упругости бетонной смеси E _b , МПа	Коэффициент Пуассона бетонной смеси (μ)
		Ц	БД	П	Щ	В	В/Ц	СП, %		
В15	П5 (>20)	190	64	770	1153	190	0.75	0.8	22	0.23
В20	П5 (>20)	219	74	737	1153	190	0.64	0.8	21	0.25
В30	П5 (>20)	309	103	637	1153	190	0.46	0.8	20	0.26

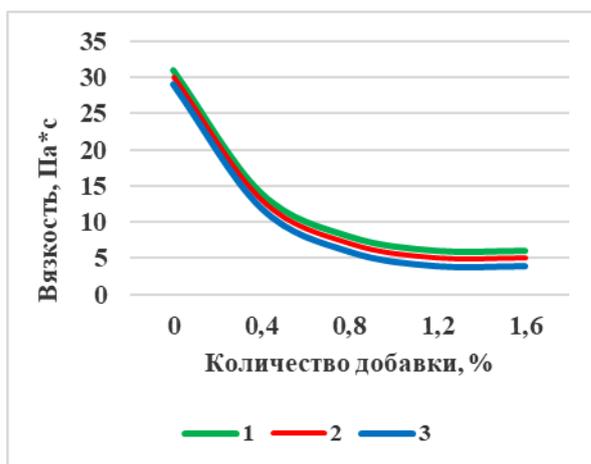


Рис. 8. Влияние расхода цемента и суперпластификатора на вязкость бетонной смеси (1,2,3- расход цемента на бетонную смесь, соответственно 250, 290 и 410 кг/м³)

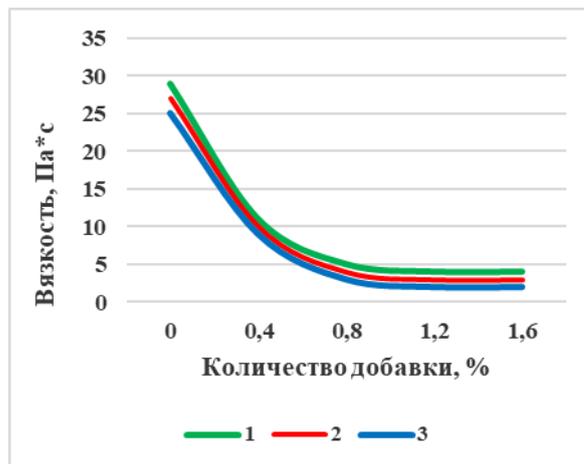


Рис. 9. Влияние расхода цемента с бинарным микронаполнителем и суперпластификатора на вязкость бетонной смеси (1,2,3- расход цемента и бинарного микронаполнителя, соответственно 190+64, 219+74 и 309+103 кг/м³)

Как показал анализ результатов исследования, с увеличением расхода цемента за счет возрастания стерического эффекта от действия СП вязкость бетонной смеси снижается. При дозировке СП 1,2 % наблюдается значительное снижение этого показателя в 6-7 раз по сравнению с составом без добавок. При введении бинарного микронаполнителя за счет пластифицирующего эффекта ИП при расходе СП 0,8 % вязкость бетонной смеси снижается на 8,5-9 раз по сравнению с контрольным составом.

При оптимизации составов бетонов изучалось влияние следующих факторов: X_1 - расход СП (%) от массы цемента; X_2 - расход цемента, кг/м³; X_3 -соотношение П/Щ (песок/щебень). После обработки полученных результатов и отсева незначимых коэффициентов уравнения регрессии была получена математическая модель описывающая прочность на сжатие бетона с комплексной добавкой на основе бинарного наполнителя и СП. Максимальные и минимальные значения коэффициентов были определены на основе априорных данных и технологических требований к бетону на основе предварительных исследований выражены с помощью следующих формул. В качестве выходного параметра был принят: Y_1 –прочность бетона на сжатие в 28-суточном возрасте ($R_{сж28}$) МПа;

Для бетона класса В15:

$$Y=22,43-10,49X_1^2-107,68X_3^2-0.015X_1X_2+31,54X_1X_3+0,47X_2X_3;$$

Для бетона класса В20:

$$Y=28,89-12,25X_1^2-158,19X_3^2+29,5X_1X_2+0,51X_2X_3;$$

Для бетона класса В30:

$$Y=36,37-9,3X_1^2-180,04X_3^2+0,016X_1X_2+19,01X_1X_3+0,43X_2X_3;$$

Изучена кинетика повышения прочности бетона при хранении в нормальных условиях (табл. 5).

