

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

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**MUMINOV RAVSHAN BAXRAMOVICH**

**EKSPLUATATSION XOSSALARI YAXSHILANGAN POLIPROPILEN  
FIBRASI BILAN DISPERS-ARMATURALANGAN 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**

**Muminov Ravshan Bahramovich**

Eksploatatsion xossalari yaxshilangan polipropilen fibrasi bilan dispers-  
armaturalangan beton..... 3

**Муминов Равшан Бахрамович**

Бетон дисперсно-армированный полипропиленовой фиброй с  
улучшенными эксплуатационными свойствами..... 23

**Muminov Ravshan Bakhramovich**

Dispersion-reinforced concrete with polypropylene fiber with improved  
performance properties..... 43

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 47

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

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**MUMINOV RAVSHAN BAXRAMOVICH**

**EKSPLUATATSION XOSSALARI YAXSHILANGAN POLIPROPILEN  
FIBRASI BILAN DISPERS-ARMATURALANGAN BETON**

**05.09.05 – Qurilish materiallari va buyumlari**

**TEXNIKA fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.1.PhD/T5486 raqami bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

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

**Ilmiy rahbar:** **Maxamataliev Irkin Muminovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponenlar:** **Hasanov Baxridin Baratovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Shakirov Tuygunjon Turgunovich**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Yetakchi tashkilot:** **Farg‘ona davlat texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi DSc.15/31.08.2022.T.73.04 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil “20” dekabr soat 10<sup>00</sup> daqi majlisida bo‘lib o‘tadi (Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz)).

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

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil “09” dekabr kuni tarqatildi.  
(2025 yil “09”dekabrdagi 26-raqamli reyestr bayonnomasi).

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

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda qurilish tarmog‘i rivojlanishining zamonaviy bosqichida an‘anaviy betonlardan o‘zining ekspluatatsion xossalari bilan keskin farq qiluvchi ko‘p komponentli yuqori sifatli yangi avlod betonlari asosida ishlab chiqiluvchi konstruksiyalardan foydalanish keng ko‘lamda taraqqiy etmoqda. Hozirgi kunda AQSh, Yaponiya, Kanada, Germaniya, Fransiya va Yevropaning boshqa shu kabi rivojlangan mamlakatlarida yangi avlod betonlari insoniyat taraqqiyotining ustivorligini ta‘minlovchi eng asosiy material sifatida e‘tirof etilmoqda. Bu borada tarkibiga kimyoviy va mineral qo‘shimchalar hamda dispers-tolasimon mikroto‘ldirgichlar kompleksini kiritishga asoslangan ko‘p komponentli yuqori sifatli yangi avlod betonlarini olishning tarkiblari va texnologiyasini ishlab chiqish bugunning dolzarb vazifalariga aylanmoqda.

Jahonda oxirgi yillarda yuqori samarali yangi avlod betonlarining, xususan diskret tolalar bilan dispers-armaturalangan betonlar - fibrobetonlarning tarkiblari va texnologiyalarini yaratish, mavjudlarini esa takomillashtirish ustida keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlarda yuqori ekspluatatsion ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan o‘ta samarali fibrobetonlarni olish uchun ularning tarkibida yuqori markali sementlar (M500 va yuqoriroq bo‘lgan), yuqori sifatli to‘ldiruvchilar, o‘ta samarali super va giperplastifikatorlar, hamda qimmatbaho dispers-tolasimon mikroto‘ldirgichlarni ishlatilish ustuvor ahamiyat kasb etmoqda. Hozirda mahalliy xom ashyo va materiallar asosidagi sementning oddiy markalari, to‘ldiruvchilar, kimyoviy va mineral qo‘shimchalar, dispers-tolasimon mikroto‘ldirgichlar asosidagi fibrobetonlarni olishning tarkiblari va texnologiyasini ishlab chiqish masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Mamlakatimizda so‘nggi yillarda sohada mahalliy xom ashyo va materiallar, hamda sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallarini ishlab chiqarish va ularning turlarini ko‘paytirish, shuningdek, resurs hamda energiya tejamkor texnologiyalarini qurilish amaliyotiga joriy qilishga qaratilgan keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda. “Yangi O‘zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi”da “Qurilish materiallarini ishlab chiqarishning hajmini ikki barobarga ..., resurslardan foydalanishning samaradorligini oshirish va sanoat tarmoqlaridagi energiya tejamkorlikni ta‘minlash”<sup>1</sup> vazifalari belgilangan.

Ushbu dissertatsiya tadqiqoti yuqorida keltirib o‘tilgan vazifalarni, hamda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 27 noyabrdagi PF-6119-son “O‘zbekiston Respublikasi qurilish tarmog‘ini modernizatsiya qilish, jadal va innovatsion rivojlantirishning 2021 – 2025 yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”, 2019 yil 23 maydagi PF-4335-son “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi farmonlarida nazarda tutilgan va qurilish materiallari sanoatining rivojlanishi bilan bog‘liq boshqa vazifalarni bajarishga ma‘lum darajada xizmat qiladi.

---

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

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlarga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II – “Energetika, energiya va resurslarni tejash”, XIV – “Seysmologiya, binolar va inshootlar seysmik xavfsizligi va qurilish” ustuvor yo‘nalishlari doirasida bajarilgan.

**Muammoni o‘rganilganlik darajasi.** Yangi avlod betonlari, shular jumlasidan turli fibrotolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonlar texnologiyasining nazariy asoslarini yaratish, ularni ishlab chiqish va takomillashtirishga qaratilgan keng qamrovli kompleks ilmiy tadqiqotlarni olib borish bilan shug‘ullanuvchi dunyoning yirik olimlari: Yu.M. Bajenov, V.V. Babkov, O.Ya. Berg, P.G. Komoxov, I.A. Ribev, B.V. Gusev, N.B. Urev, S.M. Mchedlov-Petrosyan, V.G. Batrakov, G.P. Berdichevskiy, V.M. Bondarenko, I.V. Volkov, A.A. Gvozdev, Yu.V. Zaysev, L.G. Kurbatov, B.A. Krilov, I.A. Lobanov, K.V. Mixaylov, R.L. Mailyan, L.R. Mailyan, R.A. Malinina, Yu.V. Puxarenko, F.N. Rabinovich, B.G. Skramtaev, K.V. Talantova, T.K. Xaydukov, M.M. Xolmyanskiy, V.P. Xarchevnikov, F.P. Yankelevich, Ye.M. Chernyshev, Virovoy, A.G. Komar, V.T. Yerofeyev, V.I. Kalashnikov, V.I. Kondrashenko, T.I. Petrova, S.V. Shestoporov, A.E. Sheykin, V.B. Ratinov, V.S. Ramachandran, B.R. Falikman, V.M. Kolbasov, S.M. Royak, V.V. Timashev, E. By, G.S. Xolister, S.T. Mileyko, Dj. Kuper, 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 va boshqalar tomonidan o‘rganilgan.

