

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

KUDRATOV BEKZOD SHERZODOVICH

**METALLURGIYA SANOATI CHIQINDISI VA POLIFUNKSIONAL
QO‘SHIMCHA ASOSIDAGI KOMPLEKS MODIFIKATSIYALANGAN
BETON**

05.09.05 - Qurilish materiallari va buyumlari

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

Toshkent – 2025

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

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

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

Kudratov Bekzod Sherzodovich

Metallurgiya sanoati chiqindisi va polifunksional qo'shimcha asosidagi kompleks
modifikatsiyalangan beton 3

Кудратов Бекзод Шерзодович

Комплексно-модифицированный бетон на основе отхода металлургического
производства и полифункциональной добавки 25

Kudratov Bekzod Sherzodovich

Complex-modified concrete based on metallurgical waste and a multifunctional
additive 47

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works 51

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

KUDRATOV BEKZOD SHERZODOVICH

**METALLURGIYA SANOATI CHIQINDISI VA POLIFUNKSIONAL
QO‘SHIMCHA ASOSIDAGI KOMPLEKS MODIFIKATSIYALANGAN
BETON**

05.09.05 - Qurilish materiallari va buyumlari

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

Toshkent – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4766 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar: **Kadirov Ilxom Abdullaevich**
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar: **Xasanov Baxridin Baratovich**
texnika fanlari doktori, professor
Amirov Tursoat Jumaevich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dosent

Yetakchi tashkilot: **Jizzax politexnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi DSc.15/31.08.2022.T.73.04 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil "___" _____ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'Ichilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz.

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

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "___" _____ kuni tarqatildi.
(2025 yil "___" _____ dagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).

A.I. Adilxodjaye
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi,
t.f.d., professor

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

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi 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. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda qurilish sifatiga qo'yiladigan zamonaviy talablar tannarxi nisbatan arzon, ishlab chiqarish xarajatlari past, ekspluatatsion xossalariga ko'ra mavjud analoglardan afzal qurilish materiallarini qo'llash amalga oshirilmoqda. Shu bois, beton qorishmalari ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish hamda resurs va energiyatejamkor betonlarni ishlab chiqarish uchun tabiiy va texnogen xomashyolardan keng foydalanish, shuningdek, mahsulot sifatini oshirish uchun zamonaviy texnika-texnologiyalar va qo'shimchalarni qo'llash jarayonlariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda qurilish sanoatida so'nggi yillarda kimyoviy va mineral modifikatorlar asosidagi kam energiya talab etuvchi texnologiyalarni rivojlantirishga va "kelajak betonini" ishlab chiqishga bo'yicha ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. Ushbu innovatsion yondashuv ekologik xavfsizlik, iqtisodiy samaradorlik va resurslardan oqilona foydalanish kabi dolzarb muammolarni hal qilishni ta'minlamoqda. Shuningdek, bunday yondashuvni amalga oshirish qattiqlashuv bosqichining dastlabki davrlarida betonning mustahkamligini sezilarli (70% yoki undan yuqori) darajada yaxshilashi mumkinligi bo'yicha olib boriladigan tadqiqot ishlari ustuvor vazifa deb hisoblanmoqda. Shu munosabat bilan mahalliy xomashyo asosidagi kompleks modifikatorlardan foydalanish orqali konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun resurstejamkor qizdirilmaydigan yoki kam qizdiriladigan texnologiyalarga o'tish va talab etilgan xossalar majmuiga ega bo'lgan sement betonlarini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qurilish sohasini modernizatsiyalash, ishlab chiqarish jarayonlarini texnik va texnologik yangilash, qurilish materiallarini tayyorlashda energiya va resurs sarfini kamaytirishga qaratilgan keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. "Yangi O'zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi"da "...Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy yetish orqali 2026-yilga qadar iqtisodiyotning yenergiya samaradorligini 20 foizga oshirish va havoga chiqariladigan zararli gazlar hajmini 20 foizga qisqartirish choralari ko'rilsin..."¹ bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, oldindan belgilangan xossalarga majmuiga ega bo'lgan qurilish materiallarini ishlab chiqarish, mahalliy xomashyo asosidagi qorishma tarkibini ishlab chiqish uchun mavjud texnologiyalarni yaratish va takomillashtirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 20 fevraldagi PQ-4198-son "Qurilish materiallari sanoatini tubdan takomillashtirish va kompleks rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-sonli "Qurilish

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.

materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida"gi qarorlari hamda 2020 yil 27 noyabrdagi PF-6119-sonli "O‘zbekiston Respublikasi qurilish tarmog‘ini modernizatsiya qilish, jadal va innovatsion rivojlantirishning 2021-2025-yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida"gi farmonlarida nazarda tutilgan va qurilish sanoati bilan bog‘liq boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Sement tizimlarida material va energiya sarfini kamaytirish, betonni mineral moddalar va polifunksional kimyoviy qo‘shimchalar bilan modifikatsiyalash, shuningdek, ularning xossalarini yaxshilash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega.

Turli xil qo‘shimchalar asosidagi ko‘p komponentli yuqori sifatli betonlarda qo‘llash asoslarini rivojlantirishga 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. Urev, S.M. Mchedlov-Petrosyan, V.G. Batrakov, V.N. Выговой, A.G. Komar, A.S. Panteleev, V.T. Yerofeev, V.I. Kalashnikov, V.I. Kondratenko, T.I. Petrova, S.V. Shestoporov, A.Ye. Sheykin, A.V. Sheynfeld, P.A. Rebinder, V.G. Batrakov, V.B. Ratinov, A.V. Ushero-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. Kollepari, 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, R. Flatt, R. Lewis, J. Plank, I. Schober, H. Okamura, K. Ozawa, K. Yamada, M. Fenollera, L. Garcia, P. Richard, G. Edward, M. Buil, A. Neville va boshqalar ulkan hissa qo‘shganlar.

O‘zbekiston Respublikasida turli yillarda ko‘p komponentli yuqori sifatli betonlar kompozitsiyalarni ishlab chiqish masalalari yuzasidan A.I. Odilxo‘jaev, A.A. To‘laganov, E.U. Qosimov, M.K. Taxirov, N.A. Samigov, B.B. Xasanov, V.M. Soy, I.M. Maxamataliev, K.S. Umarov va boshqa yetuk olimlar ilmiy izlanish olib borganlar.

Yuqorida keltirib o‘tilgan olimlar tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda yangi avlod betonlarini loyihalash, kimyoviy modifikatorlarning texnologik va fizik-mexanik xossalarga ta‘sir qilish mexanizmlarini o‘rganish, shuningdek, mineral mikroto‘ldirgichlarning sement tizimidagi gidratatsiya jarayoniga ta‘siri bilan bog‘liq masalalar batafsil ko‘rib chiqilgan.

Shu paytga qadar o‘tkazilgan tadqiqotlarda mineral moddalar va kimyoviy qo‘shimchalar asosida yuqori mustahkam, o‘ta yuqori sifatli va uzoqqa chidamli

betonlarni ishlab chiqish masalalari keng yoritilgan. Biroq, turli xil faollikdagi mineral modifikatorlarning bog‘lovchi va mikroto‘ldirgich orasidagi adgeziyasiga, shuningdek, sement tizimining ishqoriy muhitiga ta’siri masalalari yetarlicha o‘rganilmagan. Temirbeton buyumlari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish uchun kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiyalarga o‘tish hamda so‘nggi innovatsion yechimlar asosida ishlab chiqilgan nafaqat suv kamaytirilishi, balki qotish jarayoni intensivlashuvini ham ta’minlaydigan polifunksional kimyoviy qo‘shimchalarning sement tizimiga kompleks ta’siri yetarlicha o‘rganilmagan. Bundan tashqari, kompleks modifikatorlarning po‘lat armatura korroziyasiga ta’siri, shuningdek, ko‘pkomponentli modifikasiyalangan bog‘lovchilarning agressiv muhitga chidamlilik masalalari ham yetarlicha tadqiq qilinmagan.

Yuqorida keltirilgan mulohazalarni inobatga olgan holda, M400 oddiy portlandsementi, kelib chiqishi texnogen bo‘lgan past faol mikroto‘ldirgich, polifunksional qo‘shimcha asosidagi, fizik, mexanik va ekspluatasion xossalari yaxshilangan resurstejamkor kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiyalar yordamida temirbeton konstruksiyalari va buyumlarini olish uchun beton qorishmalari va betonlarni ishlab chiqish bo‘yicha kompleks tadqiqotlar o‘tkazish dolzarb vazifadir.

Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertasiya tadqiqoti Toshkent davlat transport universiteti 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 temirbeton konstruksiyalarini kam qizdiriladigan yoki qizdirilmaydigan texnologiyalari yordamida ishlab chiqarish uchun M400 portlandsementi, metallurgiya sanoati chiqindisi va polifunksional qo‘shimcha asosidagi talab etilgan xossalar majmuiga ega bo‘lgan yangi avlod beton qorishmalari va betonlari tarkibini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

mineral mikroto‘ldirgich va polifunksional kimyoviy qo‘shimchalar asosida modifikasiyalangan sement toshining fizik-mexanik xossalari va strukturasi o‘ziga xos shakllanish xususiyatlarini o‘rganish;

mineral mikroto‘ldirgich va polifunksional qo‘shimchalar yordamida beton qorishmasi va beton tarkibini optimallashtirish;

kompleks modifikator asosida qizdirilmaydigan va kam qizdiriladigan resurstejamkor texnologiyasi yordamida temirbeton konstruksiyalari va buyumlarini olish uchun beton qorishmalari va betonlarni ishlab chiqish imkoniyatlarini eksperimental ravishda o‘rganish;

kompleks modifikasiyalangan beton va beton qorishmasining texnologik, fizik-mexanik va kimyoviy xossalarini o‘rganish;

tadqiqot natijalarini texnik-iqtisodiy asoslash va ishlab chiqarishga joriy qilish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida kompleks qo'shimchalar asosida ishlab chiqilgan kam qizdiriladigan yoki qizdirilmaydigan resurstejamkor texnologiyalarda qo'llaniladigan modifikasiyalangan betonlar olingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida mineral mikroto'ldirgich va polifunksional qo'shimchalar yordamida tayyorlangan optimal tarkibdagi betonlarning strukturasi va fizik-mexanik, kimyoviy va texnologik parametrlarini shakllantirish qonuniyatlarini o'rganish qabul qilingan.

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

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ilk marotaba po'lat eritish shlaki va polifunksional qo'shimcha asosidagi kompleks modifikatorni qo'llash orqali temirbeton buyumlari va konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun kam qizdiriladigan yoki qizdirilmaydigan texnologiyalar uchun mo'ljallangan, talab etilgan xossalar majmuiga ega bo'lgan beton qorishmasi va beton tarkibi ishlab chiqilgan;

beton tarkibida past faollikka ega bo'lgan po'lat eritish shlakidan foydalanish ishqoriy muhitning zarur ko'rsatkichlarini shakllantirishga yordam berishi hisobiga kechki ettringitlarni shakllanishiga yo'l qo'ymasligi haqidagi gipoteza asoslangan va tasdiqlangan;

taklif etilayotgan polifunksional kimyoviy modifikatordan foydalanish sement tizimi strukturasi shakllanish jarayonini tezlashtirishi orqali issiqlik-namlik bilan ishlov berish jarayonida izotermik qizdirish haroratini sezilarli darajada pasaytirishi hisobiga temirbeton buyum va konstruksiyalarni kam qizdiriladigan texnologiyalari yordamida ishlab chiqarish isbotlangan.

kompleks modifikasiyalangan beton tarkibida po'lat eritish shlakining sement tizimining zarur ishqoriy ko'rsatkichlarini saqlashi hisobiga temirbeton konstruksiyalardagi po'lat armaturaning korroziyasiga ta'sir ko'rsatmasligi isbotlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat: polifunksional kimyoviy qo'shimcha, mineral mikroto'ldirgich va oddiy M400 markali portlandsement asosida monolit hamda yig'ma temirbeton buyum va konstruksiyalarni kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiyalar yordamida ishlab chiqarish uchun beton qorishmasi va betonning optimal tarkiblari ishlab chiqilgan;

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

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kam qizdiriladigan yoki qizdirilmaydigan texnologiyalar uchun sement tizimida mineral mikroto'ldirgich

va polifunksional kimyoviy qo‘shimchalar yordamida ishlab chiqilgan sement kompozitlarining strukturasi shakllantirish haqidagi tushunchalar kengaytirilgan. Ushbu natijalar beton texnologiyasi nazariyasi va amaliyotini rivojlantirishda muhim o‘rin tutib, sement kompozitlarining xossalari va tuzilishiga oid bilimlarni chuqurlashtirishga yordam beradi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati mahalliy xomashyo asosida ishlab chiqilgan kompleks qo‘shimchadan foydalangan holda M400 markali portlandsementi asosida oldindan talab etilgan xossalar majmuiga ega yig‘ma temirbeton buyumlar va konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiya uchun yaxshilangan ekspluatasion parametrlarga ega kompleks modifikasiyalangan beton tarkiblarini ishlab chiqarishga joriy etish bilan izohlanadi. Ushbu natijalar asosida ishlab chiqilgan kompyuter dasturlari betonning xossalarini oldindan bashorat qilish imkonini yaratadi hamda qurilishda samarali foydalanish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Metallurgiya sanoati chiqindisi va polifunksional qo‘shimcha asosidagi kompleks modifikasiyalangan betonni o‘rganish bo‘yicha olingan ilmiy natijalari asosida:

B15 sinfidagi yig‘ma beton va temirbeton konstruksiyalarini ishlab chiqarish uchun kompleks qo‘shimchali optimal beton tarkibi "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MCHJ QK ishlab chiqarish korxonasi amaliyotga joriy etilgan ("O‘zsanoatqurilishmateriallari" uyushmasining 2024 yil 27 avgustdagi 04/13-2412-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada sement sarfini 1,25 barobarga tejash, muzlashga bardoshlilikni 3 markaga va betonning suv o‘tkazmasligini ikki sinfga oshirish imkonini berdi;

ishlab chiqilgan texnologik yo‘riqnomasi "Технологическая инструкция ТИ64-23394177-90:2024 по производству бетонных блоков для стен подвалов по стандарту О‘z DSt 778-97, с использованием комплексно-модифицированного бетона на основе минерального наполнителя и полифункциональной добавки" "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MCHJ QK ishlab chiqarish korxonasi amaliyotga joriy etilgan ("O‘zsanoatqurilishmateriallari" uyushmasining 2024 yil 27 avgustdagi 04/13-2412-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada olingan iqtisodiy samaradorlik qish mavsumida 1m³ beton uchun 118 243 so‘mni, yoz mavsumida esa 122 839 so‘mni tashkil etdi (2024 yil narxlarida). Kutilayotgan iqtisodiy samara 3000 ta blok uchun 296 mln. so‘mni tashkil qilgan (2024 yil narxlarida).

Tadqiqot natijalarining aprotasiyasi. Dissertasiyaning asosiy natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinishi. Dissertasiya mavzusi bo‘yicha jami 18 ta ilmiy ish, ulardan 5 tasi xorijiy jurnallarda, shu jumladan 1 tasi SCOPUS bazasida, 6 tasi O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestasiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy jurnallarida chop etilgan. Bundan tashqari, O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi tomonidan 2 ta ixtiro, 1 ta foydali model uchun patentlar va kompyuter dasturlari uchun 2 ta guvohnoma olingan.

Dissertasiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertasiya kirish qismi, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertasiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

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

Dissertasiyaning "**Muammoning holati va tadqiqot vazifalari**" deb nomlangan birinchi bobida sement tizimida moddiy va energiya xarajatlarini kamaytirish, shuningdek, mineral modifikatorlar va polifunksional kimyoviy qo'shimchalar bilan beton strukturasi modifikatsiyalash sohasidagi tadqiqotlarning tahliliy sharhi keltirilgan. Ushbu bobda temirbeton konstruksiyalarni kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan ishlab chiqarish texnologiyalari uchun yuqori sifatli, o'ta mustahkam va uzoqqa chidamli betonlarni loyihalash bilan bog'liq vazifalar batafsil yoritib o'tilgan. Kimyoviy modifikatorlar va mineral mikroto'ldirgichlarning sement tizimi texnologik, fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalari ta'sir qilish mexanizmlari keltirib o'tilgan.

O'zbekiston Respublikasida beton texnologiyasida turli xil yuqori faol mineral moddalar, jumladan, kul uchqindisi, giltuproq, elektrotermofosfor shlaklari, bazalt, barxan qumlari, mis sanoati chiqindilari, seolit tog' jinsi va boshqalardan foydalanilgan. Ushbu materiallar beton qorishmasining xossalari bo'lgan ijobiy ta'siri va turli ishlab chiqarish sharoitlariga moslashuvchanligi tufayli keng qo'llaniladi. Turli yillarda o'tkazilgan bir qator tadqiqotlar ko'rsatishicha, ekologik barqarorlik, iqtisodiy samaradorlik va resurstejamkorlik talablariga javob beradigan "yashil beton" konsepsiyasini amalga oshirish uchun kremniy tarkibli sanoat chiqindilaridan foydalanishga e'tibor qaratish katta ahamiyat kasb etadi. Biroq yuqori faol mikroto'ldirgichlardan foydalanish salbiy oqibatlariga olib kelishi, masalan, kechki ettringitning shakllanishi va po'lat armaturaning korroziyasini yuzaga keltirishi mumkinligini yodda tutish kerak. Bu turdagi hodisalar sement tizimi ishqoriy muhitining kuchsizlanishi bilan bog'liq bo'lib, portlanditning yuqori reaktiv kremniy dioksidi bilan bog'lanishi tufayli ro'y beradi. Kechki ettringitning shakllanishi sement betonining sulfatga chidamliligi pasayishiga olib keladi va pH muhitning qiymatining kamayishi betonning karbonlashuv korroziyasini tezlashtirib, bu esa o'z navbatida armatura korroziyasini keltirib chiqaradi. Ushbu salbiy ta'sirlarni kalsiy gidroksidni to'liq bog'lamaydigan va qisman kolmatasiya xususiyatiga ega bo'lgan past faol mikroto'ldirgichlardan foydalangan holda bartaraf qilish mumkin. Ushbu mineral moddalar yuqori faollikka ega qo'shimchalarga qaraganda sement tizimiga salbiy ta'sirini kamaytirishga yordam beradi, shu bilan birga kerakli ishqoriy muhitni saqlaydi va kechki ettringitlarning shakllanishiga to'sqinlik qilib, shuningdek, po'lat armaturaning korroziya xavfini kamaytiradi. O'zbekiston Respublikasida katta hajmda to'plangan po'lat ishlab chiqarish sanoati chiqindilari kam faolligi

bilan farqlanib turadi va ulardan yuqorida keltirilgan vazifalarni hal qilishda samarali foydalanish mumkin. Bundan tashqari, kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan beton texnologiyalariga o'tish hozirgi paytda dolzarb masalaga aylangan. Birinchi bobda keltirilgan adabiyotlarning tahlili ko'rsatishicha, elektrolit qo'shimchalarni qo'llash resurstejamkor beton texnologiyalariga o'tishning eng maqbul yo'llaridan bo'lib hisoblanadi. Ammo ta'kidlash joizki, elektrolitlar metall korroziyasiga olib kelishi mumkin va ularni sirt faol moddalar bilan birga qo'llash beton ishlab chiqarish texnologiyasining anchagina murakkablashuviga olib keladi. Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish lozimki, ushbu muammolarni samarali hal qilishda polifunksional qo'shimchalardan foydalanish bugungi kunning dolzarb vazifasidir.