Как показал анализ данных уравнений регрессии, добавка СП существенно влияет на рост прочности бетона нормального твердения.

Вместе с этим, наблюдается не только рост прочности с увеличением расхода вяжущего во все периоды твердения но также имеет место роста устойчивости к попеременному замораживанию и оттаиванию (100-250 циклов) для эталона. Применение модификатора способствует повышению морозостойкости на 1-1,5 раза бетонов полученных на основе оптимизированных состав с использованием бинарного наполнителя.

Таблица 5

Кинетика повышения прочности бетона нормального хранения

Состава бетона	Класс бетона	ОК, см	Прочность бетона, сутки (МПа)					Показатели водонепроницаемости бетона, W	Показатель и морозостойкости, F	Модуль упругости $E_b \cdot 10^3$ / коэффициент Пуассона
			3	7	14	28	90	Давление воды (МПа)	цикл	МПа/-
								Марка по водонепроницаемости	Марка по морозостойкости	
Контрольный	В15	4,0	6,4	11,6	15,8	19,8	26,8	0.4	173	23/0.18
			32	58	79	99	134	W-4	150	
	В20	4,0	7.25	14,7	22	25	32,2	0.6	223	25/0.18
			29	59	88	100	129	W-6	200	
	В30	4,0	12,8	23,2	31,6	40	54	1.0	319	28/0.19
			32	58	79	100	135	W-10	300	
Оптимальный	В15	4,0	7,8	13,8	18,8	23,8	29	0.4	221	25/0.16
			39	69	94	119	145	W-4	200	
	В20	4,0	7,75	16,7	23,5	26,7	33,2	0.6	251	27/0.16
			31	67	94	107	13	W-6	250	
	В30	4,0	14,4	25,6	35,6	44	59,2	1.0	355	33/0.17
			36	64	89	110	148	W-10	350	

В пятой главе диссертации «**Внедрение результатов исследования и технико-экономическое обоснование эффективности разработки**» рассмотрено внедрение в практику результатов исследования. Практическая реализация результатов исследования была проведена в СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS». Путем введения в состав бетонных смесей оптимального количества комплексной добавки были получены модифицированные бетоны класса В15, и на основе этих бетонов согласно ТУ-207103754-40:2023 были изготовлены 48 единиц опытной партии бетонных блоков стен подвала марки ФБС 12.4.6-Т.

Экономическая эффективность, полученная от внедрения оптимального состава и технологии с комплексной добавкой при производстве сборного бетона и железобетона на предприятии, составила 66 097 сумов на 1 м³ бетона (в ценах 2023 года). Экономический эффект может составить за год при изготовления 2000 единиц блоков 396 миллионов сумов (в ценах 2023 года).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных экспериментально-теоретических исследований по докторской (PhD) диссертации «Структура и свойства модифицированного бетона на основе бинарного микронаполнителя» были сформулированы следующие выводы:

1. Доказана возможность получения высококачественных, долговечных и коррозионностойких бетонов с комплексными добавками на основе бинарного наполнителя и поликарбосилатного суперпластификатора на рядовых марках цемента М400.

2. Определен оптимальный состав бетонной смеси с комплексной добавкой, состоящей из бинарного наполнителя и поликарбосилатного суперпластификатора.

3. Применение комплексной добавки позволила получить самоуплотняющиеся бетонные смеси с осадкой конуса свыше 20 см для класса В15, В20, В25 и высокопрочный бетон класса В60 на рядовых марках цемента М400.

4. Доказано, что известняковый порошок в составе бинарного наполнителя кольматирует сквозные поры и значительно увеличивает непроницаемость композита и повышает стойкость бетонов против выщелачивания.

5. Установлено, что не полное связывания гидроксида кальция аморфным кремнеземом обеспечивает требуемые показатели рН среды, что в конечном итоге способствует повышению устойчивости против карбонизации.

6. Установлено, что замена части цемента бинарной добавкой интенсифицирует гидратацию, увеличивает содержание гидросиликатных фаз, а наличие в составе известняка в качестве замедлителя схватывания взамен гипсового камня способствует значительному сокращению образования этtringита и таумасита и как следствие повышению стойкости цементного композита против сульфатной коррозии.