O‘zbekiston Respublikasida turli yillarda kompleks modifikatsiyalangan ko‘p komponentli yuqori sifatli yangi avlod betonlari, xususan turli xildagi tolalar bilan dispers armaturalangan betonlarni ishlab chiqish va ulardan olinadigan beton va temirbeton konstruksiyalarining texnologiyasini takomillashtirish qaratilgan tadqiqotlar bilan A.I. Odilxo‘jayev, E.U. Qosimov, M.K. Taxirov, N.A. Samigov, A.A. To‘laganov, B.B. Xasanov, K.S. Umarov, X.X. Kamilov, N.A. Abbasxonov, X.N. Nuritdinov, A.M. Eminov, U.A. Gaziyev, M.T. Turapov, B.T. Sobirov, S.A. Xodjayev, I.E. Qosimov, I.M. Maxamataliev, V.M. Soy, S.S. Shaumrov, A.T. Ilyasov kabi yetuk olimlar ilmiy izlanishlar olib borganlar.

Yuqorida keltirib o‘tilgan olimlar tomonidan bajarilgan tadqiqotlarda turli xildagi tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonlarning tarkibida mahalliy xom ashyo resurslari va sanoat chiqindilaridan foydalanish, ularni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Biroq fibrobetonlar texnologiyasini tadqiqot qilishga bag‘ishlangan adabiy manba’lar tahlili shuni ko‘rsatadiki, sintetik tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonlar texnologiyasini takomillashtirish va xossalarini o‘rganish bo‘yicha mavjud bo‘lgan ilmiy ishlanmalar, hozirgi kunda asosan yuqori modulli fibrotolalar, xususan po‘lat va shisha tolalar asosida olinuvchi dispers armaturalangan fibrobetonning xossalarini o‘rganish va tarkibini tanlash hamda ularning asosida ishlab chiqarilgan konstruksiya va buyumlarni hisoblash va loyihalash masalalari bo‘yicha bajarilgan fundamental va eksperimental tadqiqotlar natijalariga asoslanar ekan. Shu tufayli polipropilenli fibrobetonning struktura hosil qilishi qonuniyatlari va tarkibiy

komponentlarining o‘zaro ta’sir qilishi mexanizmlarini aniqlash, optimal tarkibini tanlash va loyihalash uslubini ishlab chiqish, uni olish texnologiyasini takomillashtirish masalalari hanuzgacha o‘zining dolzarbligini yo‘qotmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan o‘zaro bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat transport universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq BV-F4-04 -son “Kompozitsion materiallarning polistrukturali nazariyasi asosida ko‘p komponentli yuqori sifatli betonlar tarkibini optimallashtirish va xossalari bashorat qilish” (2018-2020 y.y.) mavzusidagi ilmiy-texnik loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ekspluatatsion xossalari yaxshilangan poliprolen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan betonlarning tarkiblari va olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

turli maqsadlardagi ob’ektlar qurilishida polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan betonlarning qo‘llanilish tajribasini o‘rganish va tahlil qilish hamda ularning ekspluatatsion xossalari yanada yaxshilashning yo‘llarini belgilash;

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan betonlarning struktura hosil qilishining o‘ziga xos tomonlarini va mineral mikroto‘ldirgichlar, kimyoviy qo‘shimchalar va polipropilen fibrotolasining kompozitning texnologik, fizik-mexanikaviy va ekspluatatsion xossalariga ta’siri qonuniyatlarini takomillashtirish;

ekspluatatsion xossalarining yaxshilanganligi bilan tavsiflanuvchi polipropilen fibrotolali moldifikatsiyalangan mayda donador va oddiy betonlarning tarkiblari bo‘yicha uslubni takomillashtirish;

ekspluatatsion xossalarining yaxshilanganligi bilan tavsiflanuvchi polipropilen fibrotolali moldifikatsiyalangan mayda donador betonni yaratish bo‘yicha texnologik reglamentni ishlab chiqish;

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan betonlardan amalda foydalanishning texnik-iqtisodiy samaradorligini asoslash va ularni qo‘llashning eng samarali sohalarini belgilab berish.

**Tadqiqotning obykti** sifatida polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador va oddiy betonlar olingan.

**Tadqiqotning predmetini** polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador va oddiy betonlarning tarkiblari, xossalari va ishlab chiqarish texnologiyasi tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqotda fibrobetonlarning sifat ko‘rsatkichlarini zamonaviy asbob-uskunalar yordamida aniqlashning kabi standartlashtirilgan usullari, fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari, eksperimentlarni matematik rejalashtirish usuli hamda eksperimental tadqiqotlar na tijalarini tahlil qilish va qayta ishlashning statistik usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan mayda donador va yirik to‘ldiruvchili og‘ir fibrobetonlar strukturalarining qotish jarayoni sur‘atlari va fizik-mexanikaviy va ekspluatatsion xossalariga turli modifikatorlar va dispers-tolasimon mikroto‘ldirgich parametrlarining korrelyatsion ta’sir ko‘rsatishi asoslangan;

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning birlamchi va ikkilamchi gidratatsiya sodir bo'lishi bilan kechuvchi struktura hosil qilishi va uning to'liq shakllanishi qonuniyatlari aniqlangan;

siqilishga mustahkamlik chegarasi ko'rsatkichi bo'yicha polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning tarkibi ishlab chiqilgan;

betonni polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalanishi uning hajmi bo'yicha bir tekis taqsimlanishi hisobiga sementli matritsasini mikrodarajada strukturalashtirishi va ekspluatatsion xossalarining yaxshilanishiga olib keluvchi yopiq g'ovaklari miqdorining ortishiga olib kelishi asoslangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

ekspluatatsion xossalarining ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning optimallashtirilgan tarkibi ishlab chiqilgan;

ekspluatatsion xossalarining yaxshilanganligi bilan tavsiflanuvchi polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobeton olishning texnologiyasi takomillashtirilgan;

MChJ «NO'KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI» korxonasiida qo'llash uchun "Polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobeton ishlab chiqarishning texnologik reglamenti" ishlab chiqilgan;

ishlab chiqilgan yangi tarkibdagi fibrobeton dan gidrotexnika va abtomobil yo'llari qurilishida samarali konstruksiyalarni ishlab chiqarishda qo'llash mumkinligi ko'rsatib berilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Dissertatsiya ishining ilmiy xulosalari va tavsiyalari zamonaviy tadqiqot usullari va o'lchash asbob-uskunalaridan foydalanib bajarilgan katta hajmdagi eksperimental tadqiqotlar natijalarini qayta ishlab chiqilganligi, eksperimental natijalarning nazariy qoidalar va boshqa tadqiqotchilar ma'lumotlari bilan muvofiq kelishi, matematik modellashtirishning zamonaviy usulidan foydalanib bajarilganligi, olingan natijalarning qurilish amaliyoti sharoilarida muvaffaqiyatli aprobatsiyadan o'tganligi bilan ta'minlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan mayda donador va oddiy fibrobetonlar strukturasining shakllanishi, qotish jarayoni va fizik-mexanikaviy va ekspluatatsion xossalariga turli modifikatorlar va dispers-tolasimon mikroto'ldirgich parametrlarining ta'siri qonuniyatlarining aniqlanganligi, polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning strukturasi shakllanishining o'ziga xos jixatlari ko'rsatib berilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ekspluatatsion xossalarining ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning optimallashtirilgan tarkibi ishlab chiqilganligi, ekspluatatsion xossalari yaxshilangan polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobeton olish

texnologiyasining takomillashtirilganligi, qurilish industriyasi korxonalari uchun mo'ljallangan "Polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobeton ishlab chiqarishning texnologik reglamenti" ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarini joriy qilish.** Eksploatatsion xossalari yaxshilangan polipropilen fibrasi bilan dispers armaturalangan betonning tarkibi va texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha bajarilgan ilmiy tadqiqotlarning natijalari asosida:

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning tarkibi va texnologiyasi MChJ «No'kis temir beton buyumlari zavodi» korxonasi bazasida ishlab chiqarishga joriy qilingan («O'z sanoatqurilishmateriallari» uyushmasining 2024 yil 18 noyabrdagi 04/15-3511-son ma'lumotnomasi). Bunda xajmi 5000 m<sup>2</sup> ni tashkil etuvchi trotuar plitkasining sinov partiyasi ishlab chiqarilgan. Natijada, trotuar plitkasini ishlab chiqarishdan olingan iqtisodiy samara – 22.11 mln so'mni tashkil qilgan;

polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan yirik to'ldiruvchili og'ir fibrobetonning tarkibi va texnologiyasi MChJ «No'kis temir beton buyumlari zavodi» korxonasi bazasida joriy qilingan («O'z sanoatqurilishmateriallari» uyushmasining 2024 yil 18 noyabrdagi 04/15-3511-son ma'lumotnomasi). Bunda xajmi 4000 dona ni tashkil etuvchi bordyur toshlarining sinov partiyasi ishlab chiqarilgan. Natijada, bordyur toshlarini ishlab chiqarishdan olingan iqtisodiy samara – 15,904 mln so'mni tashkil qilgan.

**Tadqiqot natijalarini aprobatsiyasi.** Dissertatsiya mavzusiga doir tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 1 ta respublika miqiyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, ulardan 10 tasi maqolalar, jumladan 1 ta xorijiy va 1 ta Osiyo jurnallarda, 7 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy jurnallarida. Bundan tashqari, O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi tomonidan kompyuter dasturlari uchun 2 ta guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish qismi, beshta bob, xulosa, 170 nomli foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 103 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

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

Dissertatsiyaning "**Fibrotolalar bilan dispers – armaturalangan betonlardan foydalanishning zamonaviy xolati**" deb nomlangan birinchi bobida

dissertatsiyaning mavzuga oid chop etilgan ilmiy ishlarning taxlil qilinishi asosida yozilgan adabiy sharxi keltirilgan. Unda qurilishda fibrotolalar bilan dispers-armaturalangan betonlarning qo'llanilishi tajribasi, betonlarni dispers armaturalash uchun ishlatiladigan turli fibrotolalardan foydalanishning o'ziga xos tomonlari, betonlarni dispers armaturalash uchun polimerli fibrotolalardan foydalanishning mavjud bo'lgan tajribasi va kelajagi tahlil qilingan.

Adabiy manba'larda keltirilgan ma'lumotlarning tahlilidan shular aniqlandiki, qurilish soxasida fibrobetonlardan foydalanishning butunjaxon amaliyotida ulardan olinuvchi konstruksiyalar va buyumlarni ekspluatatsion sharoitlarni e'tiborga olagn holda qo'llash sezilarli darajada salmoqli texnik-iqtisodiy va ijtimoiy samara olinishiga imkoniyat berar ekan. Biroq qurilish tarmog'i tomonidan fibrotolalar bilan dispers-armaturalangan betonlarning iste'mol qilinishi xajmlarining sezilarli darajda o'sishiga qaramay ulardan foydalanishning ko'lamlari hanuzgacha pastligicha qolmoqda va tarmoqning o'sib boruvchi zamonaviy talablariga yetarlicha javob bera olmayapti. Bunda fibrotolalar bilan dispers-armaturalangan betonlarning qurilish amaliyotida yanada kengroq qo'llanilishiga u yoki bu xildagi fibrotolalarning, xususan polipropilen fibrotolalarining sementli kompozitlar tarkibida qo'llanilishiga oid tasdiqlangan me'yoriy va texnik bazaning, hamda polipropilenfibrobetonli qurilish konstruksiyalarini hisoblash bo'yicha yo'riqnomasifatidagi me'yoriy-texnik xujjatlarning mavjud emasligi ham jiddiy to'sqinlik qilmoqda. Yuqoridagilarni e'tiborga olib polipropilenli fibrotola asosidagi fibrobetonlardan qurilishda foydalanish bo'yicha me'yoriy-texnik bazani yaratish, hamda turli betonlarning qurilish-texnik tavsiflariga polipropilenli fibrotolaning ijobiy ta'sir qilishini ko'rsatib berish maqsadga muvofiq va o'ta dolzarb masala hisoblanadi, chunki me'yoriy-texnik adabiyotlarda ushbu maslaga oid ma'lumotlar mavjud emas va bo'lishiga ham yetarlicha e'tibor qaratilmagan.

Ushbu qo'yilgan dolzarb masalalarning dissertatsion tadqiqotlar doirasida yechish va amalga oshirish uchun quyidagi **ishchi gipotezasi** shakllantirildi. Yaxshilangan ekspluatatsion xossalarlarga ega bo'lgan polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan yuqori samarali fibrobetonlarni olish kompozitni kompleks modifikatsiyalash uchun qo'llaniluvchi va ularni birgalikda qo'llanilishida sinergetik samarani beruvchi kimyoviy qo'shimchalar, mineral va dispers-tolali mikroto'ldirgichlarni sifat va miqdor jixatdan ilmiy asoslangan holda tanlanadi.

Dissertatsiyaning "**Boshlang'ich materiallar va tadqiqotlar usullari**" deb nomlangan ikkinchi bobida eksperimental tadqiqotlarda ishlatilgan hom ashyo va materiallarning fizikaviy, fizik-mexanik xususiyatlari va kimyoviy tarkiblari keltirilgan hamda polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan betonlarning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini tadqiqot qilish uslublari batafsil yoritib berilgan.

Ekspeimental tadqiqotlarni o'tkazishda, xususan modifikatsiyalangan sement toshi va polipropilenofibrobeton namunalarini tayyorlashda quydagi hom ashyo va materiallar ishlatildi: bog'lovchi sifatida Oxangaron sement zavodining SEM0 32,5 N va SEM0 42,5 N markali portlandsementi (GOST 31108-2020), mayda to'ldiruvchi sifatida yiriklik moduli  $M_{kr}=1,81$  va o'rtacha zichligi  $\sim 2000 \text{ kg/m}^3$  ga teng bo'lgan Qo'yliq konining kvars qumi (GOST 26633-2012), mineral