Adabiyotlar sharhida keltirilgan mulohazalar asosida dissertasiya ishining ishchi gipotezasi shakllantirildi, shuningdek, tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilandi.

Ishchi gipoteza: Kompleks modifikatsiyalangan sement tizimida yuzaga keladigan fizik va kimyoviy o'zaro ta'sirlar haqidagi zamonaviy tasavvurlarga asoslanib, po'lat sanoatida hosil bo'ladigan past faol chiqindilar yangi birikmalarni hosil qilishi evaziga sement kompozitsiyasining mustahkamligini oshirishi va kolmatasiya xususiyati hisobiga uning o'tkazuvchanligini pasaytiruvchi hamda talab etilgan ishqoriy muhit qiymatini ta'minlovchi qo'shimcha sifatida, superplastifikator va qattiqlashuv jarayonini jadallashtiruvchi vazifasini bajaradigan polifunksional kimyoviy qo'shimcha esa temirbeton buyumlar va konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiyalar uchun ekspluatatsion xossalari yaxshilangan betonlar ishlab chiqarish mumkin deb faraz qilinadi.

"Tadqiqot usullari va foydalanilgan materiallar" deb nomlangan dissertatsiyasining ikkinchi bobida eksperimental tadqiqotlarda qo'llanilgan materiallarning fizik-mexanik va kimyoviy xossalari keltirilgan. Shuningdek, ushbu bobda laboratoriya jihozlarining texnik xususiyatlari ham keltirilgan bo'lib, kompleks qo'shimcha yordamida modifikatsiyalangan yuqori mustahkam, yuqori sifatli va uzoqqa chidamli betonlarni o'rganish bo'yicha uslubiy yondashuvlar batafsil tavsiflangan.

Tadqiqotlarda bog'lovchi sifatida "Ohangaronsement" zavodining CEMI 32,5 portlandsementidan, mineral mikroto'ldirgich sifatida, "O'zbekiston temir yo'llari" AJ Quyuv mexanika zavodining po'lat ishlab chiqarish sanoatida hosil bo'luvchi chiqindilaridan, kimyoviy qo'shimchalar sifatida, ARMENT CONSTRUCTION CHEMICALS tomonidan ishlab chiqariladigan polikarboksilat efirlari va ammiakli suv asosidagi POLIMIXJBI yuqori samarali yangi avlod polifunksional kimyoviy qo'shimchasidan foydalanilgan.

Tadqiqotda standartlashtirilgan usullardan tashqari, fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari, shuningdek, etakchi xorijiy ilmiy-tadqiqot institutlari mutaxassisleri tomonidan ishlab chiqilgan nostandart usullar qo'llanilgan. PESH ni maydalash jarayoni IIIJIM-100 markali laboratoriya sharli tegirmoni yordamida amalga oshirilgan. Mineral moddaning dispersligi Kozeni-Karman havo o'tkazuvchanligi usuliga asoslangan ПСХ-11А qurilmasida aniqlangan. ВКА

qurilmasida qotish vaqti va sement pastasining normal quyuqligi o'rganilgan. Mineral qo'shimchali va qo'shimchalarsiz sement suspenziyalarining ishqoriy muhiti pH metr yordamida baholangan. Kompleks qo'shimchali sement tizimlarining g'ovak tuzilishini tadqiq etishda Thermo Scientific seriyasidagi Pascal 240 EVO simob porometriyasi usuli qo'llanilgan. Sement kompozitsiyalarining tuzilishini o'rganish va shakllanayotgan sement toshining tuzilishini baholash differensial termik va rentgen fazali tahlillar asosida amalga oshirildi. Bundan tashqari, tadqiqotlarda beton qorishmalari tarkibini optimallashtirish uchun tajribalarni rejalashtirishning matematik usuli qo'llanilgan.

Dissertatsiyaning maqsad va vazifalaridan kelib chiqib, tadqiqot usullari asoslandi va tanlanadi. Tadqiqotlarda qurilish materiallarini sinashning standart usullari, shuningdek, matematik regressiya va matematik statistik usullaridan foydalanilgan. Bundan tashqari, tadqiqotda beton qorishmalari tarkibini optimallashtirish uchun tajribalarni rejalashtirishning matematik usuli qo'llanilgan: "Metallurgiya sanoatining qolip shlaklarining nisbiy sirt yuzasini hisoblashning avtomatlashtirilgan dasturi" va "Metallurgiya shlaklarining nisbiy sirt yuzasini hisoblashning avtomatlashtirilgan dasturi".

Dissertatsiyaning **"Polifunksional modifikator va mineral qo'shimchaning sement toshining tuzilishi va xossalariga ta'siri"** nomli uchinchi bobi polifunksional qo'shimchalar (PFQ) va po'lat eritish shlaki (PESH) asosidagi kompleks modifikator yordamida sement bog'lovchilarining tuzilishi va xossalarini ishlab chiqish va optimallashtirishga qaratilgan eksperimental tadqiqotlar natijalariga bag'ishlangan. Ushbu bobda PESH ni mexanik faollashtirish, sement xamiri suv talabligi va kompleks modifikatsiyalangan sement pastalarining qotish vaqti, shuningdek, qo'shimchalarning ishqoriy muhitga ta'siri, issiqlik ajralish jarayonlari va modifikatsiyalangan qorishmalarning qattiqlashuv kinetikasi masalalari keltirib o'tilgan. Ishlab chiqilgan kompozitning strukturasi shakllanish jarayonlariga va uning boshqa xossalariga alohida e'tibor qaratilgan.

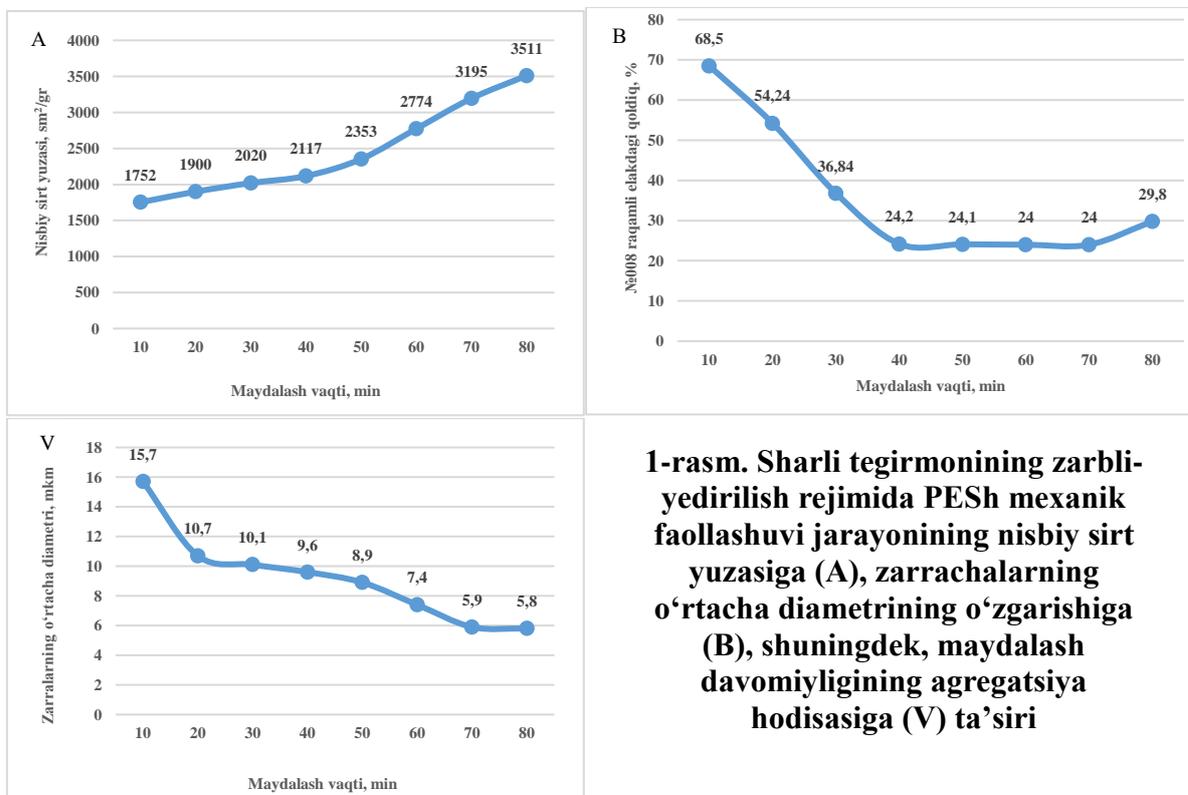
Sement ishlab chiqarishning asosiy texnologik bosqichlaridan biri va har xil turdagi xom ashyoni texnik mahsulotlarga aylantirish mexanik faollashtirish jarayoni yordamida amalga oshiriladi. Mexanik faollashtirish – mexanik ta'sir asosida amalga oshiriladigan qattiq moddalarning modifikatsiyalashuvidir. Disperslash jarayonida, material granulometrik tarkibining o'zgarishi, faol markazlar sonining ortishi, zarrachalarning shakli va relefining modifikatsiyalashuvi, nisbiy sirt yuzasining kattalashuvi va kristall strukturaning amorf ko'rinishga o'tishi bilan tavsiflanadi.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, ushbu bobda PESH ning mexanik faollashuvi bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

PESH ni maydalashga doir tajriba (eksperiment) natijalari 1-rasmda berilgan.

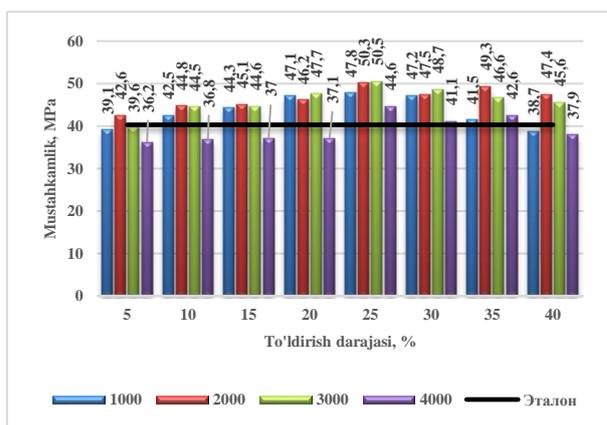
Mexanik faollashtirish jarayoni davomida nisbiy sirt yuzasining o'zgarishi bo'yicha olingan natijalar, PESH ni sharli tegirmonining zarbli-edirilish rejimida 80 daqiqa davomida maydalash $3511 \text{ sm}^2/\text{g}$ nisbiy sirt yuzasi qiymatiga erishish imkonini berishini ko'rsatadi. Shu bilan birga, jarayon davomida PESH zarralarining o'rtacha diametri 15,7 mikrondan 5,8 mikrongacha kichraydi. PESH lar mexanik faollashuvining 70-daqiqasida zarrachalarning agregatsiyasi kuzatildi

(1-rasm, V). Maydalangan kukunni 008-raqamli elakdagi qoldig'i dastlabki 40 daqiqada 68,5% dan 24,2% gacha kamaydi va bu ko'rsatkich 70-daqiqagacha o'zgarishsiz qoldi va keyingi maydalash jarayoni agregasiya hodisasining ro'y berishi tufayli samarasiz hisoblanadi.

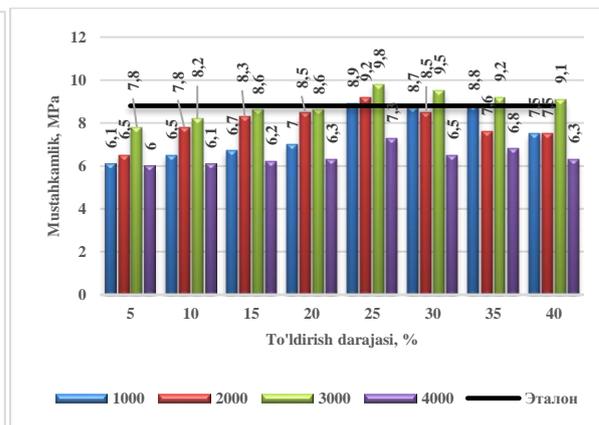


Yangi maydalangan minerallarni saqlash jarayonida suv molekularining adsorbsiyasi tufayli faol markazlar konsentrsiyalashuvi kamayadi. Yuqori namlik natijasida bu jarayon quyidagicha sodir bo'ladi: mikroto'ldirgich yuzasida suv molekulari sirt markazlari bilan vodorod bog'lamlarini hosil qiluvchi proton va gidroksil komponentlariga bo'linadi. O'zaro ta'sirlashuv o'z ichiga H⁺ va OH⁻ ionlarini, shuningdek, H va OH radikallari egallanishini olishi mumkin. Havodan kislorod va azotning adsorbsiyasi mineral kukun faol markazlarini O₂ va N₂ molekulari bilan "to'lib ketishi" tufayli faolligining o'zgarishiga ham ta'sir qiladi.

Sement toshi mustahkamlik xossalari shakllanishiga PESH asosidagi mineral moddalarining nisbiy sirt yuzasi va to'ldirish darajasining ta'siri tadqiqotning muhim jihatlaridan hisoblanadi. Ushbu masalani o'rganish uchun suv-sement nisbati S/S = 0,45 ni tashkil etgan mayda donador beton namunalari tayyorlandi. Tajribalar PESH ning nisbiy sirt yuzasi (1000, 2000, 3000, 4000 sm²/g) va to'ldirish darajalarining (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%) turli qiymatlari bilan o'tkazildi.



3-rasm. PESH nisbiy sirt yuzasi va to'ldirish darajasining mayda donador betonning siqilishga mustahkamligiga ta'siri



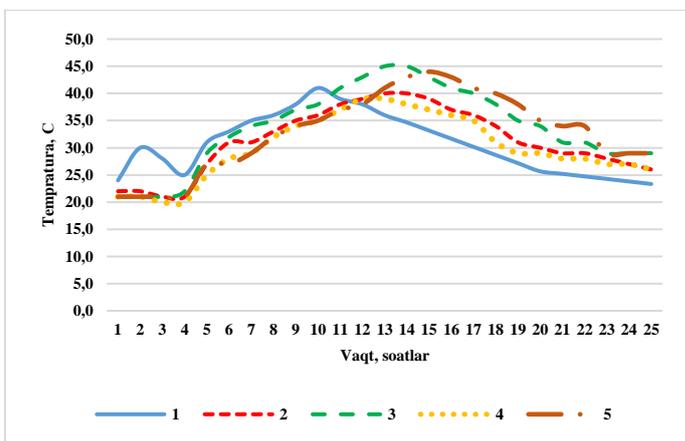
4-rasm. PESH nisbiy sirt yuzasi va to'ldirish darajasining mayda donador betonning egilishga mustahkamligiga ta'siri

Namunalar 4x4x16 sm o'lchamli modifikatsiyalangan mayda donador betondan tayyorlandi. Eksperimental ma'lumotlarga statistika ishlovi berilganidan so'ng, 2- va 3-rasmda ko'rsatilgan grafiklar olindi.

2- va 3-rasmda ko'rsatilgan natijalar tahlili ko'rsatishicha, mayda donador betonning siqilishga va egilishga mustahkamligi PESH bilan to'ldirish darajasi va kukunning dispersligi oshishi bilan monoton tarzda ortdi va nisbiy sirt yuzasi 3000 sm²/g va to'ldirish darajasi bog'lovchi massasidan 25% ni tashkil etganida ekstremum ko'rsatkich qayd etildi. To'ldirish darajasining 25% dan ortishi sement bog'lovchisining ortiqcha "suyultirilishi" hisobiga kompozit mustahkamlik xossalari yomonlashuviga olib keldi. Disperslikning 3000 sm²/g dan ortishi mexanik faollashtirish jarayoni tadqiqida (1-rasmda (V)) keltirilganidek kukunning sirt qutblanishi natijasida yuzaga keladigan zarrachalarning agregatsiyasi tufayli mexanik xossalarga ham salbiy ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Tadqiqotning maqsadida keltirilgan resurstejamkor kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan texnologiyalarga o'tishni ta'minlashda muhim omillardan biri hisoblangan PFQ va PESH asosidagi kompleks qo'shimchani sement ekzotermiyasiga (issiqlik ajralishi) ta'sirini baholash zarur masalalardan biridir. Ekzotermik qizdirishdan foydalanish energiya sarfini jiddiy kamaytirishi mumkin bo'lib, shu bilan birga yig'ma temirbeton mahsulotlarni ishlab chiqarishda ham, monolit usulida qurilishni tashkillashtirishda ham beton qotishini tezlashtiradi (4-rasm).