7. Установлено, что при оптимизации состава бетонной смеси возможно обеспечение существенной экономии цементного вяжущего до 25%, а также за счет улучшения конфигурации поровой структуры повышению морозостойкости бетонов в 1-1,5 раза и водонепроницаемости на целую марку.

8. Результаты опытно-производственного внедрения разработанного оптимального состава бетона с комплексной добавкой при производстве сборного бетона и железобетона на заводе СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» для класса бетона В15 составила - 66 097 сўм на 1 м³ бетона (в ценах 2023 г.). В случае стабильного спроса на указанные виды продукции завода СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» ожидаемый экономический эффект составит 396 млн. сўм.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.15/31.08.2022.T.73.04 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

ABDULLAYEV ULUGBEK HAKIMOVICH

**STRUCTURE AND PROPERTIES OF MODIFIED CONCRETES WITH
BINARY FILLER**

05.09.05 – “Building materials and products”

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

Tashkent – 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2023.2.PhD/T2329.

The dissertation has been prepared at the _____ state transport university.

The abstract of the dissertation is posted in _____ languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Adilkhodzhaev Anvar Ishanovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Khasanov Bahriddin Baratovich**
doctor of technical sciences, professor

Ilyasov Allanazar Toirexanovich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences, professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

The defense will be take place on « ____ » _____ 2023 at ____ o'clock at the meeting of Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.04 at Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tstu.uz, tstu@exat.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Centre of the Tashkent state transport university (Registered number №. ____). (Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan, 1. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on « ____ » _____ 2023 year.
(mailing recort № . ____ on « ____ » _____ 2023 year.).

S.S. Shaumarov
Deputy Chairman of the Scientific Council for the award
the degree of Doctor of Science, DSc, Professor

U.Z. Shermukhamedov
Scientific secretary of the Scientific Council
for the awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, docent

A.A. Ishankhodjayev
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 purpose of the study is to obtain high-quality and durable concrete with increased corrosion resistance through the use of binary microfillers based on fly ash and limestone.

Tasks of the research:

substantiation of the possibility of obtaining high-quality and durable concretes based on binary microfillers and M400 Portland cement;

investigation of the features of the formation of the structure of cement stone modified with binary microfillers of various nature;

investigation of the effect of mineral additives based on ash and limestone powder on the technological, physico-mechanical and chemical properties of concrete mix and concrete;

feasibility study of research results and testing in production.

The object of the study is concretes based on a binary micro-filler developed using additives of various nature.

The scientific novelty of the study is as follows:

taking into account the potential activity of a binary microfiller based on fly ash from thermal power plants and limestone, the possibility of producing high-quality, durable and corrosion-resistant concrete based on ordinary Portland cement M400 with minimal binder consumption was justified;

it has been proven that by directing the action of a binary microfiller on the structure formation process it is possible to obtain a composite with specified technological and operational characteristics;

it was agreed that the use of limestone as a set retarder by reducing the gypsum content in the cement binder to 1.5% can significantly reduce the formation of ettringite and thaumasite minerals, and, as a result, increase the resistance of the cement composite against sulfate corrosion;

it has been proven that the presence of limestone in the composition of the binary microfiller contributes to clogging of the through pores of the cement stone, increasing its impermeability; in addition, incomplete binding of calcium hydroxide by amorphous silica provides the required pH of the environment, which ultimately helps to increase resistance to carbonization and leaching.

The subject of the study is to study the patterns of structure formation and the formation of physico-mechanical, chemical and technological parameters of concretes of optimal composition made using a binary microfill based on fly ash and limestone.

Research methods. In the course of the research, modern methods of physico-chemical analysis, standardized methods for studying the properties and quality indicators of cement concrete, as well as mathematical methods for designing compositions and optimizing technological processes for manufacturing cement concrete, statistical methods for processing the analysis of experimental results were used.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the study of patterns of formation of the structure of concretes, modified binary microfillers are introduced:

to the production of the joint venture “BINOKOR TEMIRBETON SERVICES” LLC (certificate of the Uzpromstroyaterials Association No.05/15-2071 dated October 12, 2023). As a result, the economic efficiency obtained from the introduction of an optimal composition and technology with complex additives in the production of precast concrete and reinforced concrete for concrete of class B15 amounted to 66,097 soums per 1 m³ of concrete (in prices of 2023). The introduction of research results into production allowed to reduce cement consumption by 1.25 times, increase frost resistance by 1-1.5 times and water resistance of concrete per grade;

developed and approved in the laboratory technological instruction was of the joint venture “BINOKOR TEMIRBETON SERVICES” LLC ("Технологическая инструкция ТИ-207103754 - 40:2023 по производству блоков бетонных для стен подвалов по О'z DSt 778-97 из комплексно-модифицированного бетона с бинарным наполнителем") ensured the production of products with a set of required properties. The expected economic effect amounted to 396 million. sum (in 2023 prices).