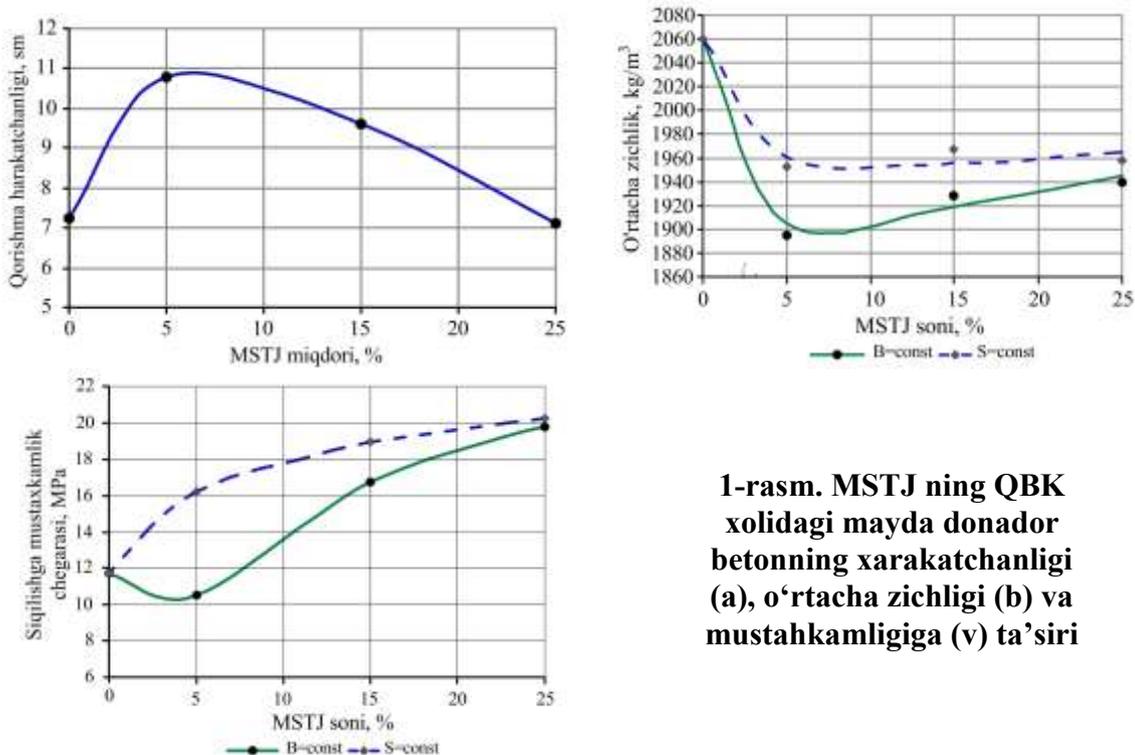
mikroto'ldirgich sifatida GOST 25818-83 talablariga javob beruvchi nisbiy sirtining yuzasi  $S_{ud}=4000 \text{ sm}^2/\text{g}$  gacha maydalangan va kimyoviy tarkibi, mas. %:  $\text{SiO}_2$  -50,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 26,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 2,8;  $\text{Na}_2\text{O}$  -10,3;  $\text{MgO}$  -1,5;  $\text{CaO}$  - 1,8;  $\text{H}_2\text{O}^+$  - 6,4; kuydirilganda yo'qotishi- 3,2 bo'lgan Beltau konining (Navoiy viloyati) seolitli tog' jinsi, kimyoviy qo'shimcha sifatida «BASF» (Germaniya) kompaniyasining Master Glenium ACE 430 polikarboksilatli superplastifikatori, dispers-tolali mikroto'ldirgich sifatida Sartech Yapı Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Şti. (Turkiya) kompaniyasining kesimi kvadrat shaklidagi, kesimi tomonining o'lchami 20 mkm va uzunligi 12 mm bo'lgan FOX POLFIBER M12 markali polipropilenli fibrotolasi ishlatildi.

Eksperimental tadqiqotlarda qurilish materiallarini sinashning standartlashtirilgan usullari bilan bir qatorda fizik-kimyoviy taxlil qilishning zamonaviy usullaridan, hamda yetakchi xorijiy ilmiy-tadqiqot markazlari mutaxassisleri tomonidan ishlab chiqilgan nostandart usulardan ham foydalanildi. Fibrobetondan tayyorlangan namunalar siqilishga va egilishdagi cho'zilishga 28 sutkalik muddatda normal sharoitlarda qotirilganidan so'ng GOST 10180-2012 ga muvofiq sinovdan o'tkazildi. Fibrobetonli namunalarning muzlashga chidamliligi GOST 10060.1-95 da ko'zda tutilgan standartlashtirilgan usul bo'yicha aniqlandi. Seolitli tog' jinsini maydalash ShLM-100 rusumli laboratoriyaga oid sharli tegirmonda samalga oshirildi. Mineral mikroto'ldirgichning dispersligi nisbiy sirtining yuzasi bo'yicha baholandi va ushbu ko'rsatkich PSX-11A asbobida Kozeni-Karmanning havo o'tkazuvchanlik uslubiga ko'ra aniqlandi. Sement toshi namunalarning siqilishga mustaxkamlik chegarasi MS-100 gidravlik pressida yuklash tezligi 0,1 MPa/s ga teng bo'lganida aniqlandi. Sement qarishmasidan tayyorlangan o'lchami 4x4x16sm li to'sinchalarning egilishga mustahkamlik chegarasi MII-100 sinov mashinasida GOST 310.4-81 bo'yicha aniqlandi. Sof va kimyoviy hamda mineral qo'shimchalarning kompleksi bilan modifikatsiyalangan sement toshining g'ovakligi strukturasini o'rganishda simobli porometriya uslubi qo'llanildi va bunda Thermo Scientific firmasining Pascal 240 EVO rusumli porozimetridan foydalanildi. Modifikatsiyalangan va to'ldirilgan sement toshining strukturasini tadqiqot qilishda rentgen-fazali va elektron-mikroskopiya tahlillaridan foydalanildi va bunda ARL Xtra difratometri hamda FEI Quanta 200 SEM rastrli mikroskopi qo'llanildi.

Dissertatsiyaning **“Polipropilen fibrotolali modifikatsiyalangan mayda donador betonlarning tarkiblarini ishlab chiqish va xossalarini tadqiqot qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida seolitli tog' jinsidan olingan mineral mikroto'ldirgich va Master Glenium ACE 430 superplastifikatorining mayda donador betonlarning xossalariga ta'sirini, xamda polipropilenli fibrotola bilan dispers-armaturalangan mayda donador betonning mikrostrukturasini o'rganish bo'yicha tadqiqotlarning natijalari keltirilgan. Bundan tashqari polipropilen fibrotolali modifikatsiyalangan mayda donador betonning tarkibini tanlash va xossalarini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarning natijalari, xamda ishlab chiqilgan modifikatsiyalangan mayda donador beton qarishmalarida polipropilenli fibrotolani qo'llash texnologiyasi keltirilgan.