Bizning holatda, turli xil modifikatsiyalangan sement kompozitsiyalarining sement hamirining ekzotermiyasiga ta'sirini solishtirish maqsadga muvofiq. Tadqiqotda quyidagi tarkiblar qo'llanilgan: 1. PS asosidagi etalon tarkib; 2. PS+POLIMIX; 3. PS+POLIMIXJBI; 4. PS+POLIMIX+PESH (25%); 5. PS+POLIMIXJBI+PESH (25%).



4-rasm. Tadqiq etilayotgan tarkiblar haroratining o'zgarish kinetikasi
 ((1-etalon; 2-PS+POLIMIX;
 3-PS+POLIMIXJBI;
 4-PS+POLIMIX+PESH (25%);
 5-PS+POLIMIXJBI+PESH (25%))

4-rasmda keltirilgan ma'lumotlar tahlili ko'rsatishicha, kimyoviy qo'shimchalar (superplastifikator va polifunksional qo'shimcha) dastlabki bosqichda sementning gidratasiyalash jarayonini sezilarli sekinlashtiradi. Buning sababi – qo'shimcha molekulalar bog'lovchi zarrachalarining yuzalarini qisman "blokirovkalashi" va ularning suv bilan reaksiyasini qiyinlashtirishi bilan bog'liq. PFQ va PESH yordamida modifikatsiyalangan tarkiblarning qotish jarayonida haroratga bog'liqligini taqqoslash, 1 va 2- tarkiblarning ekzotermiyasi 4°C va 4-tarkibga nisbatan 9°C ortganini ko'rsatdi. Bunga PFQ tarkibidagi ammiakli suv sement zarralarining eruvchanligini oshiradi, bu esa haroratning ko'tarilishiga olib kelishi sabab bo'ladi.

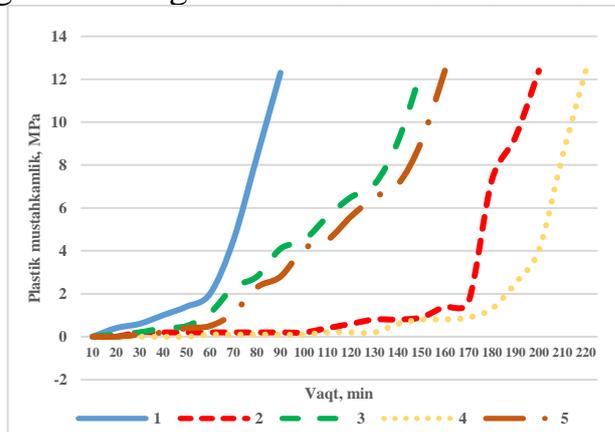
Sement bog'lovchisi strukturasi shakllanishining kristall-koagulyasion davri sement toshining kristalli strukturasi dastlabki shakllanish va rivojlanish bosqichi bo'lib, u suv bilan qorishganidan so'ng boshlanadi va barqaror kristall matrisa hosil bo'lguncha davom etadi. Ushbu bosqichda suvli fazaning to'yinishi va kalsiy gidrosilikat (C-S-H) kristallarining shakllanishi, shuningdek, sement toshining mustahkamlanishi va barqarorlashuviga ko'maklashadigan zarrachalarning koagulyasiyasi ro'y beradi. Ushbu davr mustahkam sement bog'lovchisi tuzilishini va uning fizik-mexanik xossalarini shakllantirish uchun juda muhim. Qo'shimchalar va modifikatorlar strukturaning shakllanish tezligi va sifatini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin bo'lib, bu materialning ekspluatasion xossalariga ta'sir ko'rsatadi.

Ushbu jarayonlarning davomiyligini o'rganish uchun turli xil qo'shimchalar va uning alohida tarkibiy qismlari bo'lgan sement tizimi plastik mustahkamlikning o'sish kinetikasiga ta'siri (5-rasm) va vaqt mobaynida sement toshining siqilishga bo'lgan mustahkamligining o'zgarishi (6-rasm) baholandi. Plastik mustahkamlikni baholash konusni botirish paytida aniqlangan chegaraviy siljish kuchlanishi asosida amalga oshirildi.

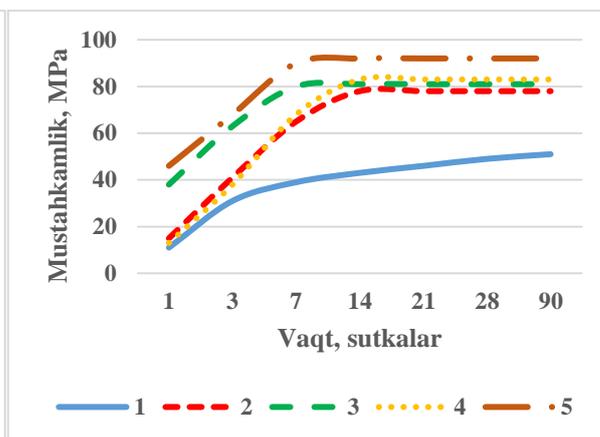
Tadqiqotda quyidagi tarkiblar qo'llanilgan: 1. PS asosidagi etalon tarkib; 2. PS+POLIMIX; 3. PS+POLIMIXJBI; 4. PS+POLIMIX+PESH (25%); 5. PS+POLIMIXJBI+PESH (25%).

5-rasmda keltirilgan ma'lumotlar POLIMIX superplastifikatori (2- va 4-tarkiblar) qo'llanilgan tarkiblarda induksion qotish davri davomiyligini 160-190 daqiqaga oshirishini ko'rsatdi. Bu sement zarralari yuzasida plyonka hosil bo'lishi

bilan bog'liq bo'lib, u suvning adsorbsiyasini vaqtincha cheklaydi va gidroliz jarayonini sekinlashtiradi. Vaqt o'tishi bilan plyonka ishqorli muhit qiymatining oshishi tufayli eriydi va tizim strukturasi intensiv shakllanish bosqichi boshlanadi. 3 va 5-tarkiblarda qattiqlashuv jarayonining tezlashishi kuzatildi. PFQ dan foydalanish induksion davrini 2-tarkibga nisbatan 160 dan 60 daqiqagacha kamaytirdi. PFQ sement va suv o'rtasidagi reaksiyani faollashtirish orqali qattiqlashuv davrini intensivlashtirsa, bu erda modifikatorlar katalizator sifatida gidratlarning shakllanishini tezlashtiradi.



5-rasm. Tadqiq qilinayotgan tarkiblarning plastik mustahkamligini ortish kinetikasi ((1-etalon; 2-PS+POLIMIX; 3-PS+POLIMIXJBI; 4-PS+POLIMIX+PESH (25%); 5-PS+POLIMIXJBI+PESH (25%))



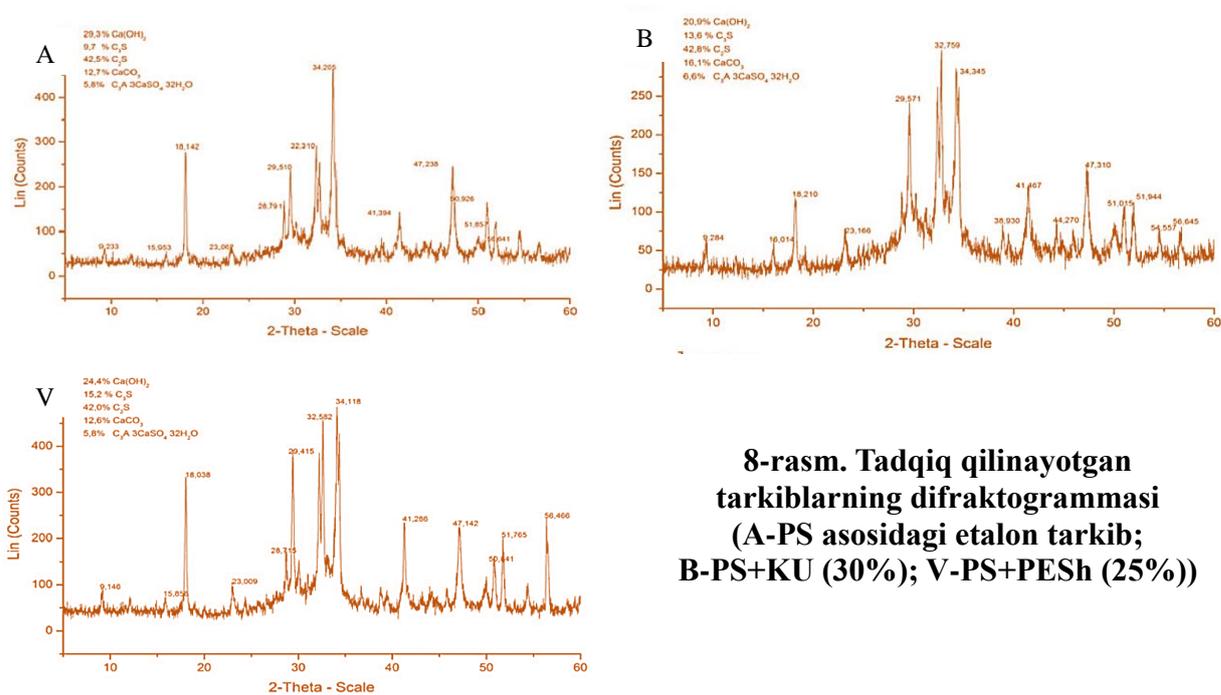
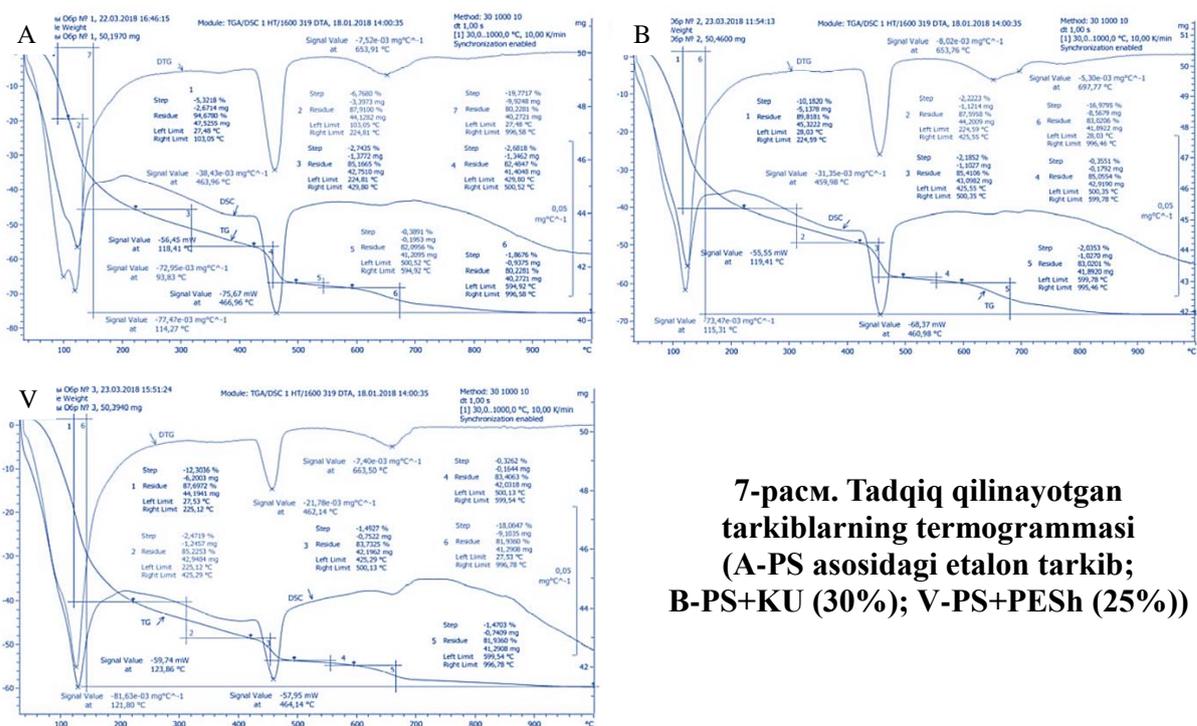
6-rasm. Tadqiq qilinayotgan tarkiblarning mustahkamligining ortish kinetikasi ((1-etalon; 2-PS+POLIMIX; 3-PS+POLIMIXJBI; 4-PS+POLIMIX+PESH (25%); 5-PS+POLIMIXJBI+PESH (25%))

6-rasmni tahlili, POLIMIX superplastifikatori qattiqlashuvning dastlabki bosqichida sement toshining mustahkamligini o'sishini sekinlashtiradi, ammo yuqori suvni kamaytirish xususiyati tufayli keyingi davrlarda uni faollashtirishi aniqlandi. PFQ va PESH ning kiritilishi dastlabki davrda etalon tarkibi bilan taqqoslaganda mustahkamlikni 59-61% ga, 2 va 4-tarkiblar bilan qiyoslaganda esa 8-10% ga oshirdi. PFQ bilan modifikatsiyalangan tarkiblar 1 kunlik va 28 kunlik muddatda ham eng yuqori mustahkamlik ko'rsatkichlarini namoyish etib, bu esa kam qizdiriladigan va qizdirilmaydigan beton texnologiyasiga o'tish uchun muhim omil hisoblanadi.

Kompleks qo'shimcha bilan modifikatsiyalangan sement toshi mustahkamligining ortishi sabablarini qo'shimcha tahlil qilishni talab qiladi. Shu maqsadda, 28 kun davomida optimal sharoitlarda saqlangan sement toshi namunalarining differensial termik (7-rasm) va rentgenstrukturaviy tadqiq qilish (8-rasm) bo'yicha izlanishlar olib borildi. Tajribalar turli xil qo'shimchalar, shu jumladan KU va past faollikdagi PESH bilan modifikatsiyalangan tarkiblarning qattiqlashuvning kechki bosqichlarida ettringit fazalarini o'rganishni ham o'z ichiga olgan. Tadqiqotda quyidagi tarkiblardan foydalanilgan: 1. PS asosidagi etalon tarkib; 2. PS+KU (30%); 3. PS+PESH (25%).

7-rasmni tahlili sement tarkibiga amorf silikatning kiritilishi qizdirish vaqtida parchalanadigan Ca(OH)_2 miqdorining sezilarli darajada pasayishiga olib keldi va

klinker sementning gidrasiya jarayonida amorf kremniyning ta'siri tufayli yangi birikmalar hosil bo'lishiga sabab bo'lishini ko'rsatdi. Kalsiy gidroksidi miqdorining eng katta pasayishi KU bilan modifikatsiyalangan tarkibda kuzatilib, bu Ca(OH)_2 ning amorf SiO_2 bilan faol o'zaro ta'sirlashuvi bilan bog'liq.



Diffraktogrammalarning tahlili amorf silikat qo'shimchalari Ca(OH)_2 intensivligini kamaytirishini ko'rsatdi. Nazorat namunasida (9a-rasm), Ca(OH)_2 ning miqdori ~29,3% ni, 3-tarkibda esa ~ 23,7% ni tashkil qildi. KU bilan modifikatsiyalangan tarkiblarda ishqorlilikning pasayishi va gidrosulfoaluminat minerallarining shakllanishi tufayli ettringit fazasining 5,8% dan 6,6% gacha o'sishi kuzatildi. Ushbu tendensiya modifikatsiyalangan tarkiblarda Ca(OH)_2

miqdorining etalonga nisbatan kamayishidan iborat bo'lib, ammo KU bilan modifikasiyalangan kompozitsiyalarda bog'langan gidrooksid kalsiy miqdori PESH bilan tayyorlangan namunalarga nisbatan bir muncha yuqori ekanligi aniqlandi.

Bizning fikrimizcha, bu kamchilik hisoblanmaydi, chunki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning to'liq bog'lanmaganligi sement toshining ishqorlilik darajasining u qadar pasayishiga olib kelmaydi va natijada betonning po'lat armaturaga nisbatan himoya xossalari ta'minlanadi. Bundan tashqari, g'ovak suyuqligining zarur ishqorlilik darajasini saqlab turishi kompozitning sulfat va karbonlashuv korroziyasiga bardoshlilikini oshirishga yordam beradi.

Dissertasiyaning "**Kompleks qo'shimcha asosidagi beton qorishmasi va betonning texnologiyasi va xossalari**" deb nomlangan to'rtinchi bobida beton qorishmasi va beton xossalariga texnologik omillarning ta'sirini o'rganish natijalari keltirilgan. Kompleks qo'shimchali tarkiblar optimallashtirilib, modifikasiyalangan tarkiblar g'ovakliligi, qo'shimchalarning po'lat armatura korroziyasiga ta'siri, shuningdek, modifikasiyalangan betonlarning fizik-mexanik, deformatsion xossalari o'rganildi.

O'zbekiston Respublikasida monolit va yig'ma temirbeton buyumlar hamda konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun asosan M400 oddiy portlandsementi asosidagi B15 va B30 sinfidagi betonlar ishlatiladi. Tadqiqot uchun qabul qilingan xom ashyolardan beton namunalari tayyorlandi va ularni optimallashtirish EXCEL dasturi yordamida amalga oshirildi (1- va 2-jadval).