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 120 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Adilkhodjaev Anvar Ishanovich, Abdullayev Ulugbek Khakimovich The process of moisture transmission in concrete in dry hot climate conditions // International Engineering Journal For Research & Development. 2021. pp. 1-3, SJIF: 7.169. (05.00.00; №8).
2. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Абдуллаев У.Х. Говак тузилишга эга комплекс модификаторли цемент-бетоннинг баъзи хусусиятлари // Научный журнал транспортных средств и дорог. 2022 №3. б. 121-127. (O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasi №01-10/1103, 30.07.2020 raqamli xati).
3. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Абдуллаев У.Х. Замонавий суперпластификаторлар ҳамда тўлдирувчилар асосидаги комплекс қўшимчали цемент бетонларининг хоссалари // Научный журнал транспортных средств и дорог. 2022 №3. Б.115-121. (O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasi №01-10/1103, 30.07.2020 raqamli xati).
4. Adilxodjayev A.I., Kadirov I.A., Abdullayev U.X. Influence of polycarboxylate superplasticizer and binary filler on rheological properties of concrete mixtures // Railway transport: topical issues and innovations. №2. – Tashkent. 2023. p. 129-135. (O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasi №288/14, 30.11.2020 raqamli xati).
5. Adilxodjayev A.I., Kadirov I.A., Abdullayev U.X. Effect of binary microfiller on structure formation processes of cement binder // The scientific journal vehicles and roads. №2. - Tashkent. 2023. p. 202-210. (O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasi №01-10/1103, 30.07.2020 raqamli xati).
6. Adilxodjayev A.I., Kadirov I.A., Abdullayev U.X., About the properties of a modified cement binder based on a binary microwave // The scientific journal vehicles and roads. №3. – Tashkent. 2023. p. 112-118. (O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasi №01-10/1103, 30.07.2020 raqamli xati).
7. Urinbek Turgunbaev, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, About the properties of ash-filled concrete and JV GLENIUMSKY 504 // E3S Web Conf. Volume 264, 2021 International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO - 2021). In E3S Web of Conferences 264, 02036 (2021), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402036>. (Scopus)
8. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullayevich Kadyrov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, Some aspects of the effect of porosity on moisture transfer in concrete // INTERNATIONAL JOURNAL ON ORANGE TECHNOLOGY. Volume 4 Issue 6. 2022. P-ISSN:2615-7071. p. 101-106. (Impact Factor, IF=7.5).