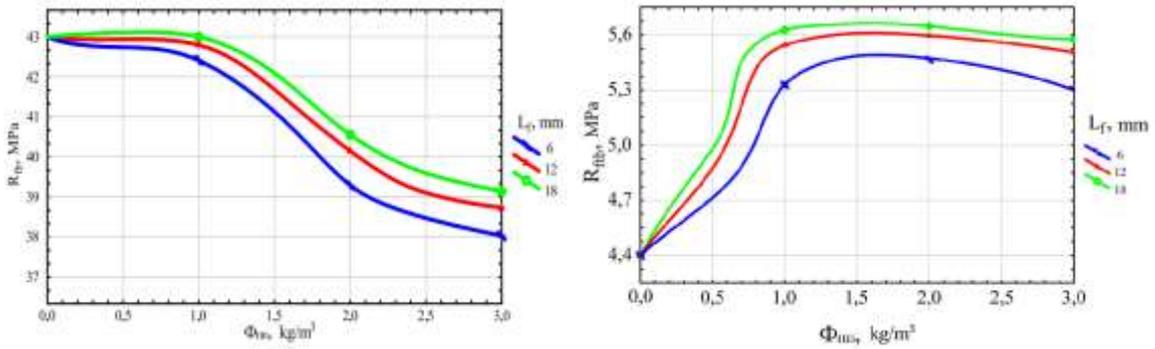
Modifikatsiyalovchi qo‘shimchalar: maydalangan seolitli tog‘ jinsi (MSTJ) va Master Glenium ACE 430 superplastifikatorining mayda donador betonlarning asosiy xossalriga ta‘sirini aniqlash bo‘yicha eksperimental tadqiqotlar ularning birgalikda kiritilishi (QBK) holida tarkibi S:Q=1:4 bo‘lgan teng harakatchan va suvning miqdori doimiy bo‘lgan mayda donador beton qarishmalarida amalga oshirildi. Grafik bog‘lanishlar ko‘rinishidagi eksperimental tadqiqotlarning natijalari 1-rasmda keltirilgan.

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlarning natijalari MSTJ qo‘shimchasining 0,8% SP bilan QBK holidagi optimal miqdori soxasini aniqlashga imkoniyat berdi. Olingan natijalarga ko‘ra ushbu soxa sement massasiga nisbatan olganda 10-20% ni tashkil etadi, chunki MSTJni ushbu miqdorlarda tarkibga kiritganda me‘yoriy sharoitlarda 28 sutka davomida qotirilgan mayda donador betonning siqilishga va egilishga bo‘lgan mustahkamligi mos ravishda 1,7 va 1,2 barobarga ortadi.



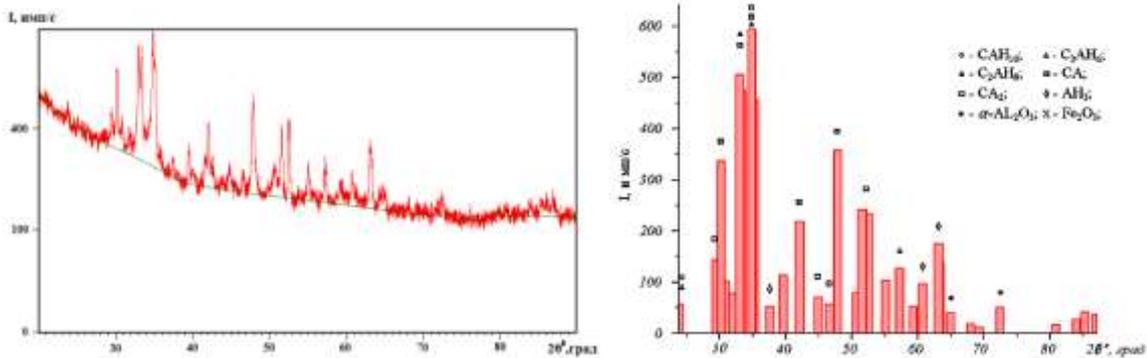
**1-rasm. MSTJ ning QBK xolidagi mayda donador betonning xarakatchanligi (a), o‘rtacha zichligi (b) va mustahkamligiga (v) ta‘siri**

Polipropilenli fibrotolaning modifikatsiyalangan mayda donador betonning siqilishga va egilishdagi cho‘zilishga mustahkamligiga ta‘sirini taxlil qilish uchun uzunligi 6, 12 va 18 mm bo‘lgan fibrotola bilan dispers-armaturalangan Q/S=3 va S/S=0,45 tarkibli kompozitlarning ushbu ko‘rsatkichlari aniqlandi. O‘tkazilgan sinovlning natijalari 2-rasmda keltirilgan.

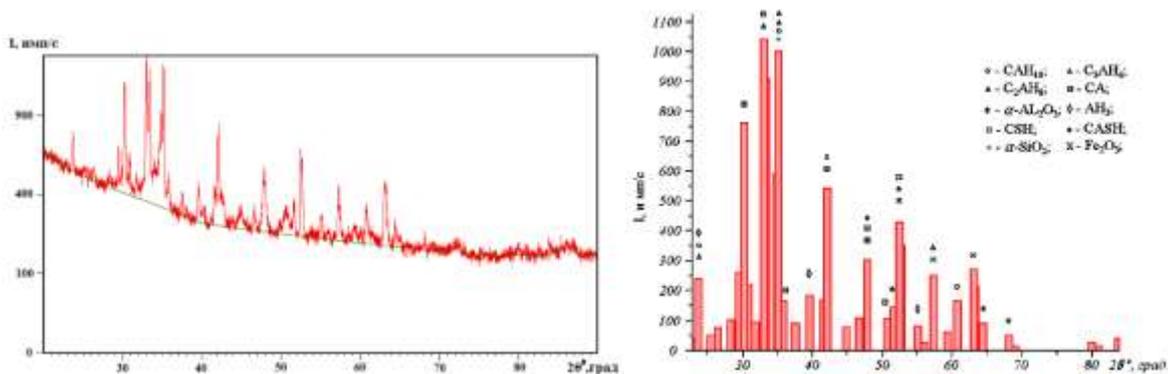


2-rasm. Mayda donador betonning siqilishga (a) va egilishdagi cho‘zilishga (b) mustaxkamligining polipropilenli fibra miqdoriga nisbatan o‘zgarishi grafiklari, fibraning uzunligi 6, 12 va 18 mm bo‘lganida

“Sement-MSTJ” sistemasidagi fazalar hosil bo‘lishi jarayonlarini 20 -1100 °S harorat intervalida o‘rganish va taqqoslash  $S/S=0,25$  bo‘lgan sof sementli bog‘lovchi va  $S/S=0,165$  bo‘lgan modifikatsiyalangan (sement + MSP + superplastifikator) sementli bog‘lovchining gidratlangan qorishmalarida amalga oshirildi. Bunda qo‘shimchalar tarkibga quyidagi miqdorda kiritildi: MSTJ = 18 % va SP = 0,8 %, ikkalasi xam ko‘p komponentli sementli bog‘lovchining massasiga nisbatan. Tayyorlangan namunalar 28 sutkalik muddatda sinovdan o‘tkazildi. Rentgen-fazali tahlilning difraktogrammalar ko‘rinishidagi natijalari 3- va 4- rasmlarda keltirilgan.