1-jadval

Betonning nazorat tarkiblari

Beton sinfi	Konusning cho'kishi (sm)	1 m ³ uchun sarflangan materiallar (kg)					
		Sement	Qum M _y =2,5	Chaqiqtoş Fr. 10-20	Suv	Suv/Sem	Q/Ch
		kg	kg	kg	l	-	-
B15	P1 (1-4)	268	809	1100	190	0,7	0,92
B30	P1 (1-4)	441	672	1100	190	0,43	0,61

2-jadval

Kompleks qo'shimcha asosida optimallashtirilgan o'zi zichlashuvchan beton tarkiblari

Beton sinfi	Konusning cho'kishi (sm)	1 m ³ uchun sarflangan materiallar (kg)							
		Sement	Qum M _y =2,5	Chaqiqtoş Fr. 10-20	Suv	PESH	PFD	Suv/Sem	Q/Ch
		kg	kg	kg	l	kg	kg	-	-
B15	P4 (16-20)	202	809	1100	190	68	0,85	0,7	0,73
B30	P4 (16-20)	331	672	1100	190	110	1,4	0,43	0,61

Beton tarkiblarini optimallashtirishda quyidagi omillarning ta'siri o'rganildi: X₁ – sement massasidan PFQ iste'moli (%); X₂ – sement sarfi, kg/m³; X₃ – Suv/Sem nisbati. Natijalarni qayta ishlash va regressiya tenglamasining ahamiyatsiz koeffitsientlari bartaraf etilganidan so'ng, PFQ va PESH ga asoslangan kompleks qo'shimchali betonning mustahkamligini, o'rtacha zichligini va suv shimuvchanligini tavsiflovchi matematik modellar olindi. Yakuniy parametrlar sifatida quyidagi xossalar qabul qilingan: Y_{mus} - 28 kunlik betonning siqilishga

bo‘lgan mustahkamligi, MPa; Y_{zich} – 28 kunlik namunalarning o‘rtacha zichligi (kg/m^3); Y_{SSH} – 28 kunlik betonning massasi bo‘yicha suvni yutishi (%).

Koeffisientlarning maksimal va minimal qiymatlari boshlang‘ich ma‘lumotlar va beton uchun texnologik talablar asosida quyidagi formulalar yordamida ifodalangan dastlabki tadqiqotlar asosida aniqlandi.

B15 sinfli beton uchun:

$$Y_{mus}=18,91-7,09X_1^2+0,38X_2^2-2,5X_3^2$$

$$Y_{zich}=2303,4-22,4X_1^2+0,05X_2^2+20,03X_3^2$$

$$Y_{SSH}=7,61+0,83X_1^2-0,23X_2^2+0,55X_3^2$$

B30 sinfli beton uchun:

$$Y_{mus}=33,65-2,88X_1^2+0,247X_2^2-3,6X_3^2$$

$$Y_{zich}=2382-38,52X_1^2+0,156X_2^2-55,37X_3^2$$

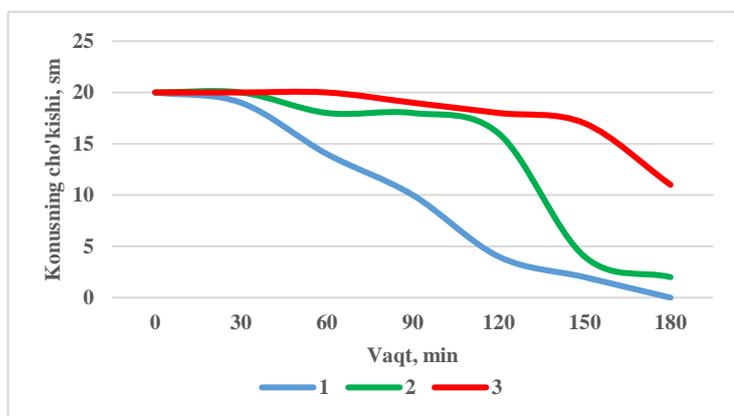
$$Y_{SSH}=6,17+0,7X_1^2-0,1X_2^2-1,31X_3^2$$

Harakatchanlikni (oquvchanlikni) saqlash beton qorishmasining asosiy ko‘rsatkichi bo‘lib, bu ayniqsa tovar betonlari uchun muhim. Oquvchanlik qorishmaning aralashishdan tortib to yotqizishgacha bo‘lgan vaqt mobaynida ishlash va barqaror xossalarini saqlab qolish qobiliyatini belgilaydi. Ushbu sohadagi tadqiqotlar oquvchanlik muddatini uzaytirish uchun kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanishga qaratilgan. Quyida keltirilgan tadqiqotda beton qorishmasining harakatchanligini saqlash bo‘yicha kompleks qo‘shimchalarning samaradorligi baholangan. Oquvchanlikni (9-rasm) tadqiq qilishda foydalanilgan tarkiblar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Tadqiq etilayotgan o‘zi zichlashuvchan beton qorishmasi tarkiblari

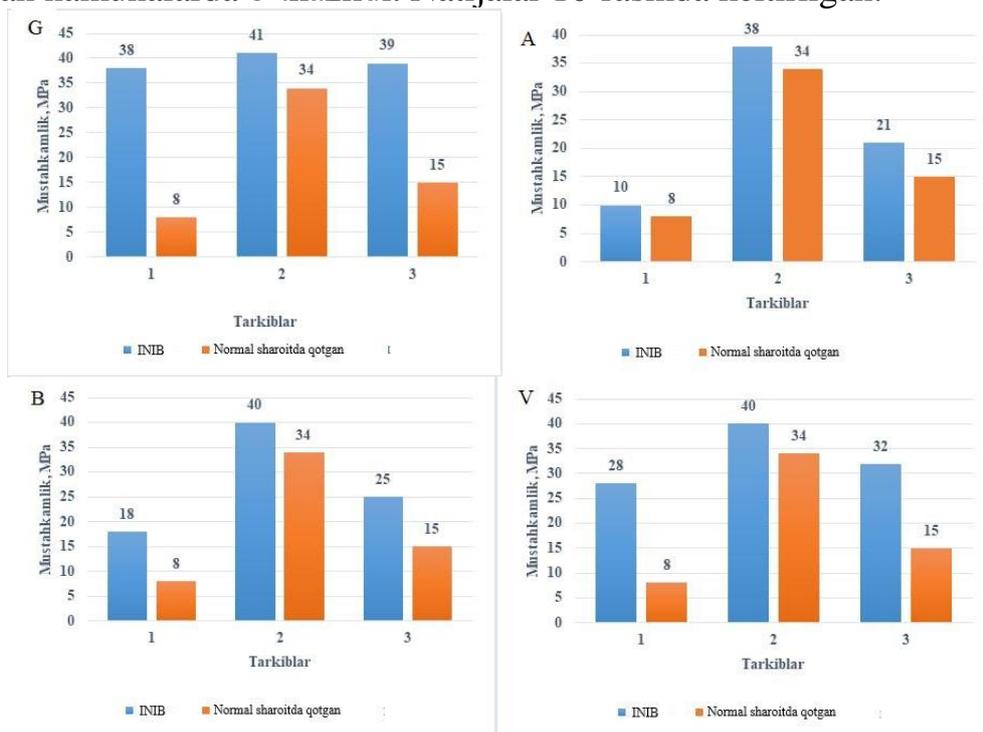
Tarkiblar	Beton sinfi	Konusning cho‘kishi (sm)	1 m ³ uchun sarflangan materiallar (kg)						
			Semen t	Qum M _y =2,5	Chaqiqtos h Fr.10-20	Suv l	PESH kg	POLIMIXJBI/ POLIMIX kg	S/S -
			kg	kg	kg	l	kg	kg	-
1	B30	P4 (20)	510	541	1100	220	-	-	0,43
2			331	672	1100	190	110	1,4/-	0,43
3			331	672	1100	190	110	-2,83	0,43



9-rasm. Turli tarkibli beton qorishmalari oquvchanligining vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi

Olingan ma‘lumotlarga asoslanib aytish mumkinki, PFQ ning beton qorishmasi tarkibiga kiritilishi betonning mustahkamligining o‘shish sur‘atlarini sezilarli darajada tezlashtiradi, bu esa zavodlarda qoliplar aylanmasini va ishlab

chiqarish iqtisodiy samaradorligini oshiradi degan xulosaga kelish mumkin. Bu qotish vaqtining qisqarishiga va ishlab chiqarilgan mahsulotlar hajmini ko'paytirishga ko'maklashadi. Bundan tashqari, PFQ dan foydalanish energiya samaradorlikning oshishiga katta xissa qo'shib, chunki bug' iste'moli mahsulot tannarxining 18-25% ulushini tashkil qiladi. O'zbekiston zavodlarida 1 m³ temirbeton elementlariga sarflanadigan o'rtacha bug' sarfi 0,35 dan 1,0 Gkal gacha etishi mumkin. Bug'li muhit haroratining PFQ bilan modifikasialangan betonning qotishiga ta'sirini o'rganish uchun tajribalar 30°C, 40°C, 60°C va 80°C haroratlarda (5-jadval), shuningdek, 1 kun davomida normal sharoitda saqlanadigan namunalarda o'tkazildi. Natijalar 10-rasmda keltirilgan.



10-rasm. INIB rejimlarining tadqiq qilinayotgan tarkiblarning mustahkamligiga ta'siri

Grafiklardan olingan natijalar betonga ishlov berish haroratining ortishi beton mustahkamligining o'sish sur'atiga sezilarli ta'sir qilishini ko'rsatdi. 1 va 3-chi tarkiblar uchun 30°C va 40°C haroratdan yuqori bo'lmagan mustahkamlikni o'sish sur'atlari kuzatildi, ammo harorat 60°C va 80°C ni tashkil etganida mustahkamlikning ortishining tezlashishi qayd etildi. PFQ bilan modifikasialangan tarkiblarda A va G rejimlarida ishlov berish paytida mustahkamlik ko'rsatkichining o'zgarishi bor yo'g'i 3 MPa ga farqlandi. Yana o'rganilgan barcha rejimlarda nazorat tarkibi va POLIMIX bilan modifikasialangan kompozitsiyalarda mustahkamlikning intensiv o'sishini ko'rsatdi.

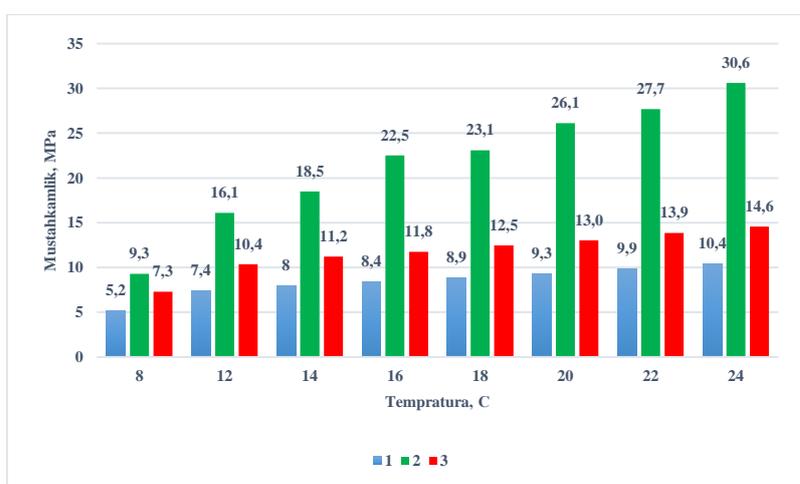
Elektrolit qo'shimchalarining samarasi yuqori haroratlarda yaqqol namoyon bo'ladi, bu gidrolizning tezlashishi natijasida yuz beradi. PFQ samaradorligiga past ijobiy haroratlarda baholash (8°C÷24°C) uchun qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazildi. Tadqiqotlar namunalarning qotishi boshlanganidan bir kun o'tgan namunalarda amalga oshirildi. Namunalar yakuniy mustahkamligini aniqlashdan oldin xona

haroratida ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) 4 soat davomida saqlangan. Olingan natijalar 11-rasmda keltirilgan.

4-jadval

Issiqlik-namlik bilan ishlov berish rejimlari

№	Issiqlik-namlik bilan ishlov berish bosqichining davomiyligi				Rejimning davomiyligi, soat
	Boshlang'ich davr	Temperaturani ko'tarish	Izotermik qizdirish	Sovutish	
1	$t=20^\circ\text{C}$ da 4 soat davomida	$t=30^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	$t=30^\circ\text{C}$ da 6 soat davomida	$t=20^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	16
2	$t=20^\circ\text{C}$ da 4 soat davomida	$t=40^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	$t=40^\circ\text{C}$ da 6 soat davomida	$t=20^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	16
3	$t=20^\circ\text{C}$ da 4 soat davomida	$t=60^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	$t=60^\circ\text{C}$ da 6 soat davomida	$t=20^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	16
4	$t=20^\circ\text{C}$ da 4 soat davomida	$t=80^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	$t=80^\circ\text{C}$ da 6 soat davomida	$t=20^\circ\text{C}$ da 3 soat davomida	16



11-rasm. Atrof-muhit haroratining tadqiq etilayotgan tarkiblarning mustahkamligiga ta'siri

Betonning mustahkamligi, deformatsiyasi, o'tkazuvchanligi va muzlashga bardoshligi kabi fizik-mexanik xossalarini o'rganish bo'yicha olib borilgan ko'plab tadqiqotlar ushbu ko'rsatkichlarning materialdagi g'ovaklarning o'lchamiga, konfiguratsiyasiga va soniga sezilarli bog'liqligini ko'rsatdi.

4-jadvalda keltirilgan tarkiblarning g'ovakli tuzilishini o'rganish Thermo Scientific Pascal 240 EVO simob porozimetri yordamida amalga oshirildi (5-jadval).

5-jadval

O'rganilayotgan namunalarning g'ovakli strukturasi ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Tarkib №1	Tarkib №2	Tarkib №3
G'ovaklarning nisbiy hajmi (mm^3/g):	63,81	46,78	49,24
G'ovaklarning umumiy yuzasi (m^2/g)	6,576	4,908	5,112
G'ovaklarning o'rtacha o'lchami (mkm):	0,0388	0,031	0,035
Namunalarning umumiy g'ovakligi, %	14,91	10,42	11,89

Tadqiq etilayotgan tarkiblarning g'ovakli tuzilishini o'rganish shuni ko'rsatdiki, kompleks qo'shimchalarni kiritish betonning g'ovaklilikini o'zgartirishga ta'sir qiladi. Xususan, 3-sonli kompozitsiyaning qo'llanilishi umumiy g'ovaklilikni nazorat namunasiga nisbatan 20,25% ga kamaytirdi. G'ovaklikning eng sezilarli kamayishi 2-sonli tarkibda qayd etildi. PFQ va PESH

asosida modifikatsiyalangan kompozitsiyaning g'ovakliligi nazorat namunasiga nisbatan 30,11% ga pasaydi.

Turli xil beton tarkiblarining g'ovakli tuzilishini taqqoslash shuni ko'rsatdiki, barcha g'ovaklik ko'rsatkichlarining eng yaxshi pasayishi 2-sonli kompozitsiyada kuzatilgan.

Qurilish konstruksiyalarining o'zgaruvchan haroratlardagi ekspluatatsiya qilinishi termik deformatsiyalar va ichki tuzilishdagi o'zgarishlar tufayli og'ir betonning mustahkamlik xossalari yomonlashishiga olib keladi. Betonning chidamliligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biri g'ovaklilikdir. Yuqori g'ovaklilik suvning so'rilishiga yordam berib, bu muzlash va erish davrlarida shikastlanish ehtimolini yanada oshiradi. G'ovaklilik past bo'lgan beton bunday ta'sirlarga yaxshiroq qarshilik ko'rsatadi.

Taklif etilayotgan qo'shimchalarning yuqorida ishlab chiqarilgan modifikatsiyalangan betonlarning sifat ko'rsatkichlariga ta'siri samaradorligini yanada to'liqroq yoritish maqsadida 4-jadvalda keltirilgan tarkiblarning ekspluatatsion va deformatsion xossalari qo'shimcha ravishda o'rganildi. Tadqiqot natijalari 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval

Tadqiq qilinayotgan tarkiblarning ekspluatatsion va deformatsion xossalari

Tarkiblar	Muzlashga bardoshlilik, F, davr	Suv o'tkazmaslik, W, MPa	Elastiklik moduli, $E_b \cdot 10^3$, MPa	Prizmatik mustahkamlik, R_{bn} , MPa
Tarkib №1	300	0.6	25	32
Tarkib №2	450	1.0	34	47
Tarkib №3	400	0.8	28	44

6-jadvalda ko'rsatilgani kabi, PFQ va PESH asosidagi kompleks qo'shimchani kiritish nazorat tarkibiga nisbatan muzlashga bardoshlilikni 3 pog'onaga va suv o'tkazmaslikni 2 sinfga oshirdi. Ushbu xossalarning yaxshilanishi PFQ tufayli beton qarishmasi suv talabchanligining pasayishi tufayli kapillyar g'ovaklilikning kamayishi, shuningdek, PESH va portlandit o'rtasidagi reaksiya natijasida yangi tobermorit guruhiga mansub birikmalarining paydo bo'lishi bilan bog'liq.

PFQ va PESH asosidagi kompleks qo'shimcha bilan tarkibni modifikatsiyalash etalon tarkibiga nisbatan elastiklik modulining 26% ga va prizmatik mustahkamlikning 31% ga ortishiga olib keldi. Bundan tashqari, ushbu ko'rsatkichlarning 3-sonli tarkibga nisbatan mos ravishda 17% va 6% ga o'sishi kuzatildi.

XULOSA

“Metallurgiya sanoati chiqindisi va polifunksional qo'shimcha asosidagi kompleks modifikatsiyalangan beton” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. Ilk marotaba po'lat ishlab chiqarish sanoati chiqindilari va polifunksional qo'shimchalar asosida temirbeton buyumlar va konstruksiyalarni ishlab chiqarish

uchun kam qizdiriladigan yoki qizdirilmaydigan texnologiyalari uchun mo'ljallangan, yaxshilangan ekspluatasiya xossalariga ega beton qarishmasi va betonning tarkibi ishlab chiqildi.

2. Tadqiq qilinayotgan tarkiblarning rentgenstrukturaviy va differensial termik tahlili ko'rsatishicha, kompleks modifikatordan foydalanish kalsiy gidroksidining amorf silikat bilan bog'lanishi tufayli gidrasiya intensivligining oshishiga va yuqori qarshilikka ega kalsiy gidrosilikat birikmalarining shakllanishiga yordam beradi. Shu bilan birga, kam faol PESH dan foydalanish etringit fazasining rivojlanishiga to'sqinlik qilishi aniqlandi, bunga esa sement kompozitsiyasi tarkibidagi talab etilgan ishqorlilik ko'rsatkichining saqlanishi hisobiga erishildi.