9. Turgunbayev U.J., Eshmanov Temur Sailovich, Abdullayev U.X. Het werkingsmechanisme van plasticiserende additieven van verschillende wijzigingen op de sterkte van cementsteen // INTERNATIONAL BULLETIN OF APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY ECHNOLOGY. Germany. Volume 3 Issue 6. p. 805-809, 2023-yil. doi.org/10.5281/zenodo.8050235. (Impact Factor, IF=8.5).
10. Turgunbayev O'rinboy Jamolovich, Teshabayeva Muattar Barxom qizi, Abdullayev U.X. O'zbekistonda barxan qumlari zahiralari o'rganish hamda uni beton qorishmasida qo'llash bo'yicha ilmiy ishlar taxlili // Results of National Scientific Research International Journal. 2023 Volume 2 Issue 3 ISSN: 2181-3639. p. 260-270. (Impact Factor, IF=7.1).
11. Turgunbayev U.J. Sharipova D.T., Raximova N.B. Teshabayeva M.B., Abdullayev U.X. Mahalliy xom ashyolar asosidagi zamonaviy superplastifikatorlar hamda faollashtirilgan barxan qumidan tayyorlangan tsement betonning xossasi // CENTRAL ASIAN JOURNAL OF EDUCATION AND INNOVATION. 2023 Volume 2, Issue 4, April. p.138-143. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7835471>. (Impact Factor, IF=7.1).
12. Turgunbayev U.J., Sharipova D.T., Raximova N.B., Teshabayeva M.B., Abdullayev U.X. Barxan qumlariga barabanli zoldirli maydalagichda ishlov berish texnologiyasi // EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH Innovative Academy Research Support Center. 2023 p. 43-52., <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7835189>. (Impact Factor, IF=7.1).
13. Turgunbayev U.J., Nazirov M.G'. Barxan qumlari xossalari va ularni sinash usullari // EURASIAN JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, PHILOSOPHY AND CULTURE. Volume 3 Issue 1, Part 2. 2023 ISSN: 2181-2888. p.47-52. (Impact Factor, IF=8.2).
14. Turgunbayev U.J., Nazirov M.G'., Abdullayev U.X. Zamonaviy superplastifikatorlar hamda faollashtirilgan barxan qumlari asosidagi kompleks qo'shimchali sement betonlarining xossalari // EURASIAN JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, PHILOSOPHY AND CULTURE, Volume 3 Issue 1, Part 2. 2023 ISSN:2181-2888. p. 42-46. (Impact Factor, IF=8.2).
15. Adilkhodjaev Anvar Ishanovich, Abdullayev Ulugbek Khakimovich Technological methods for improving the water resistance of concrete in a dry hot climate // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 8, Issue 2. 2021. pp. 16628-16631, ISSN: 2350-0328.
16. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullaevich Kadirov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich Some issues of moisture transfer in concrete // European Journal of Humanities and Educational Advancements (EJHEA) Vol. 2 No. 6, 2021. <https://www.scholarzest.com>. ISSN: 2660-5589. p. 20-23.

II-bo'lim (II часть; II part)

17. Адълходжаев Анвар Ишанович, Кадиров Илхом Абдуллаевич, Абдуллаев Улугбек Хакимович. Турли хил табиатдаги тўлдирувчилар асосидаги бетон таркибини оптималлаштириш // Ўзбекистон Республикаси

Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги № DGU 18824, 18.10.2022.

18. Адълходжаев Анвар Ишанович, Кадиров Илхом Абдуллаевич, Абдуллаев Улугбек Хақимович. Турли хил табиатдаги тўлдирувчилар асосидаги бетоннинг физик-механик хоссаларини ҳисоблаш // Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги № DGU 18825, 18.10.2022.

19. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullayevich Kadyrov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, Some features of the formation of the porous structure of cement concrete with a complex modifier // "Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations" International Scientific Conference (ISCMMSTIAI-2022). – Tashkent. 2022. pp. 609-615.

20. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullayevich Kadyrov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, Modification of cement concrete with complex additives based on superplasticizer and fillers of various nature // "Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations" International Scientific Conference (ISCMMSTIAI-2022). - Tashkent. 2022. pp. 604-609.

21. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Кудратов Б.Ш., Абдуллаев У.Х. О влияние комплексных-модифициров с наполнителями различной природы на свойств тяжелого бетона // Международная научно-техническую конференция на тему: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ. 27-28 октября 2022. Ташкент. стр. 253-257.

22. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullayevich Kadyrov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, Kompleks modifikatorli tsement-betonning g'ovak tuzilishini ba'zi xususiyatlari o'rganish // ZAMONAVIY TADQIQOTLAR, INNOVATSIYALAR, TEXNIKA VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumani. Jizzax. 2022 y. 8-9-aprel. 890-893 b.

23. Anvar Ishanovich Adilkhodzhaev, Ilkhom Abdullayevich Kadyrov, Abdullayev Ulugbek Khakimovich, Turli tabiatdagi to'ldiruvchi va superplastifikatorlar asosida kompleks qo'shimchali tsement betonlarini modifikatsiyalash // ZAMONAVIY TADQIQOTLAR, INNOVATSIYALAR, TEXNIKA VA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumani. Jizzax. 2022 y. 8-9-aprel. 893-897 bet.

Avtoreferat «TDTU xabarları» ilmiy-texnik jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosishga ruxsat etildi. Bichimi 60x84 1/16.

Raqamli bosma usuli. Times garniturası.

Shartli bosma tabog‘i: 3 b.t.. Adadi: 60, Buyurtma №_____

“TDTU Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi” bosmaxonasida chop etilgan.

Bosmaxona manzili: 100167, Toshkent sh., Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.