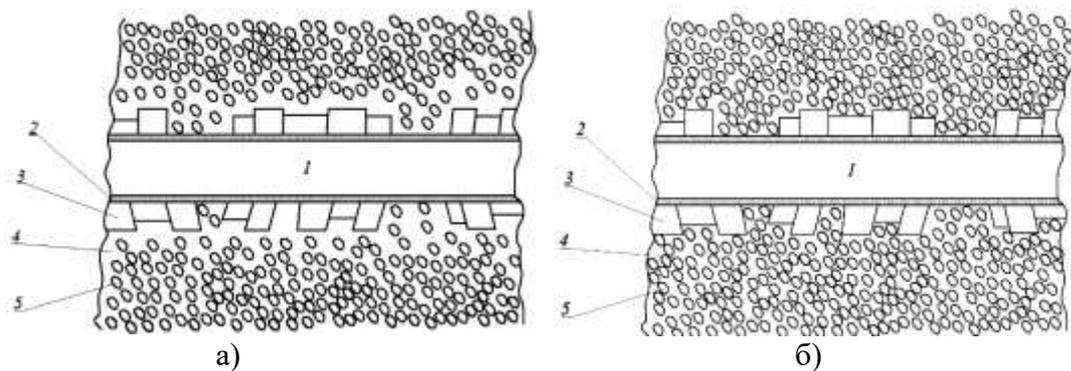
3-rasm. Oddiy bog‘lovchidan (S) olingan sement toshining difraktogrammasi va mineralogik tarkibi



4-rasm. Kompozitsion bog‘lovchidan (S+MSTJ+SP) olingan sement toshining difraktogrammasi va mineralogik tarkibi

Tadqiqotlar natijalarining ko‘rsatishicha sementli sistemaga MSTJ va SP ning kompleks ta’sir ko‘rstishi natijasida sistemaning struktura xosil qilishining erta bosqichida qorishma yuqori qovushqoqlikka va bog‘liqlikka ega bo‘ladi hamda yorqin namoyon bo‘luvchi tiksotropik xususiyati bilan tavsiflanadi, kech bosqichida esa modifikatsiyalangan sement toshi sifat jixatdan o‘ziga xos kimyoviy tarkibga va strukturasi maxsus geometriyasi bilan tavsiflanadi. Ushbu omillar kompleks modifikatsiyalangan mayda donador betonning yuqori mustaxkamlikka, past o‘tkazuvchanlikka va yuqori uzoqqa chidamlilikka erishishiga sababchi bo‘ladi.

Yangi tarkib uchun “sement toshi-fibrotola” kontakt zonasining shakllanishi va zichlashishining o‘ziga xos tomonlari ilgari ma’lum bo‘lgan Zotov A.N.tomonidan ishlab chiqilgan va patentlashtirilgan mikrokremnezomli tarkibga nisbatan ochib berildi va sxematik tarzda ifodalab berildi (5-rasm).



**5-rasm. Sement toshi va fibrotolaning kontakt zonasi**  
**1-polipropilenli fibrotola; 2 -kontakt zonasi; 3- sementli matritsa yangi xosilalar bilan; 4 -g‘ovakli qatlam; 5 –sementli matritsa,**  
**a – ilgari ma’lum mikrokremnezomli tarkib; b – MSTJ li yangi tarkib**

5-rasmda ko‘rsatib o‘tilganidek sementli matritsa bilan fibrotolaning kontakt zonasining chegarasida MSTJ dan foydalanilgan xolat uchun kontakt zonasi mustaxkamligining (adhezion mustaxkamlikning) ortishi bilan kuzatiluvchi mikrostrukturaning sezilarli darajada zichlashishi ro‘y beradi. Bunday ijobiy samara ko‘p jixatdan kompozit tarkibda foydalanilgan mikroto‘ldirgich – MSTJning o‘ziga xos xususiyatlari bilan bog‘liq bo‘ladi.

Polipropilenli fibrotola bilan dispers-armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador betonning yangi tarkibini ishlab chiqish uchun texnik adabiyotlar bo‘yicha patentga oid izlanish amalga oshirildi. Patent izlanishlari asosida ishlab chiqiluvchi tarkib uchun analoglar va prototip tarkib tanlab olindi va kompozitning ekspluatatsion xossalari ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash imkoniyatini beruvchi sifatga oid va miqdoriy o‘zgartirishlar kiritildi.

Fibrobeton qorishmasining ilgari ma’lum bo‘lgan (prototip bo‘yicha) va yangi (buyurtma bo‘yicha) tarkiblari 1-jadvalda keltirilgan.

Fibrobeton qarishmasining prototip va buyurtma bo'yicha tarkiblari

Fibrobeton qarishmasining tarkiblari	Qorishma komponentlarining nisbatlari, mass, %		
	1	2	3
Prototip bo'yicha			
Portlandsement	21,30	21,50	21,60
Qum	69,60	70,24	70,50
Mikrokremnezem MKU-85	1,86	1,80	1,88
Poliprpilen fibrasi OOO «FibraLyuks»	0,04	0,09	0,14
Superplastifikator Stachment 2061/151.2	0,19	0,39	0,59
Suv	7,01	5,98	5,29
Buyurtma bo'yicha			
	4	5	6
Portlandsement	21,30	21,50	21,60
Qum	69,60	70,24	70,50
Seolitli tog' jinsi	2,48	2,41	2,42
Polipropilen fibrasi FOX POLFIBER M12	0,04	0,09	0,14
Superplastifikator MasterGlenium ACE 430	0,19	0,39	0,59
Suv	6,39	5,37	4,75

Mayda donador betonning tarkibida modifikatsiyalovchi qo'shimchalar: maydalangan seolitli tog' jinsi, superplastifikatora MasterGlenium ACE 430 va polipropilenli fibra FOX POLFIBER M12 ning kompleks qo'llanilishi uning 28 sutkalik normal sharoitda qotirilgan xolatidagi siqilishga va cho'zilishga mustaxkamligi hamda muzlashga chidamliligi ko'rsatkichlariga ta'siri prototip tarkib bo'yicha tayyorlangan fibrobetonning aynan shu ko'rsatkichlariga nisbatan solishtirma ma'lumotlari 2-jadvalda keltirilgan.

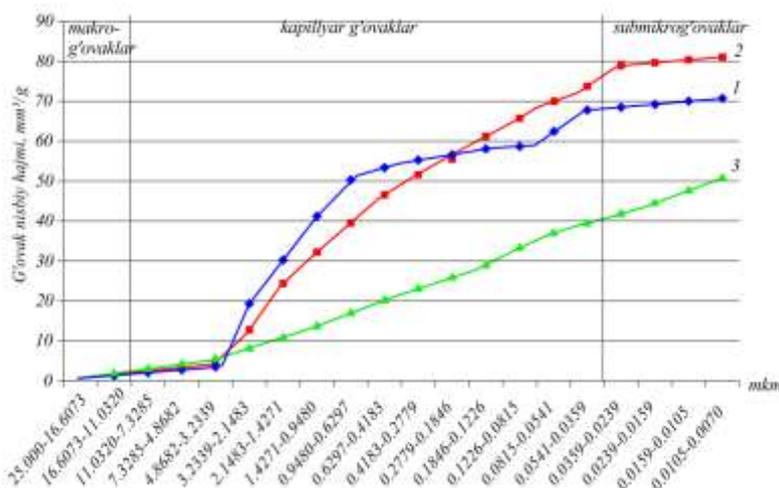
Fibrobetonlarning mustaxkamlikka oid va ekspluatatsion ko'rsatkichlari

Fibrobeton qarishma larining tarkiblari	Mustaxkamlik chegarasi, MPa		Muzlashga chidamlilik, siki
	siqilishga	egilishdagi cho'zilishga	
Prototip bo'yicha			
1	71,8	7,06	400
2	73,6	7,08	400
3	71,2	6,87	400
Buyurtma bo'yicha			
4	84,0	9,75	500
5	85,2	9,82	500
6	82,5	8,95	500