3. Polifunksional qo'shimchadan foydalanish issiqlik-namlik bilan ishlov berish jarayonida betonni izotermik qizdirish haroratini 80°C dan 30°C gacha kamaytirish imkonini berib, bu esa temirbeton buyumlari va konstruksiyalarni ishlab chiqarish uchun kam qizdiriladigan texnologiyalarga o'tishga yordam berdi. Bundan tashqari, monolit usulda TBK ni ishlab chiqarishning qizdirilmaydigan texnologiyasi uchun 18°C dan 24°C gacha bo'lgan oraliq optimal ekanligi aniqlandi.

4. Tadqiq etilayotgan tarkiblarning g'ovakliligini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, PFQ va PESH asosidagi kompleks modifikatsiyalangan betonning umumiy g'ovakliligi nazorat tarkibiga nisbatan 30,11% ga kamayishiga olib keldi, g'ovaklikning nisbiy hajmi esa 26,68% ga pasaydi. POLIMIX va PESH asosidagi kompozitsiya bilan taqqoslaganda, bu ko'rsatkichlarning pastlashi mos ravishda 12,3% va 4,9% ni tashkil etdi.

5. Beton tarkiblarining chidamliligi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarda, polifunksional qo'shimcha va past faol mikroto'ldirgich bilan kompleks modifikatsiyalash kompozitning muzlashga bardoshliligini etalon tarkibiga nisbatan 3 pog'onaga va suv o'tkazmaslik ko'rsatkichini esa 2 sinfga oshirishga olib kelishi aniqlandi. PFQ ning yuqori plastiklash qobiliyati polikarboksilat kimyoviy qo'shimchasi POLIMIX yordamida tayyorlangan betonga nisbatan muzlashga bardoshlilik va suv o'tkazmaslik xossasini bir markaga oshirishni ta'minladi. Bundan tashqari, kompleks modifikatordan foydalanish betonning deformatsion xossalarini yaxshilashga yordam berdi. Xususan, elastiklik moduli nazorat tarkibiga nisbatan 26% va prizmatik mustahkamlik 31% ga ortdi. Bu ko'rsatkichlarning POLIMIX asosidagi tarkiblarga nisbatan mos ravishda 17% va 6% ga o'sishi kuzatilgan.

6. Tadqiq qilinayotgan tarkiblarning agressiv muhitga qarshiligini o'rganish shuni ko'rsatdiki, PFQ va PESH asosidagi kompleks qo'shimchadan foydalanish nazorat tarkibi bilan taqqoslaganda betonning sulfat muhit ta'siriga chidamliligini 1,73 baravar va ishqoriy muhitga nisbatan esa 29 foizga oshirdi.

7. Kirishish deformatsiyalarini o'rganish natijalari tahlili asosida maydonador beton tarkibiga kompleks qo'shimchani kiritilishi nazorat tarkibiga nisbatan kirishish deformatsiyasining 21-33% ga pasayishiga olib kelishi aniqlandi.

8. PFQ va PESH asosidagi kompleks modifikatorning po'lat armatura korroziyasiga ta'sirini baholash bo'yicha tadqiqot 180 kun davomida turli sharoitlarda o'tkazilganida armaturaning 8,98 g/m² og'irlik yo'qotishi aniqlandi va bu me'yor talablarga to'liq javob beradi (≤ 10 g/m²).

9. "BINOKOR TEMIRBETON SERVIS" MChJ QK ga B15 sinfidagi yig'ma beton va temirbetonlarni ishlab chiqarish uchun kompleks qo'shimchali optimal tarkib va texnologiya joriy etildi. Ishlanmalarni amaliyotga joriy qilishdan olingan iqtisodiy samaradorlik 1m³ betonni ishlab chiqarish uchun qish mavsumi uchun 118 243 so'mni, yoz mavsumi uchun 122 839 so'mni tashkil etdi (2024 yilgi narxlarda). O'z DSt 778-97 ga muvofiq podval devorlari uchun beton bloklarini mineral mikroto'ldirgich va polifunksional qo'shimcha asosidagi kompleks modifikator bilan ishlab chiqarish bo'yicha korxonadan ishlab chiqilgan va joriy qilingan TI64-23394177-90:2024 raqamli texnologik yo'riqnoma talab etilgan xossalarga ega bo'lgan mahsulotlarni ishlab chiqarish imkonini berdi. 3000 blok ishlab chiqarishdan kutilayotgan iqtisodiy samara 296 mln. so'mni tashkil etdi (2024 yilgi narxlarda).

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КУДРАТОВ БЕКЗОД ШЕРЗОДОВИЧ

**КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ
ОТХОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И
ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКИ**

Специальность 05.09.05-«Строительные материалы и изделия»

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

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2024.2.PhD/T4766.

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: **Кадилов Илхом Абдуллаевич**
доктор философии по техническим наукам, доцент

Официальные оппоненты: **Хасанов Бахридин Баратович**
доктор технических наук, профессор
Амиров Турсоат Жумаевич
доктор философии по техническим наукам, доцент

Ведущая организация: **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2025 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.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, tashiit@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 «___» _____ 2025 года.
(протокол реестра № _____ от «___» _____ 2025 года).

А.И.Адилходжаев

Председатель 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. Ишанходжаев

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 настоящее время в развитых странах современные требования предъявляемые к качеству строительства указывают на необходимость применения строительных материалов с относительно невысокой стоимостью, низкими затратами на производство превосходящих по эксплуатационным свойствам существующим аналогам. В этом отношении особое внимание уделяется совершенствованию технологии производства бетонных смесей и энерго- и ресурсосберегающих бетонов с широким использованием природного и техногенного сырья для повышении качества продукции при их производстве.

В мире в последние годы особое внимание уделяется вопросам разработки низкоэнергетической технологии "бетона будущего" с использованием химических и минеральных модификаторов. Такой инновационный подход обеспечивает решение актуальных задач, таких как экологическая безопасность, экономическая эффективность и рациональное использование ресурсов. Также реализация такого подхода позволяет значительно повысить прочность бетона до 70% и более на ранних стадиях твердения. В связи с этим использование комплексных модификаторов на основе местного сырья открывают возможности для перехода к ресурсосберегающим малопрогревным или безопрегревным технологиям производства железобетонных изделий и конструкций с наперед заданным комплексом свойств, а реализация задач в данном контексте является актуальной.

В нашей республике осуществляются масштабные мероприятия, направленные на модернизацию строительной отрасли, техническое и технологическое обновление производственных процессов, снижение энергоемкости и ресурсоемкости выпуска строительных материалов. "В стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы" поставлена задача к 2026 году путем активного внедрения технологий "Зеленой экономики" во все отрасли..."¹ принять меры для повышения энергоэффективности экономики на 20 процентов и сокращению выбросов вредных газов на 20 процентов. Реализация этих задач, в том числе производство энергоэффективных и экологически чистых строительных материалов с заданными свойствами, создание и совершенствование существующих технологий и энергоэффективных подходов их производства на основе местного сырья является актуальной задачей.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года за №ПФ-60 "О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы".

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, предусмотренных постановлениями и указами Президента Республики Узбекистан №ПП-4198 от 20 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов», №ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли производства строительных материалов», №УП-6119 от 27 ноября 2020 года «Об утверждении стратегии модернизации, ускоренного и инновационного развития строительной отрасли Республики Узбекистан на 2021-2025 годы», 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, энерго- 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 и полифункциональными химическими добавками.

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, 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.М. Петровой, С.В. Шестоперовым, А.Е. Шейкиным, А.В. Шейнфельдом, В.Б. Ратиновым, А.В. Ушеровым-Маршаком, В.С. Рамачандраном, Б.Р. Фаликманом, В.М. Колбасовым, С.М. Рояком, В.В. Тимашевым, Т.В. Кузнецовой, М. Венюа, Х. Тейлором, М. Регуром, М. Коллепарди, Р. Кондо, Д. Роем, К. Хатторном, 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, M. Chentern, P.Y. Blais, C. Danrioc, A.S. Belardi, K.K. Sideris, E. Guneyisi, R. Flatt, R. Lewis, J. Plank, I. Schober, H. Okamura, K. Ozawa, K. Yamada, M. Fenollera, L. Garcia, P. Richard, G. Edward, M. Buil, A. Neville 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 указанных выше авторами исследованиях подробно рассматривались вопросы, связанные с проектированием бетонов нового поколения, изучением механизмов действия химических модификаторов на технологические и физико-механические свойства, а также влияние минеральных микронаполнителей на ход течения физико-химических взаимодействий в цементной системе.

В ранее проведенных исследованиях подробно освещены вопросы разработки высокопрочных, высококачественных и долговечных бетонов на основе минеральных микронаполнителей и химических добавок. Однако, недостаточно изученными остаются вопросы влияния минерального модификатора различной активности на адгезию между вяжущим и заполнителем, а также его воздействие на щелочную среду цементной системы. Переход на малопрогревные и безопрегрывные технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций с учетом комплексного воздействия полифункциональных химических добавок, разработанных на основе новейших инновационных решений обеспечивающие не только водоредуцирование, но и интенсификацию сроков схватывания, недостаточно изучен. Кроме того, вопросы влияния комплексных модификаторов на коррозию стальной арматуры, а также стойкость многокомпонентных модифицированных составов против агрессивных сред остаются недостаточно исследованными.

Учитывая вышеизложенное, актуальной задачей является проведение комплексных исследований по разработке бетонных смесей и бетонов для ресурсосберегающих малопрогревной и безопрегрывной технологии, обладающих улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счет применения малоактивной микронаполнителя техногенного происхождения и полифункциональной добавки на основе рядового портландцементом марки 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 государственного транспортного университета № БВ-Ф4-04 (2018-2020).

Целью исследования является разработка бетонных смесей нового поколения с требуемыми показателями свойств на основе рядового портландцемента М400, отходов сталеплавильного производства и полифункциональной добавки для производства на их основе железобетонных конструкций с использованием малопрогревной или безопрегрывной технологий тепловой обработки изделий.

Задачи исследования:

исследование особенностей формирования физико-механических свойств и структуры модифицированного цементного камня на основе минерального микронаполнителя и полифункциональной химической добавки;

оптимизация бетонной смеси и состава бетона с использованием минеральных микронаполнителя и полифункциональной добавки;

экспериментально исследовать возможность разработки бетонных смесей и бетонов для производства железобетонных конструкций и изделий с применением безпрогревной и малопрогревной технологии на основе комплексного модификатора;

исследование технологических, физико-механических и химических свойств бетона и бетонной смеси с комплексной добавкой;

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

Объектом исследования являются комплексно модифицированные бетоны, применяемые в малопрогревных и безпрогревных ресурсосберегающих технологиях, разработанные с использованием комплексной добавки.

Предметом исследования является изучение закономерностей структурообразования и формирование физико-механических, химических и технологических параметров бетонов оптимального состава, изготовленного с использованием минерального наполнителя и полифункциональной добавки.

Методы исследования. При проведении исследований использовались современные методы физико-химического анализа, стандартизированные методы изучения показателей качества и свойств комплексно модифицированных бетонов, математические методы планирования состава бетонных смесей, а также методы статистического анализа результатов экспериментов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые разработан состав бетонной смеси и бетон на основе сталеплавильного шлака и полифункциональной добавки с требуемыми показателями свойств, предназначенных для применения в технологии малопрогревных или безпрогревной технологии производства железобетонных изделий и конструкций;

обоснована и подтверждена гипотеза о том, что использование низкоактивного сталеплавильного отхода в составе бетона за счет формирования необходимых показателей щелочной среды, не приводит к образованию поздних этtringитов;

доказано, что применение предлагаемого полифункционального химического модификатора за счет ускорения процесса структурообразования цементной системы обеспечивает существенное снижение температуры изотермического прогрева при тепло-влажностной обработки изделий, что позволяет осуществить переход на малопрогревную технологию изготовления железобетонных конструкций;

доказано, что сталеплавильный шлак применяемый в составе комплексно модифицированного бетона за счет сохранения требуемых показателей щелочной среды цементной системы не влияет на ход течения коррозионных процессов стальной арматуры.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработаны оптимальные составы бетонных смесей и бетонов для изготовления монолитных и сборных железобетонных конструкций с применением малопрогревных и безпрогревных технологий на основе рядового портландцемента марки М400 с полифункциональной химической добавкой и минеральным микронаполнителем.

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 заключается в расширении представлений о формировании структуры цементных композитов, разработанных с использованием минерального микронаполнителя и полифункциональной химической добавки в цементной системе для малопрогревной и безпрогревной технологии. Эти результаты играют ключевую роль в развитии теории и практики технологии бетона, способствуя углублению знаний о свойствах и структуре цементных композитов.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена внедрением в производство комплексно-модифицированных бетонов с улучшенными эксплуатационными свойствами для малопрогревной и безпрогревной технологии изготовления ЖБИ, обладающих наперед заданными свойствами, на основе портландцемента марки М400 с использованием комплексной добавки, разработанной на основе местного сырья. Эти результаты также подкреплены количественной оценкой свойств бетонов с применением вычислительных программ, что позволяет обеспечить их эффективное применение в строительстве.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по изучению закономерностей формирования структуры комплексно-модифицированных бетонов на основе отхода металлургического производства и полифункциональной добавки, внедрены:

в производство оптимальные составы комплексно-модифицированного бетона для производства сборного бетона и железобетона класса В15 на СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» №04/13-2412 от 27 августа 2024 года). В результате внедрения достигнута сокращения расхода цемента в 1,25 раза,

увеличение морозостойкости на 3 марки и водонепроницаемости на два класса.

разработана технологическая инструкция ТИ64-23394177-90:2024 на производство бетонных блоков для стен подвалов по стандарту O'z DSt 778-97, с использованием комплексно-модифицированного бетона на основе минерального наполнителя и полифункциональной добавки для СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» (справка Ассоциации «Узпромстройматериалы» №05/15-2071 от 12 октября 2024 года). В результате, изготовления указанных изделий экономическая эффективность от внедрения данных решений составила 118 243 сумов за 1 м³ бетона в зимний период и 122 839 сумов в летний период (в ценах 2024 года). Ожидаемый экономический эффект от производства 3000 блоков составил 296 миллионов сумов (в ценах 2024 года).

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

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, включая 5 статей в зарубежных журналах, из которых 1 статья индексируется в базе SCOPUS и 6 статей опубликованы в республиканских научных журналах, рекомендованных ВАК РУз. Кроме того, получено 2 патента на изобретения, 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства на компьютерные программы от Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех 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 затрат в цементных системах, а также модификации структуры бетона минеральными модификаторами и полифункциональными химическими добавками. В данном разделе подробно рассмотрены задачи, связанные с проектированием высококачественного, высокопрочного и долговечного бетона для малопроегривных и беспрогривных технологий производства железобетонных

конструкций. Также проанализированы механизмы влияния химических модификаторов и минеральных микронаполнителей на технологические, физико-химические и физико-механические свойства цементной системы.

В технологии бетонов в Республике Узбекистан широко применяются различные высокоактивные минеральные наполнители, включая золу-уноса, глинозём, электротермофосфорные шлаки, базальт, барханные пески, отходы медной промышленности, цеолитсодержащие породы и др. Эти материалы находят широкое использование благодаря их способствующему воздействию на свойства бетонных смесей и их адаптивности к различным условиям производства. В ряде исследований, проведенных в различные годы, показано, что для реализации концепции «зеленый бетон», соответствующая требованиям экологической устойчивости, экономической эффективности и ресурсосбережения, внимание следует уделить применению кремнийсодержащих промышленных отходов. Однако следует учитывать, что применение высокоактивных микронаполнителей может сопровождаться негативными последствиями, такими как, образование позднего этtringита и привести к коррозии стальной арматуры. Эти нежелательные явления связаны с уменьшением щелочной среды цементной системы, что происходит вследствие связывания портландита высокорепактивным диоксидом кремния. Образование позднего этtringита приводит к снижению сульфатостойкости цементного бетона, а снижение рН среды способствует карбонизации бетона, что, в свою очередь, инициирует коррозию арматуры. Указанные негативные последствия могут быть устранены путем применения малоактивных микронаполнителей, которые не полностью связывают гидроксид кальция и частично обладают колматирующими свойствами. Эти микронаполнители способствуют уменьшению неблагоприятного воздействия высокорепактивных добавок на цементную систему, сохраняя при этом требуемую щелочную среду и предотвращая образование поздних этtringитов, а также снижая риск коррозии стальной арматуры.

В Республике Узбекистан накопились значительные объемы сталеплавильных отходов, которые характеризуются низкой активностью и могут эффективно использоваться для решения вышеуказанных задач. Кроме того, в настоящее время становится актуальным переход на малопротеревные и беспротеревные технологии бетона. Анализ первой главы показал, что для перехода на ресурсосберегающие технологии бетона широко применяются добавки-электролиты. Однако необходимо отметить, что электролиты могут вызывать коррозию металла, их использование в сочетании с поверхностно активными добавками приводит к значительному усложнению технологии производства бетона. В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является применение полифункциональных добавок, которые способны эффективно решать указанные проблемы.

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

Рабочая гипотеза: Основываясь на современных представлениях о физических и химических взаимодействиях, протекающих в комплексно

модифицированной цементной системе, можно предположить, что отходы с низкой активностью, образующиеся в сталелитейной промышленности, могут быть использованы в качестве микронаполнителей способствующих повышению прочности цементного композита за счет формирования новых соединений и снижению его проницаемости благодаря эффекту колматирования с сохранением требуемых показателей щелочной среды, а полифункциональные химические добавки выполняя функции пластификатора и интенсификатора твердения будут способствовать формированию благоприятных условий для разработки бетонов с улучшенными эксплуатационными свойствами для малопроевной и безпроевной технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций.

Во второй главе диссертации «**Методы исследования и применяемые материалы**», проведен анализ физико-механических и химических свойств материалов, использованных в экспериментальных исследованиях. В данной главе также представлены технические характеристики лабораторного оборудования и подробно описаны методические подходы к изучению высокопрочных, высококачественных и долговечных бетонов, модифицированных с использованием комплексных добавок.