2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarning taxlili shulardan dalolat beradiki, ishlab chiqilgan yangi fibrobeton qarishmasining tarkibiga yuqorida keltirilgan modifikatsiyalovchi qo'shimchalarning kiritilishi undagi komponentlarning belgilab berilgan nisbatlarida 28 sutkalik normal sharoitda qotirilgan mayda donador fibrobetonning egilishdagi cho'zilishga mustaxkamligini prototip tarkibga nisbatan olganda 30-38% ga oshiradi. Muzlashga chidamlilik ko'rsatkichi esa prototip tarkibga nisbatan olganda 25% ga oshadi. Bizning fikrimizcha, fibrobeton qarishmasining yangi tarkibi bo'yicha olinuvchi kompozitning sifat ko'rsatkichlarining sezilarli darajada ortishiga fibrobeton qarishmasining suv talabchanligining keskin kamayishi hisobiga sementli matritsa strukturasi va

shu bilan birga sement matritsasi va fibrotola o'rtasidagi kontakt zonasi g'ovakligining kamayishi sababchi bo'ladi (6-rasm).

Bundan tashqari fibrobeton xossalarning yaxshilanishiga kompozitsion bog'lovchi struktura xosil qilishining dastlabki bosqichlaridagi kengayish samarasining sodir bo'lishi natijasida kontakt zonasining yanada zichlashishi, polipropilen tolasi kesimi geometrik shaklining doiraviydan kvadrat shakliga o'zgartirilishi natijasida kontakt zonasining umumiy yuzasining ortishi ham o'z xissasini qo'shadi.



**6-rasm. Fibrobeton sementli matritsasining integral g'ovakligi:**  
**1-nazorat tarkibi;**  
**2-SP bilan modifikatsiyalangan tarkib;**  
**3-kompleks modifikatsiyalangan tarkib (SP+MSTJ)**

Polipropilen fibrotolasi bilan dispers armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador betonning tarkibni optimallashtirish eksperimentlarni rejalashtirishning matematik usulidan foydalanib, xususan giperkubdagi ikkinchi darajali uch faktorli rejani amalga oshirish yo'li bilan bajarildi. Tegishli rejalashtirish matritsasi amalga oshirilib o'tkazilgan 20 ta tajriba bo'yicha olingan eksperimental natijalar statistik qayta ishlab chiqilganidan so'ng fibrobeton sementli matritsasining siqilishga mustaxkamligining quyidagi matematik modeli olindi:

$$R_{sj} = 16,68 + 4,03X_1 + 15,34X_2 + 14,015X_3 - 0,31X_1X_2 + 7,75X_1X_3 - 10,08X_2X_3 - 4,12X_1^2 - 4,86X_2^2 - 6,46X_3^2 ;$$

Kompleks modifikatsiyalangan sement toshining siqilishga mustaxkamligi modelining tahlilidan ko'rinib turibdiki, o'zgaruvchi omillar miqdorining ko'rib chiqilayotgan intervalida sementli kompozit mustahkamligiga ta'sir qiluvchi eng ahamiyatli omil  $X_3$  omili, ya'ni polipropilen fibrotolasining miqdori ekan, ahamiyatligiga ko'ra ikkinchi omil esa  $X_2$  omili, ya'ni mineral mikroto'ldirgichning miqdori bo'lib chiqdi va nihoyat engi kam ahamiyatli bo'lgan omil  $X_1$  omili, ya'ni superplastifikator MasterGlenium ACE 430 ning miqdori bo'ldi. Shu bilan birga grafoanalitik usulda o'tkazilgan texnologik taxlil natijalariga ko'ra uchchala o'zgaruvchi omilning quyidagi optimallashtirilgan miqdorlari aniqlandi: Master Glenium ACE 430 superplastifikatorining miqdori – sement massasiga nisbatan 0,8 %, mineral mikroto'ldirgich- MSTJ miqdori – sement massasiga nisbatan 18 % va FOX POLFIBER M12 polipropilen fibrasining miqdori – sement massaiga nisbatan 0,4 %.

Yuqori sifatli fibrobeton qarishmalarini olishda ularni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish muxim ahamiyatga ega bo'lgan masala

hisoblanadi. Bunda polipropilen fibrotolarini betonning butun xajmi bo'yicha bir tekis taqsimlanishi uchun maxsus tadqiqotlar o'tkazish talab etiladi. Laboratoriya sharoitlarida o'tkazilgan tadqiqotlarda hamda tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilish ishlarini o'tkazishda shular aniqlandiki, vibropresslanuvchi kabi buyumlarni ishlab chiqarishda ishlatiluvchi (P1 – J5) markali kam xarakatchan va qattiq beton qorishmalarini tayyorlashda polipropilen fibrotolasini mayda donador fibrobeton qorishmasini aralashtirishdan oldin boshqa quruq komponentlari bilan birgalikda kiritish maqsadga muvofiq, (P2 – P5) markali xarakatchan fibrobeton qorishmalarini tayyorlashda esa polipropilen fibrotolasini eng oxirgi navbatda, ya'ni tayyorlangan beton qorishmali betonqorishtirgichga kiritish maqsadga muvofiq, keyinchalik qo'shimcha aralashtirish sharti bilan.

Dissertatsiyaning **“Polipropilen fibrotolali betonlarning tarkiblarini ishlab chiqish va xossalarini tadqiqot qilish”** nomli uchinchi bobida polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan betonlarning tarkibini ishlab chiqish, ularning xossalarini o'rganish hamda ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha eksperimental tadqiqotlarning natijalari keltirilgan.

Oddiy betonning bazaviy tarkibini hisoblash-eksperimental usul yordamida tanlab olgandan so'ng uning asosida olinuvchi polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan betonning mustaxkamlikka oid va ekspluatatsion xossalari o'rganib chiqildi.

Eksperimental tadqiqotlarni o'tkazishda barcha beton namunalari bir xil xarakatchanlikdagi beton qorishmalaridan tayyorlandi, Master Glenium ACE 430 superplastifikatorining sarflanishi esa sement massasiga nisbatan olganda 0,8 % ni tashkil qildi. Polipropilenli fibrotolalarning sarfi texnik adabiyotlarda keltirilgan tavsiyalardan kelib chiqib quyidagi miqdorlarda belgilandi : 1,0 kg/m<sup>3</sup>, 1,5 kg/m<sup>3</sup> va 2,0 kg/m<sup>3</sup>. O'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida oddiy beton va fibrobeton namunalarining o'rtacha zichligi va siqilishga mustaxkamligi ko'rsatkichlari aniqlandi (3-jadval).