В диссертационной работе в качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ I 32.5Н завода «Ахангаранцемент», в качестве мелкодисперсного наполнителя сталеплавильный отход Литейно-механического завода АО «Ўзбекситон темир йўллари, в качестве химической добавки новое поколение высокоэффективных суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров и аммиачной воды POLIMIXJBI фирмы ARMENT CONSTRUCTION CHEMICALS.

В исследованиях наряду со стандартизированными методами были применены современные методы физико-химического анализа, а также нестандартные методики, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских институтов. Процесс помола СПО производился с использованием лабораторной шаровой мельницы марки ШЛМ-100. Дисперсность минерального наполнителя оценивалась по величине удельной поверхности, которая определялась на приборе ПСХ-11А методом воздухопроницаемости Козени-Кармана. Сроки схватывания и нормальная густота цементного теста определялась на приборе ВИКА. Оценку рН-среды гидратирующихся цементных суспензий с минеральными добавками и без них осуществлялась с помощью рН-метра. При изучении поровой структуры цементных систем с комплексной добавкой применён метод ртутной порометрии на порозиметре фирмы Thermo Scientific серии Pascal 240 EVO. Исследования структуры цементных композиций и оценку структуры формирующегося цементного камня осуществляли на основе дифференциально-термического, рентгенофазового анализов. Кроме этого, в исследованиях применялся математический метод планирования экспериментов для оптимизации составов бетонных смесей.

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: "Автоматизированная программа для расчета удельной поверхности горелых формоотходов металлургической промышленности" и "Автоматизированная программа для измерения удельной поверхности сталеплавильных шлаков".

Третья глава диссертации **«Влияние полифункционального модификатора и минеральной добавки на структуру и свойства цементного камня»** посвящена результатам экспериментальных исследований, направленных на разработку и оптимизацию структуры и свойств цементных вяжущих с использованием комплексного модификатора, состоящего из полифункциональной добавки (ПФД) и сталеплавильного отхода (СПО). В этой главе рассматриваются вопросы механоактивации СПО, водопотребности и сроков схватывания комплексномодифицированных цементных паст, а также влияние добавок на щелочную среду, процессы тепловыделения и кинетику твердения модифицированных смесей. Особое внимание уделено структурообразованию разрабатываемого композита и другим его свойствам.

Одним из ключевых технологических этапов производства цемента и преобразования различных видов сырья в технические продукты является процесс механоактивации. Механоактивация представляет собой модификацию твердых веществ, осуществляемую посредством механического воздействия. В процессе диспергирования происходит изменение гранулометрического состава материала, увеличение количества активных центров, изменение формы и рельефа частиц, увеличение удельной поверхности и переход кристаллической структуры в аморфную. Учитывая вышеизложенное, в данной главе представлены результаты исследований по механоактивации СПО.

Полученные из экспериментов результаты размола ПЭШ представлены на рис. 1.

Полученные результаты по изменению удельной поверхности в процессе механической активации показывают, что измельчение сталеплавильного отхода (СПО) в ударно-истирающем режиме шаровой мельницы в течение 80 минут позволяет достичь удельной поверхности микронаполнителя до значения 3511 см²/г. При этом средний диаметр частиц СПО уменьшился с 15,7 мкм до 5,8 мкм. На 70-й минуте механической активации сталеплавильного отхода (СПО) наблюдается агрегация и слипание частиц, что подтверждается данными, представленными на рис. 1. Остаток на сите № 008 для измельченного порошка в течение первых 40 минут снижается с 68,5% до 24,2%, и этот показатель остается неизменным до 70-й минуты, а дальнейший процесс измельчения является непродуктивным.

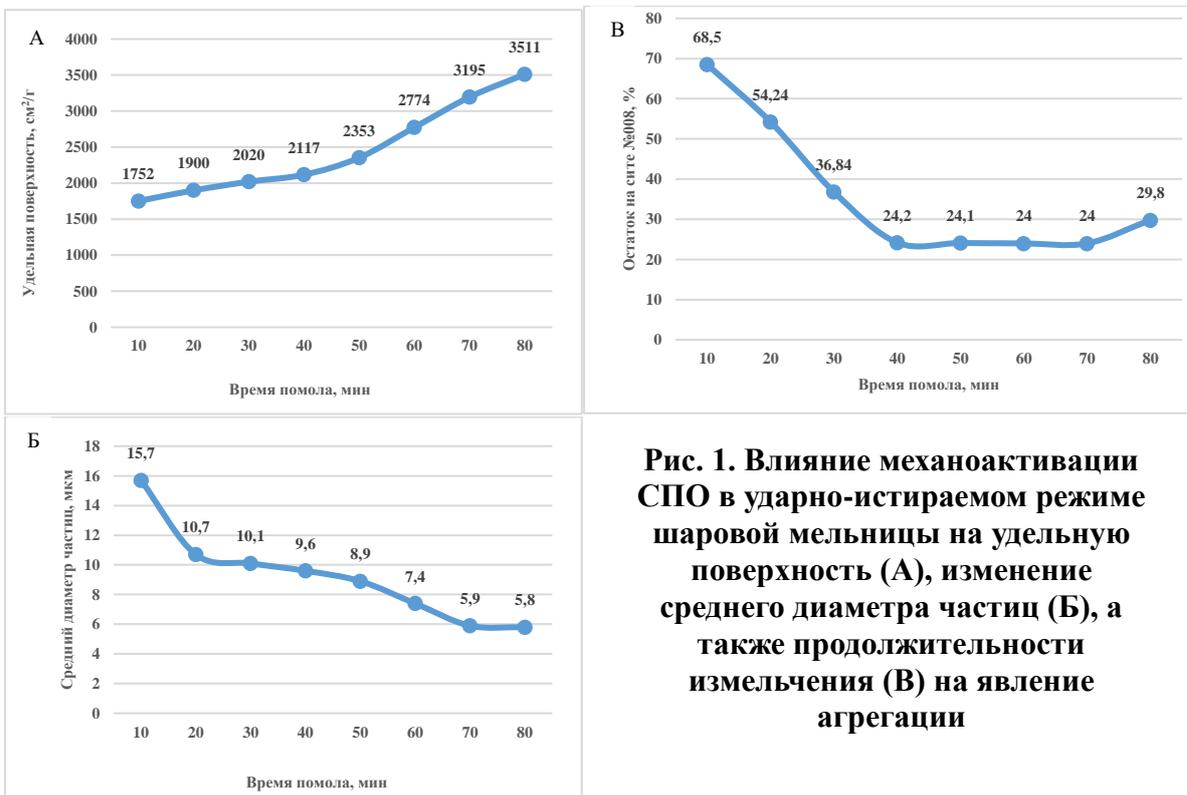


Рис. 1. Влияние механоактивации СПО в ударно-истираемом режиме шаровой мельницы на удельную поверхность (А), изменение среднего диаметра частиц (Б), а также продолжительности измельчения (В) на явление агрегации

Влияние удельной поверхности и степени наполнения минеральных наполнителей на основе сталеплавильного отхода (СПО) на формирование прочностных свойств цементного камня является важным аспектом исследований. Для изучения этого вопроса были изготовлены образцы мелкозернистого бетона с водоцементным соотношением В/Ц = 0,45. Эксперименты проводились с различными значениями удельной поверхности (1000, 2000, 3000, 4000 см²/г) и степенями наполнения (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%) СПО. Изготовленные образцы модифицированного мелкозернистого бетона имели размеры 4×4×16 см. После статистической обработки экспериментальных данных были построены графические зависимости, представленные на рис. 2 и 3.

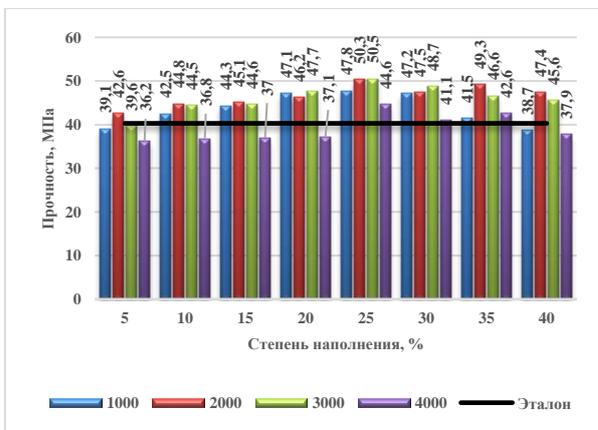


Рис. 2. Влияние удельной поверхности и степени наполнения СПО на прочность при сжатии мелкозернистого бетона

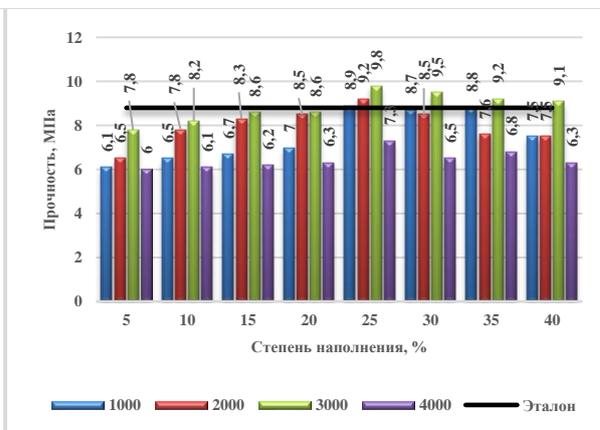


Рис. 3. Влияние удельной поверхности и степени наполнения СПО на прочность при изгибе мелкозернистого бетона

Результаты, представленные на рис. 2 и 3, показывают, что прочность мелкозернистого бетона на сжатие и изгиб монотонно возрастает с повышением степени наполнения и дисперсности и достигает экстремума при удельной поверхности СПО $3000 \text{ см}^2/\text{г}$ и степени наполнения 25% от массы вяжущего. Превышение степени наполнения 25% способствует снижению доли цементного вяжущего, что в результате приводит к снижению прочностных характеристик композита. Увеличение дисперсности более $3000 \text{ см}^2/\text{г}$ также негативно влияет на механические свойства из-за агрегации частиц, вызванной поляризацией поверхности во время механической активации, что подтверждается данными на рис. 1 (В).

Для достижения целей исследования перехода на ресурсосберегающие малопрогревные и беспрогревные технологии необходимо оценить влияние полифункциональной добавки (ПФД) и сталеплавления отхода (СПО) на экзотермию цемента (теплоотделение). Применение экзотермического нагрева позволяет значительно снизить энергозатраты при ускорении твердения бетона как в производстве сборных изделий, так и при монолитном строительстве (рис. 4).

В нашем случае целесообразно сравнить влияние различных модифицированных цементных композиций на экзотермию цементного композита. В исследованиях использовались следующие составы: 1. Эталонный состав из ПЦ; 2. ПЦ+POLIMIX; 3. ПЦ+POLIMIXJBI; 4. ПЦ+POLIMIX+СПО (25%); 5. ПЦ+POLIMIXJBI+ СПО (25%).

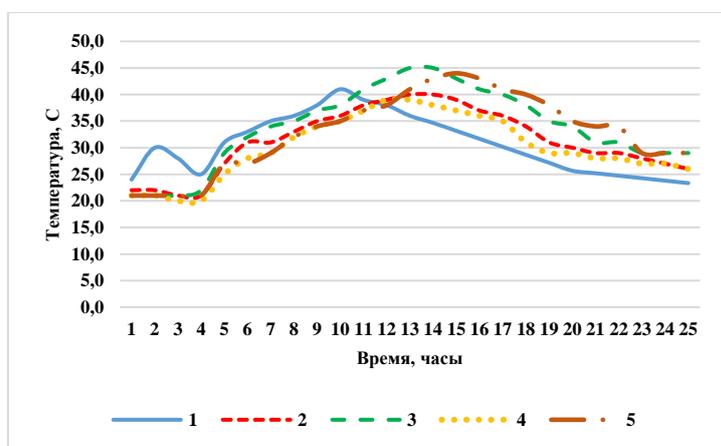


Рис. 4. Кинетика изменения температуры исследуемых составов
(1-эталон; 2-ПЦ+POLIMIX;
3-ПЦ+POLIMIXJBI;
4-ПЦ+POLIMIX+СПО (25%);
5-ПЦ+POLIMIXJBI+СПО (25%))

Анализ данных рис. 4, показывает, что химические добавки (суперпластификатор и полифункциональная добавка) значительно замедляют процесс гидратации цемента на начальной стадии. Это связано с тем, что молекулы добавок частично "блокируют" поверхности частиц вяжущего и препятствуют их реакции с водой. Сравнение температурных зависимостей в процессе затвердевания композиций с ПФД и СПО выявило, что экзотермия модифицированного цементного композита увеличилась на 4°C по сравнению с 1-й и 2-й композициями и на 9°C по сравнению с 4-й композицией. Это объясняется тем, что аммиачная добавка в составе ПФД повышает растворимость частиц цемента, что ведет к увеличению температуры.

Кристалло-коагуляционный период структурообразования цементного вяжущего — это фаза начального формирования и развития кристаллической структуры цементного камня, которая начинается после замешивания с водой и продолжается до образования стабильной кристаллической матрицы. На этом этапе происходит насыщение водной фазы и образование кристаллов гидросиликатов кальция (C-S-H), а также коагуляция частиц, что способствует укреплению и стабилизации цементного камня. Этот период критичен для формирования прочной структуры цементного вяжущего и его физико-механических свойств. Влияние добавок и модификаторов может существенно изменить скорость и качество структурообразования, что влияет на эксплуатационные характеристики материала.

Для изучения продолжительности этих процессов была проведена оценка пластической прочности цементной системы с различными добавками и её отдельных компонентов, а также их влияния на кинетику роста пластической прочности (рис. 5) и изменение прочности во времени (рис. 6). Оценка пластической прочности проводилась на основе предельного напряжения сдвига, измеренного при погружении конуса.

В исследованиях использовались следующие составы: 1. Эталонный состав из ПЦ; 2. ПЦ+POLIMIX; 3. ПЦ+POLIMIXJBI; 4. ПЦ+POLIMIX+СПО (25%); 5. ПЦ+POLIMIXJBI+ СПО (25%).

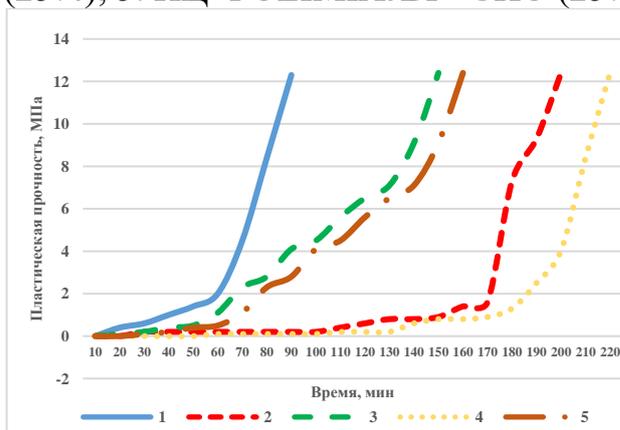


Рис. 5. Кинетика повышения пластической прочности исследуемых составов (1-эталон; 2-ПЦ+POLIMIX; 3-ПЦ+POLIMIXJBI; 4-ПЦ+POLIMIX+СПО (25%); 5-ПЦ+POLIMIXJBI+ СПО (25%))

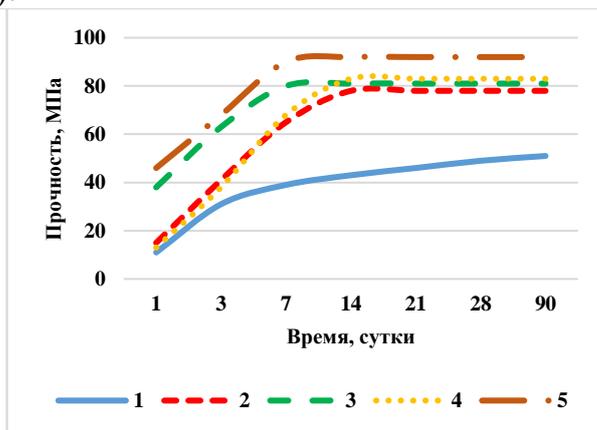


Рис. 6. Кинетика прочности на сжатие исследуемых составов (1-эталон; 2-ПЦ+POLIMIX; 3-ПЦ+POLIMIXJBI; 4-ПЦ+POLIMIX+СПО (25%); 5-ПЦ+POLIMIXJBI+ СПО (25%))

Данные рис. 5 показывают, что индукционное отверждение при использовании суперпластификатора POLIMIX (составы №2 и №4) увеличивает продолжительность цикла на 160-190 минут. Это связано с образованием пленки на поверхности частиц цемента, которая временно ограничивает адсорбцию воды и замедляет гидролиз. Со временем пленка за счет роста щелочности растворяется и начинается интенсивная стадия структурообразования системы. В составах №3 и №5 наблюдается ускорение процесса твердения. Использование ПФД сокращает индукционный период от 160 до 60 минут по сравнению с составом №2. ПФД ускоряет

затвердевание за счет активации реакции между цементом и водой, где модификаторы действуют как катализаторы, ускоряя образование гидратов.

Анализ рис. 6 показывает, что суперпластификатор POLIMIX замедляет рост прочности цементного камня на начальном этапе твердения, но ускоряет её в последующие периоды благодаря высокому водопонижению. Введение ПФД и СПО повышает прочность по сравнению с эталонным составом на 59-61% в начальный период, а по сравнению с составами №2 и №4 — на 8-10%. Модифицированные составы с ПФД демонстрируют наивысшие показатели прочности как на 1-й, так и на 28-й день, что важно для технологии малопрогревного и безпрогревного бетона.

Увеличение прочности модифицированного цементного камня с комплексными добавками требует дополнительного анализа. Для этого был проведен дифференциальный термический (рис. 7) и рентгеноструктурный анализ (рис. 8) образцов цементного камня после 28 дней твердения. Эксперименты включали исследование фаз этtringита на поздних стадиях твердения с различными добавками, включая ЗУ и малоактивной СПО. В исследованиях использовались следующие составы: 1. Эталонный состав из ПЦ; 2. ПЦ+ЗУ(30%); 3. ПЦ+СПО (25%).

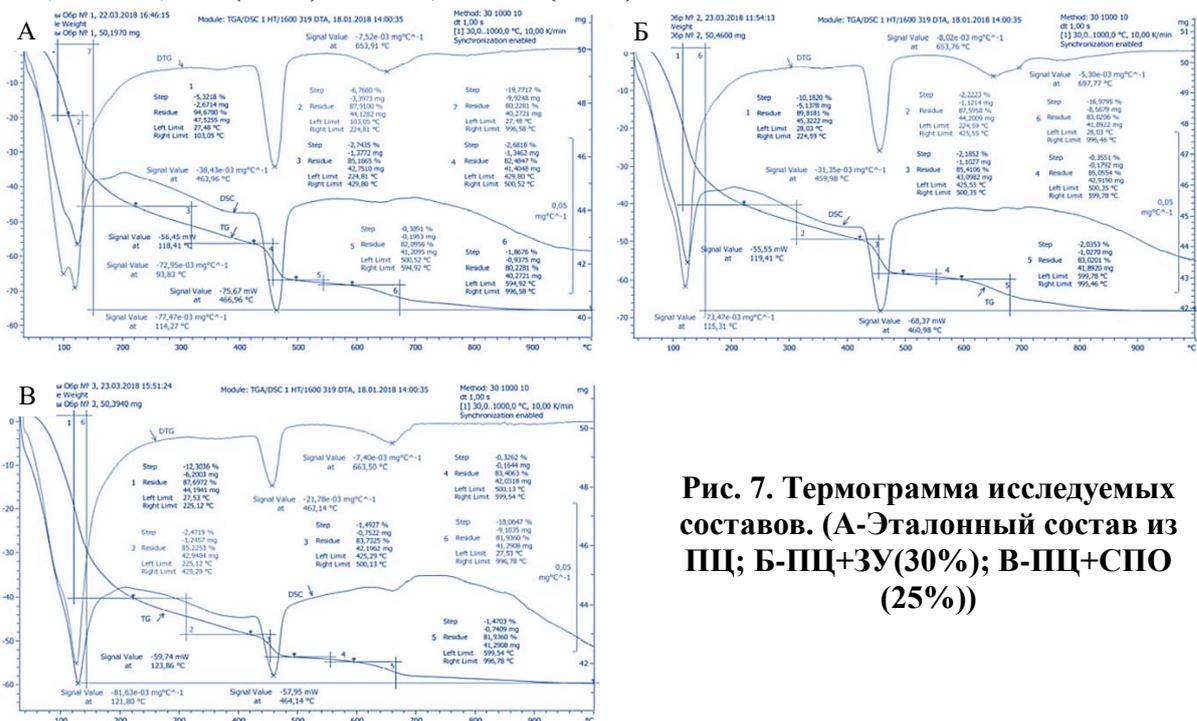
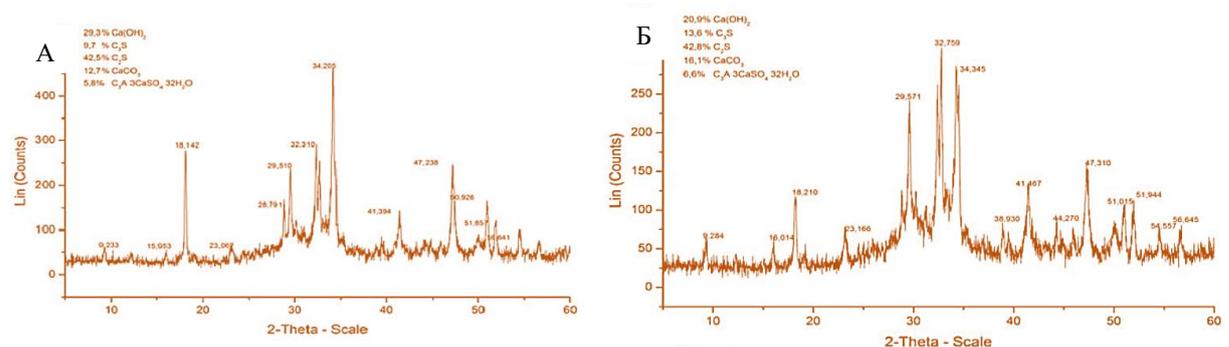


Рис. 7. Термограмма исследуемых составов. (А-Эталонный состав из ПЦ; Б-ПЦ+ЗУ(30%); В-ПЦ+СПО (25%))



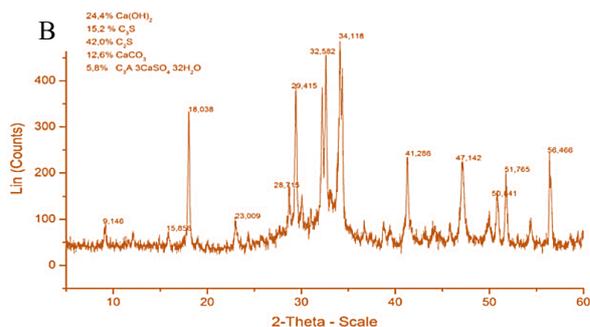


Рис. 8. Диффрактограмма исследуемых составов. (А-Эталонный состав из ПЦ; Б-ПЦ+ЗУ(30%); В-ПЦ+СПО (25%))

Анализ рис. 8. показал, что введение аморфного силиката в цементную композицию способствовало значительному снижению количества разлагающегося $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при нагревании и увеличило образование новых соединений за счет влияния аморфного кремния в процесс гидратации клинкерного цемента. Наибольшее снижение количества гидроксида кальция наблюдалось в модифицированном составе с ЗУ, что связано очевидно с активным взаимодействием $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с аморфным SiO_2 .

Анализ диффрактограмм показал, что аморфные силикатные добавки снижают интенсивность $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В контрольном образце (рис. 9А) содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составило $\sim 29,3\%$, а в составе №3 — $\sim 23,7\%$. В модифицированных составах с золой-унос наблюдалось увеличение эттрингитной фазы с $5,8\%$ до $6,6\%$ из-за снижения щелочности и образования гидросульфоалюминатных минералов. Такая тенденция заключается в снижении содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в модифицированных составах по сравнению с эталоном, хотя в составах с ЗУ содержание связанного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ несколько выше, чем в образцах с СПО.

На наш взгляд, это не является недостатком, так как снижение содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не приводит к значительному уменьшению щелочности цементного камня и в результате защитные свойства по отношению к стальной арматуре в бетоне существенно возрастают. Более того, поддержание необходимого уровня щелочности поровой жидкости также способствует повышению устойчивости композита к сульфатной и карбонизационной коррозиям.

В четвертой главе диссертации «**Технология и свойства бетонной смеси и бетона на основе комплексных добавок**» представлены результаты исследований влияния технологических факторов на свойства бетонных смесей и бетона. Проведена оптимизация составов с комплексными добавками, изучена пористость модифицированных составов, влияние добавок на коррозию стальной арматуры, а также физико-механические свойства модифицированных бетонов.

Для изготовления монолитных и сборных железобетонных изделий и конструкций в Республике Узбекистан в основном применяются бетоны классов В15 и В30 на основе портландцемента марки М400. Из принятых к исследованию исходных материалов, изготовлены образцы бетонов и произведена их оптимизация с помощью программы EXCEL (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Контрольные составы бетона

Класс бетона	Осадка конуса (см)	Расход материалов на 1 м ³ (кг)					
		Цемент	Песок M _к =2,5	Щебень Фр. 10-20	Вода	В/Ц	П/Щ
		кг	кг	кг	л	-	-
B15	П1 (1-4)	268	809	1100	190	0,7	0,92
B30	П1 (1-4)	441	672	1100	190	0,43	0,61

Таблица 2

Оптимальные составы бетона

Класс бетона	Осадка конуса (см)	Расход материалов на 1 м ³ (кг)							
		Цемент	Песок M _к =2,5	Щебень Фр.10-20	Вода	СПО	ПФД	В/Ц	П/Щ
		кг	кг	кг	л	кг	кг	-	-
B15	П4 (16-20)	202	809	1100	190	68	0,85	0,7	0,73
B30	П4 (16-20)	331	672	1100	190	110	1,4	0,43	0,61

При оптимизации составов бетонов изучалось влияние следующих факторов: X₁ - расход СП (%) от массы цемента; X₂ - расход цемента, кг/м³; X₃-соотношение В/Ц. После обработки полученных результатов и отсева незначимых коэффициентов уравнения регрессии была получена математическая модель описывающая прочность на сжатие, среднюю плотность и водопоглощения бетона с комплексной добавкой на основе ПФД и СПО. В качестве выходных параметров были приняты: Y_{проч} –прочность бетона на сжатие в 28-суточном возрасте (R_{сж28}) МПа; Y_{плот} – средняя плотность в 28-суточном возрасте (кг/м³); Y_{вп} – водопоглощения бетона по массе в 28-суточном возрасте (%).

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.

Для бетона класса B15:

$$Y_{\text{проч}}=18,91-7,09X_1^2+0,38X_2^2-2,5X_3^2$$

$$Y_{\text{вп}}=7,61+0,83X_1^2-0,23X_2^2+0,55X_3^2$$

$$Y_{\text{плот}}=2303,4-22,4X_1^2+0,05X_2^2+20,03X_3^2$$

Для бетона класса B30:

$$Y_{\text{проч}}=33,65-2,88X_1^2+0,247X_2^2-3,6X_3^2$$

$$Y_{\text{вп}}=6,17+0,7X_1^2-0,1X_2^2-1,31X_3^2$$

$$Y_{\text{плот}}=2382-38,52X_1^2+0,156X_2^2-55,37X_3^2$$

Сохранение подвижности (текучести) является ключевым показателем технологических свойств бетонной смеси, особенно важным для товарных бетонов. Текучесть определяет способность смеси поддерживать работоспособность и стабильные свойства от замешивания до укладки. Исследования в этой области направлены на использование химических добавок для продления срока текучести. В данной работе была оценена эффективность комплексных добавок на сохранение подвижности бетонной смеси. Исследуемые составы по изучению текучести (рис. 9) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исследуемые составы самоуплотняющихся бетонных смесей

Состав	Класс	Осадка	Расход материалов на 1 м ³ (кг)
--------	-------	--------	--

Ы	бетона	конуса (см)	Цемент	Песок Мк=2, 5	Щебень Фр.10-20	Вода	СПО	POLIMIXJBI/ POLIMIX	В/Ц
			кг	кг	кг	л	кг	кг	-
1	В30	П4 (20)	510	541	1100	220	-	-	0,43
2			331	672	1100	190	110	1,4/-	0,43
3			331	672	1100	190	110	-2.83	0,43

Анализ данных рис. 10 показал, что в эталонном составе текучесть бетонной смеси снижается через 60 минут. Применение комплексного модификатора на основе ПФД увеличивает этот показатель до 120 минут, так как поликарбоксилатный пластификатор адсорбируется на поверхности цемента замедляя структурообразование. За счёт действия электролитов, постепенно нарастающего процесса разрушения адсорбционного слоя и монотонно повышается растворимость цемента, процесс гидратации усиливается, что приводит к снижению текучести. Наибольшее сохранение текучести, составляющее 210 минут, наблюдается в смеси с добавлением POLIMIX.

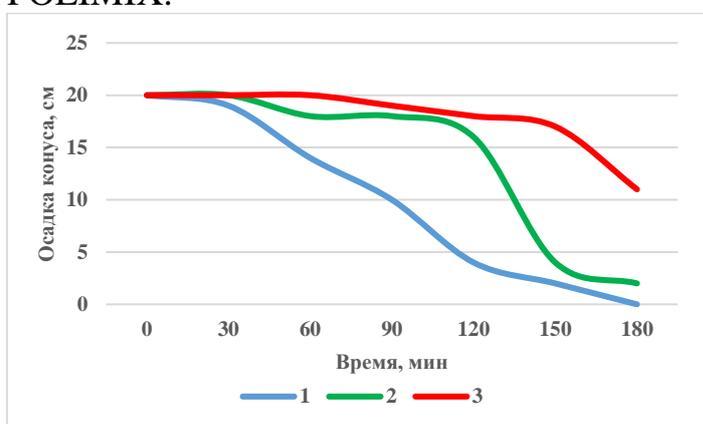


Рис. 9. Изменение текучести бетонной смеси с течением времени различных составов

Исходя из полученных данных, включение ПФД в состав бетонной смеси существенно ускоряет набор прочности бетона, что увеличивает оборачиваемость форм на заводах и повышает экономическую эффективность производства. Это позволяет сократить время затвердевания и увеличить объем выпускаемых изделий. Кроме того, использование ПФД способствует повышению энергоэффективности, так как доля потребления пара составляет 18-25% себестоимости производства. В заводах Узбекистана среднее потребление пара варьируется от 0,35 до 1,0 Гкал на 1 м³ железобетонных изделий. Для изучения влияния температуры паровоздушной среды на твердение модифицированного бетона с ПФД были проведены эксперименты при температурах 30°C, 40°C, 60°C и 80°C (табл. 4), а также на образцах, хранящихся при обычных условиях в течение 1 суток. Результаты представлены на рис. 10.

Таблица 4

Режимы ТВО

Режимы	Продолжительность ТВО режима				Продолжительность режима, час
	Начальный период	Подъем температуры	Изотермический прогрев	Охлаждения	
А	4 часа при t=20°C	3 часа до t=30°C	6 часов при t=30°C	3 часа до t=20°C	16
Б	4 часа при	3 часа до	6 часов при t=40°C	3 часа до	16

	t=20°C	t=40°C		t=20°C	
В	4 часа при t=20°C	3 часа до t=60°C	6 часов при t=60°C	3 часа до t=20°C	16
Г	4 часа при t=20°C	3 часа до t=80°C	6 часов при t=80°C	3 часа до t=20°C	16

Результаты, представленные на графиках, демонстрируют значительное влияние повышения температуры ТВО на скорость роста прочности бетона. Для 1-го и 3-го составов наблюдался незначительный рост прочности при температурах 30°C и 40°C, однако при 60°C и 80°C наблюдалось значительное ускорение набора прочности. Для состава с ПФД изменения прочности при обработке в режимах А и Г были незначительными, с разницей 3 МПа. Следует отметить, что при всех исследованных температурах контрольный состав и модифицированные композиции с добавлением POLIMIX показали интенсивное увеличение прочности.

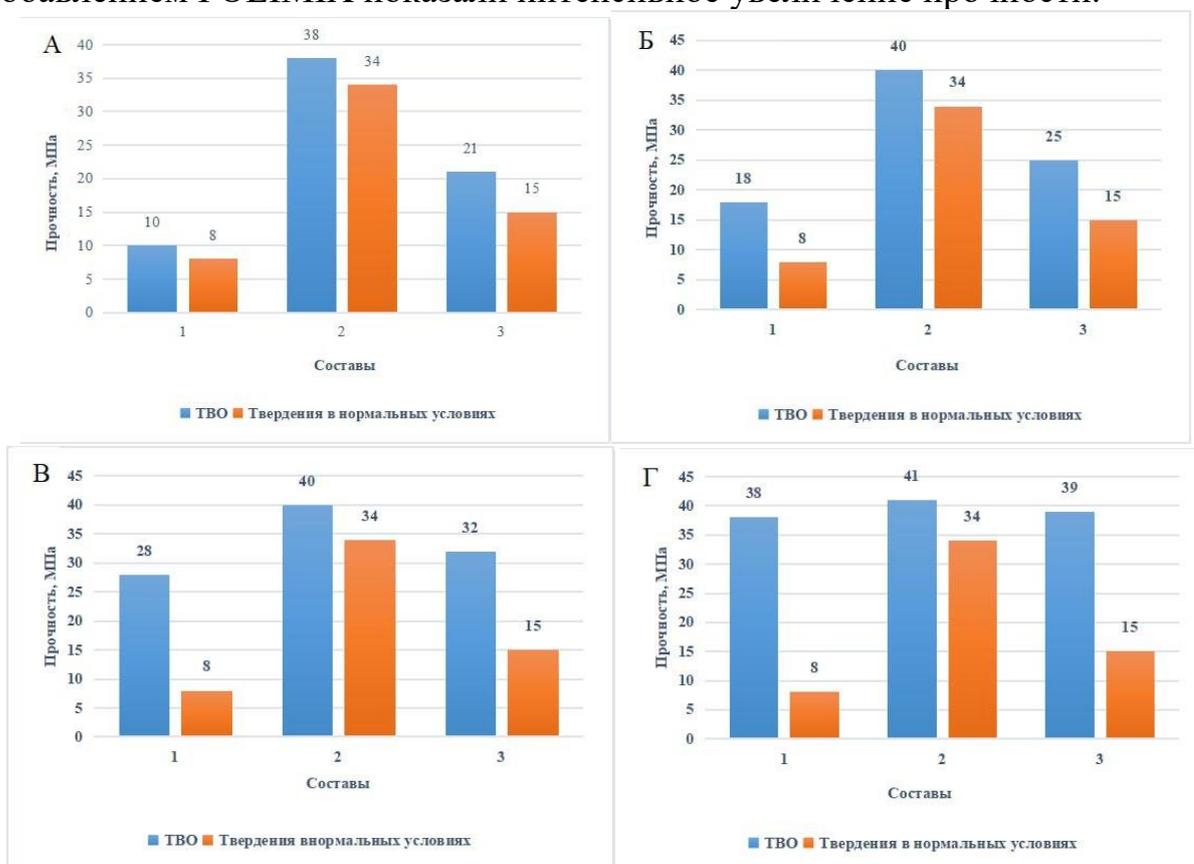


Рис. 10. Влияние режимов ТВО на прочность исследуемых составов

Активность электролитных добавок увеличивается при повышенных температурах, что ускоряет гидролиз. Для изучения влияния низких положительных температур (8°C÷24°C) на эффективность добавки ПФД проведены дополнительные исследования. Испытания выполнялись через сутки после начала твердения образцов. Образцы выдерживались при комнатной температуре (20±5°C) в течение 4 часов до измерения предельной прочности. Результаты представлены на рисунке 11.

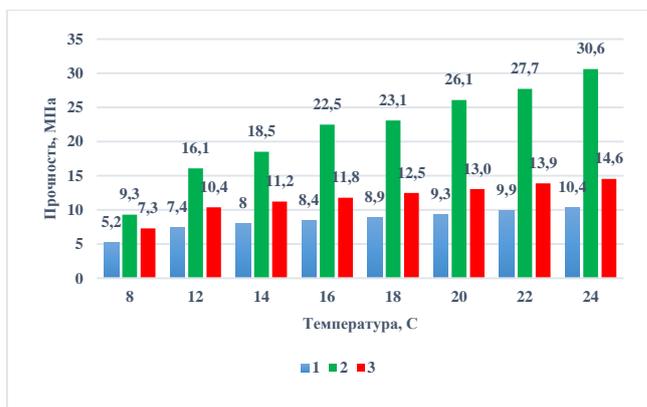


Рис. 11. Влияние температуры окружающей среды на прочность исследуемых составов

Многочисленные исследования физико-механических свойств бетона, таких как прочность, деформативность, проницаемость и морозостойкость, установили значительную зависимость этих характеристик от размера, конфигурации и количества пор в материале.

Для изучения пористой структуры исследуемых составов приведенных в таблице 4 были проведены исследования с использованием ртутного порозиметра Thermo Scientific Pascal 240 EVO (табл. 5).

Таблица 5

Показатели пористой структуры исследуемых составов

Наименование показателей	Состав №1	Состав №2	Состав №3
Удельный объем пор (мм ³ /г):	63,81	46,78	49,24
Общая площадь пор (м ² /г)	6,576	4,908	5,112
Средний размер пор (мкм):	0,0388	0,031	0,035
Общая пористость образцов, %	14,91	10,42	11,89

Исследования пористой структуры составов показали, что введение комплексной добавки оказывает влияние на изменение пористости бетона. В частности, общая пористость состава №3 уменьшилась на 20,25% по сравнению с контрольным образцом. Наиболее значительное снижение пористости было зафиксировано в составе №2, где пористость модифицированного состава на основе ПФД и СПО уменьшилась на 30,11% по сравнению с контрольным образцом.

Сравнение пористой структуры различных составов бетона показало, что наилучший снижения всех показателей пористости наблюдался в составе №2.

Эксплуатация строительных конструкций при переменных температурах, включая положительные и отрицательные значения, приводит к снижению прочностных характеристик тяжелого бетона из-за термических деформаций и изменений внутренней структуры. Одним из ключевых факторов, влияющих на долговечность бетона, является пористость. Высокая пористость способствует поглощению воды, что увеличивает вероятность повреждений при циклах замораживания и оттаивания. Бетон с низкой пористостью демонстрирует лучшую устойчивость к таким воздействиям.

Для более полного охвата эффективности влияния предлагаемых добавок на качественные показатели модифицированных бетонов выполненных выше дополнительно были исследованы эксплуатационные и

деформационные свойства составов, представленных в табл. 4. Результаты исследований представлены в табл. 6.

Таблица 6

Эксплуатационные и деформативные свойства исследуемых составов

Составы	Морозостойкость, F, циклы	Водонепроницаемость, W, МПа	Модул упругости, $E_b \cdot 10^3$, МПа	Призматическая прочность, R_{bn} , МПа
Состав №1	300	0.6	25	32
Состав №2	450	1.0	34	47
Состав №3	400	0.8	28	44

Как показано в табл. 7, введение комплексной добавки на основе ПФД и СПО повысило морозостойкость на 3 пункта по сравнению с контрольным составом и увеличило водонепроницаемость на 2 класса. Эти улучшения обусловлены уменьшением капиллярной пористости вследствие снижения водопотребности бетонной смеси за счет ПФД, а также образованием новых соединений группы тоберморита, возникающих в результате реакции между СПО и портландитом.

Модификация состава комплексной добавкой на основе ПФД и СПО приводит к увеличению модуля упругости на 26% и призматической прочности на 31% по сравнению с контрольным составом. Кроме того, данные показатели возросли на 17% и 6% соответственно по отношению к составу №3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных экспериментально-теоретических исследований по докторской (PhD) диссертации «Комплексно-модифицированный бетон на основе отхода металлургического производства и полифункциональной добавки» были сформулированы следующие выводы:

1. Впервые разработан состав бетонной смеси и бетона с улучшенными эксплуатационными свойствами, предназначенный для малопрогревной или безопрегревной технологий производства железобетонных изделий и конструкций на основе сталеплавильного отхода и полифункциональной добавки.

2. Рентгеноструктурный и дифференциально-термический анализ исследованных составов показал, что применение комплексного модификатора способствует увеличению интенсивности гидратации и образованию гидросиликатных соединений кальция с высокой стойкостью, за счет связывания гидроксида кальция с аморфным силикатом. Одновременно было установлено, что использование СПО с низкой активностью предотвращает развитие этtringитовой фазы, что позволяет цементному композиту сохранять определённый уровень щелочности.

3. Научно обосновано, что применение полифункциональной добавки позволило сократить температуру изотермического прогрева бетона при тепловлажностной обработке с обеспечением снижения с 80°C до 30°C, что

способствовало переходу на малопрогревные технологии производства железобетонных изделий и конструкций. Кроме того, установлены оптимальные температурные диапазоны от 18°C до 24°C для безпрогревной технологий изготовления ЖБК монолитном способом.

4. Анализ пористости исследованных составов показал, что общая пористость комплексно модифицированного бетона на основе ПФД и СПО снизилась на 30,11% по сравнению с контрольным составом, в то время как удельный объем пористости уменьшился на 26,68%. По сравнению с составом на основе POLIMIX и СПО, данные показатели составили 12,3% и 4,9% соответственно.

5. Исследования долговечности бетонных составов показали, что морозостойкость комплексно модифицированного состава с полифункциональной добавкой и малоактивным микронаполнителем увеличилась на 3 пункта по сравнению с эталонным составом, в то время как показатель водонепроницаемости повысилась на 2 класса. Высокая пластифицирующая способность ПФД обеспечивает увеличение морозостойкости и водонепроницаемости на одну марку по сравнению с бетоном, изготовленным с использованием поликарбоксилатной химической добавки POLIMIX. Кроме того, применение комплексного модификатора способствовало улучшению деформативных свойств бетона. В частности, модуль упругости увеличился на 26% а призматическая прочность на 31% по сравнению с контрольным составом. Эти показатели возросли на 17% и 6% соответственно относительно состава на основе POLIMIX.

6. Исследования стойкости исследуемых составов в агрессивной среде показали, что применение комплексной добавки на основе ПФД и СПО увеличивает устойчивость бетона к воздействию сульфатной среды в 1,73 раза и к щелочной среде на 29% по сравнению с эталонным составом.

7. Результаты исследования усадочных деформаций показали, что введение комплексной добавки в состав мелкозернистого бетона привело к снижению усадки на 21-33% по сравнению с контрольным составом.

8. В ходе исследования, проведенного для оценки влияния комплексного модификатора на основе ПФД и СПО на коррозию стальной арматуры, было установлено, что потеря массы арматуры при испытании в различных условиях в течение 180 дней составила 8,98 г/м², что соответствует стандартным требованиям (≤ 10 г/м²).

9. В производство СП ООО «BINOKOR TEMIRBETON SERVIS» внедрены оптимальные составы и технологии с комплексными добавками для производства сборного бетона и железобетона класса В15. В результате, экономическая эффективность от внедрения данных решений составила 118 243 сумов за 1 м³ бетона в зимний период и 122 839 сумов в летний период (в ценах 2024 года). Разработанная и внедренная предприятием технологическая инструкция ТИ64-23394177-90:2024 по производству бетонных блоков для стен подвалов по стандарту O'z DSt 778-97, с использованием комплексно-модифицированного бетона на основе минерального наполнителя и полифункциональной добавки, обеспечила

выпуск изделий с требуемыми показателями свойств. Ожидаемый экономический эффект от производства 3000 блоков составил 296 миллионов сумов (в ценах 2024 года).

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

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

KUDRATOV BEKZOD SHERZODOVICH

**COMPLEX-MODIFIED CONCRETE BASED ON METALLURGICAL
WASTE AND A MULTIFUNCTIONAL ADDITIVE**

05.09.05 – “Building materials and products”

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

Tashkent – 2025

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 B2024.2.PhD/T4766.

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

The abstract of the dissertation is posted in three 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: **Kadyrov Ilkhom Abdullayevich**
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences, Associate Professor

Official opponents: **Khasanov Bahriddin Baratovich**
doctor of technical sciences, professor
Amirov Tursoat Jumayevich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences, professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

The defense will be take place on «__» _____ 2025 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, tashiit@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 «____» _____ 2025 year.
(mailingrecort № . ____ on «____» _____ 2025 year.).

A.I.Adilxodjayev
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 develop a new generation of concrete mixtures with the required set of properties based on ordinary M400 Portland cement, steelmaking waste and a multifunctional additive for the production of reinforced concrete structures using low-temperature or non-heating technologies.

Tasks of the research:

investigation of the peculiarities of the formation of the physico-mechanical properties and structure of modified cement stone based on a mineral microfiller and a multifunctional chemical additive;

optimization of concrete mix and concrete composition using mineral microfillers and multifunctional additives;

to experimentally investigate the possibility of developing concrete mixtures and concretes for the production of reinforced concrete structures and products using non-heating and low-heating technology based on an integrated modifier;

investigation of technological, physico-mechanical and chemical properties of concrete and a concrete mixture with a complex additive;

feasibility study of research results and testing in production.

The object of the study is comprehensively modified concretes used in low-temperature and non-heating resource-saving technologies developed using a complex additive.

The scientific novelty of the study is as follows:

for the first time, the composition of a concrete mixture and concrete based on steelmaking slag and a multifunctional additive with the required properties was developed, intended for use in the technology of low-temperature and non-heating technologies for the production of reinforced concrete products and structures;

the hypothesis that the use of low-level steelmaking waste in the composition of concrete due to the formation of the necessary indicators of an alkaline environment does not lead to the formation of late ettringites is theoretically substantiated and experimentally confirmed;

it is proved that the use of the proposed multifunctional chemical modifier, by accelerating the process of structure formation of the cement system, provides a significant decrease in the temperature of isothermal heating during heat and humidity treatment, which makes it possible to switch to a low-temperature technology for the manufacture of reinforced concrete products and structures;

it is proved that the steelmaking slag used in the composition of comprehensively modified concrete, due to the preservation of the required parameters of the alkaline medium of the cement system, does not affect the course of the corrosion processes of steel reinforcement.

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 mineral filler and multifunctional additives.

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 the patterns of formation of the structure of complex modified concretes based on waste from metallurgical production and a multifunctional additive, implemented:

optimal compositions of complex modified concrete for the production of precast concrete and reinforced concrete of class B15 are being put into production at the joint venture BINOKOR TEMIRBETON SERVICES LLC (certificate of the Uzpromstroyaterials Association No.04/13-2412 dated August 27, 2024). As a result of the implementation, cement consumption was reduced by 1.25 times, frost resistance increased by 3 grades and water resistance by two classes.

the developed technological instruction TI64-23394177-90:2024 for the production of concrete blocks for basement walls according to the O'z DSt 778-97 standard, using complex modified concrete based on mineral filler and a multifunctional additive at the joint venture BINOKOR TEMIRBETON SERVICES LLC (reference of the Uzpromstroyaterials Association No.05/15-2071 dated October 12, 2024). As a result, the economic efficiency from the implementation of this solution amounted to 118,243 soums per 1 m³ of concrete in winter and 122,839 soums in summer (in prices of 2024). The expected economic effect from the production of 3,000 units amounted to 296 million soums (in 2024 prices).

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four 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 A.I., Umarov K.S., Kadirov I.A., Azimov D.T., Kudratov B.Sh. // Opalubkasiz qoliplash usuli bilan yig'ma temirbeton buyumlarini tayyorlash uchun beton qorishmasi (foydali model) // Talabnoma raqami FAP 2023 0021 № FAP 02246 2023 O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reestrda 08.11.2022 yilda ro'yxatdan o'tkazildi.

2. Maxamataliyev I.M., Umarov K.S., Adilxodjayev A.I., Shaumarov S.S., Kadirov I.A., Azimov D.T, Tosheva D.F., Kudratov B.Sh. (ixtiro) // Beton qorishmasi // Talabnoma raqami IAP 20240054 № IAP 7752 O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reestrda 26.01.2022 yilda ro'yxatdan o'tkazildi.

3. Maxamataliyev I.M., Umarov I.I., Kudratov B.Sh., Kadirov I.A., Shaumarov S.S., Tosheva D.F., Adilxodjayev A.I., Azimov D.T., Umarov K.S., Radjabov M.Z. // Kompozit bog'lovchi modda // (ixtiro) // Talabnoma raqami IAP 20240142 № IAP 7709 O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reestrda 06.03.2024 yilda ro'yxatdan o'tkazildi.

4. Адилходжаев А.И., Кадиров И., Кудратов Б.Ш. // К вопросу оптимизации процесса механоактивации металлургических шлаков // Memorchilik va qurilish muammolari, Samarqand-2022, №3-son (1-qism) С. 132-148. ISSN 2901-5004 (05.00.00; №14).

5. Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Кадиров И.А., Азимов Д.Т., Бабажанов А.Ф., Кудратов Б.Ш. // Критерии оценки поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей // Railway transport: topical issues and innovations, 2023 №2. С. 87-92. ISSN 2181-953X (05.00.00; №11).

6. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Kudratov B.Sh. // Development and research of complex modified concretes of a new generation for non-heating and low-temperature technologies based on local raw materials // Tashkent state transport university Journal of transport Scientific-technical and scientific innovation journal Volume 1, Issue 3 september, 2024. 78-83 p. (05.00.00; №11).

7. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Kudratov B.Sh. // The effect of a multifunctional additive and a low-activity mineral filler on the formation of porosity and microstructure of a cement composite // Tashkent state transport university Journal of transport Scientific-technical and scientific innovation journal Volume 1, Issue 3 september, 2024. 132-134 p. ISSN 2181-2438 (05.00.00; №11).

8. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Kudratov B.Sh. // Complex-modified concrete with fillers from metallurgical slag for the production of precast reinforced concrete by the method without formulation // Journal of Engineering and Technology (JET) ISSN(P): 2250-2394; ISSN(E): Applied Vol.13, Issue 1, Jun 2023, 37–42©TJPRC Pvt. Ltd, 37-41p. (№12Index Copernicus).

9. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Tosheva D.F., Atoev A.A., Choriev A.R., Kudratov B.Sh. // On carbonation corrosion of modified concretes using microwaves // Miasto Przyszłości Kielce 2023 Impact Factor: 9.9 ISSN-L: 2544-

980X, UOC 691.04. 636-639 p. ISSN 2544-980X (Index Copernicus №12).

10. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Kudratov B.Sh. // On the mechanoactivation of metallurgical waste // European Journal of Research Development and Sustainability (EJRDS), 2021. 60-67 p. ISSN 2660-5570 (№14, ResearchBib).

11. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Kudratov B.Sh. // To the Question of Optimization of the Process of Mechanical Activation of Metallurgical Slag // European journal of life safety and stability (EJLSS), 2022. 28-35 p. ISSN 2660-9630 (№35, CrossRef).

12. Adilkhodzhaev A.I., Kadirov I.A., Azimov D.T., Kudratov B. Sh. // Thermodynamic analysis of mineral powder grinding processes // International Scientific and Practical Conference on Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them, PTLICISIWS 2023 Namangan 4-5 May 2023 Код 198002 (Scopus №3).

II bo‘lim (II часть; II part)

13. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Кандахаров С.И., Азимов Д.Т., Кудратов Б.Ш. // Металлургия саноатининг қолип шлақларининг нисбий сирт юзасини ҳисоблашнинг автоматлаштирилган дастури // Ўзбекистон республикаси адлия вазирлиги №DГУ 23663, 2023.

14. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Кандахаров С.И., Азимов Д.Т., Кудратов Б.Ш. // Металлургия шлақларининг нисбий сирт юзасини // Ўзбекистон республикаси адлия вазирлиги №DГУ 23662, 2023.

15. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Абдуллаев У.Х., Кудратов Б.Ш. // 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 Самарканд-2022. – с. 253-257.

16. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Кудратов Б.Ш. // Комплексно-модифицированные бетоны с наполнителями из металлургических шлаков для изготовления сборного железобетона методом безопалубочного формования // Transportda resurs tejankor texnologiyalar Xorijiy olimlri ishtirokidagi xalqaro ilmiy-texnika anjumani maqolalar to‘plami (2022 yil 2-3 dekabr). – с. 629-632.

17. Адилходжаев А.И., Кадиров И.А., Азимов Д.Т., Кудратов Б.Ш. // Некоторые аспекты технологии непрерывного Безопалубочного формования железобетонных изделий // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования Тезисы докладов 81-й международной научно-технической конференции Том 2 Магнитогорск 2023.

18. Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Кадиров И.А., Азимов Д.Т., Кудратов Б.Ш. // Теоретические и методологические аспекты получения и применения минеральных порошков в качестве наполнителей для цементных систем // Недропользование. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, ISSN2949-0952.–с.30-37.

Автореферат «ТДТУ хабарлари» илмий-техник журнали таҳририясида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари о‘заро мувофиқлаштирилди.

Босишга рухсат етилди. Бичими 60x84 1/16.
Рақамли босма усули. Тимес гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3 б.т.. Адади: 60, Буюртма № _____
“ТДТУ Таҳририй нашриёт ва полиграфия бўлими” босмахонасида чоп
етилган.
Босмахона манзили: 100167, Тошкент ш., Темирё‘лчилар кўчаси, 1-уй.