3-jadval

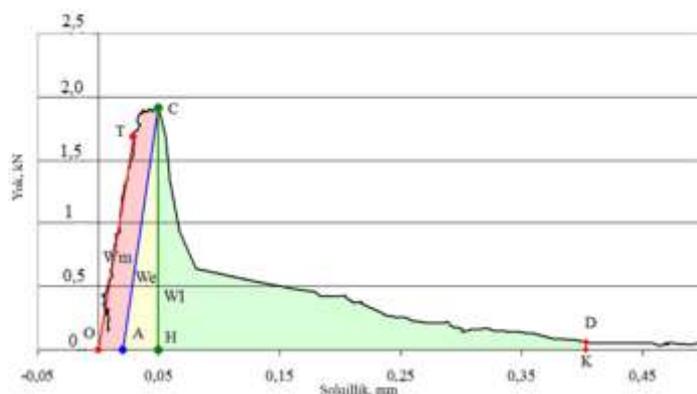
Betonlarning o'rtacha zichligi va siqilishga mustaxkamligi ko'rsatkichlari

Tarkib №	Beton turi	Namuna №	O'rtacha zichligi, kg/m <sup>3</sup>	Siqilishga mustaxkamligi, MPa	Mustaxkamlikning o'rtacha ko'rsatkichi, MPa
1	armaturalanmagan	1	2390	41,8	41,8
		2	2400	42,0	
		3	2390	41,6	
2	dispers-armaturalangan, 1,0 kg/m <sup>3</sup>	1	2400	43,2	43,5
		2	2410	43,4	
		3	2415	43,9	
3	dispers-armaturalangan, 1,5 kg/m <sup>3</sup>	1	2420	47,2	47,3
		2	2420	47,5	
		3	2415	47,2	
4	dispers-armaturalangan, 2,0 kg/m <sup>3</sup>	1	2420	47,0	47,2
		2	2420	47,1	
		3	2415	47,5	

Eksperimental tadqiqotlarning natijalari tahlili shulardan dalolat beradiki,

polipropilenli fibrotolalar miqdori bir kubometrda 1,0 kg (0,11 % xajm bo'yicha), 1,5 kg (0,16 % xajm bo'yicha) va 2,0 kg (0,22 % xajm bo'yicha) bo'lgan hollarda, ular past modulli bo'lishiga qaramasdan betonning siqilishga mustaxkamligini 10,1% ga oshirishi mumkin ekan. Fibrobetonning eng muhim xossalardan biri uning yoriqbardoshligi hisoblanadi. Shuning uchun biz GOST 29167 «Statik yuklanishda yoriqbardoshlik (yemirilish qovushqoqligi) tavsiflarini aniqlashning usullari» talablariga muvofiq eksperimental tadqiqotlar o'tkazdik.

Tadqiqotlarda namuna-to'sinlarni uch nuqatali egilishga sinovdan o'tkazdik. Bunda namuna-to'sinlarining salqiligi va ularga qo'yilgan yuk nazorat qilindi. Namunalarni sinash natijasida salqiliklarning qo'yiluvchi yukka nisbatan bog'liqligining diagrammasi qurildi (7-rasm), so'ngra ushbu diagramma asosida hisoblash yo'li bilan yoriqbardoshlikning energetik va yukka oid quyidagi tavsiflari aniqlandi: namunani elastik deformatsiyalashga sarflanuvchi energiya ( $W_e$ ), ACH shaklining yuzasi sifatida; magistral yoriq shakllanguncha mikroyoriqlarning o'sishi va birlashishiga sarflanuvchi energiya, OTSA shaklining yuzasi sifatida; magistral yoriq zonasida lokal statik deformatsiyalashga sarflanuvchi energiya, NCDK shaklining yuzasi sifatida. Bundan tashqari olingan diagramma asosida kompozitning elastiklik moduli va egilishdagi cho'zilishga mustahkamlik qiymatlari ham aniqlandi.



**7-rasm. Fibrobeton namunaning deformatsiyalanishi va yemirilishining turli bosqichlariga energiya sarflanishi**

Tadqiqotlarning natijalari shulardan dalolat beradiki, fibrobetonlar yoriqbardoshligining eng muhim tavsiflari: kuchlanishlar intensivligining shartli kritik koeffesienti ( $K^*s$ ), magistral yoriq harakatlanishi boshlanishidan oldin statik yemirilishga nisbiy energiya sarflanishi ( $G^*f$ ), hamda magistral yoriq harakatlanishi boshlanganidan so'ng statik yemirilishga nisbiy energiya sarflanishi ( $G^*i$ ). Yoriqbardoshlik tavsiflarining son qiymatlari GOST 29167 ning tegishli formulalari yordamida hisoblab topildi.

Olingan ma'lumotlarga ko'ra polipropilenli fibrotola bilan dispers-armaturalangan betonning egilishdagi cho'zilishga mustahkamligi oddiy og'ir betonning ushbu ko'rsatkichiga nisbatan katta (18-21%) farq qilmaydi, bu esa oldindan kutilgan natija xisoblanadi, chunki kompozitni dispers-armaturalash uchun past modulli fibrotola qo'llanilgan. Shu bilan birga yoriqlarning paydo bo'lishi va rivojlanishini tavsiflovchi  $K^*s$  va  $G^*i$  ko'rsatkichlarining ortishi faqatgina sementli matritsaning fibrotolalar bilan yuqori darajada to'yintirilishi

xollarida, qachonki ularning o‘rtasidagi masofa sezilarli qisqargandagina boshlanadi va bunda fibrotolalar yoriqlarning tarqalishi yo‘lidagi energetik to‘siq vazifasini bajara boshlaydi.

Shunday qilib, betonni polipropilenli fibrotola bilan dispers-armaturalash namunalarning yemirilish jarayoniga jiddiy ta‘sir ko‘rsatadi. Armaturalanmagan namunalarga nisbatan olganda fibrobetonning yemirilishi yaqqol namoyon bo‘luvchi qovushqoq tavsifga, binobarin energetik serxarajat tavsifga ega bo‘ladi. Bizning fikrimizcha, ushbu samara polipropilenli fibrotolaning sement matritsasi bilan yuqori darajada birikishi xisobiga sodir bo‘ladi, chunki magistral yoriq xosil bo‘lganidan keyin ham fibrotola sement matritsasining tanasidan sug‘irilib olinishi jarayoniga qarshilik ko‘rsatadi.

Tadqiqotlarda fibrobetonning boshqa muxim ekspluatatsion xossalaridan hisoblangan suv o‘tkazmaslik va muzlashga chidamlilik xossalari ham o‘rganildi. Ushbu xossalarni o‘rganish bo‘yicha bajarilgan tadqiqotlarning natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

Betonlarning suv o‘tkazmasligi va muzlashga chidamliligi ko‘rsatkichlari

Tarkib №	Betonning turi va polipropilen tolasining sarfi, kg/m <sup>3</sup>	O‘rtacha zichligi, kg/m <sup>3</sup>	Marka W	Marka F, sikllarda
1	armaturalanmagan	2395	>W10	F400
2	dispers-armaturalangan, 1,0 kg/m <sup>3</sup>	2400	>W20	F500
3	dispers-armaturalangan, 1,5 kg/m <sup>3</sup>	2410	>W20	F500
4	dispers-armaturalangan, 2,0 kg/m <sup>3</sup>	2415	>W20	F500

Olingan natijalarning taxlili shulardan dalolat beradiki, polipropilenli fibrotola bilan dispers-armaturalangan beton, kompozit mikrostrukturasi xajmida fibrallarining turli yo‘nalishlarda bir tekis taqsimlanishi hisobiga matritsaning strukturasi kuchaytiradi, hamda ulardagi yopiq g‘ovaklarning sonini oshiradi, bu esa o‘z navbatida kompozitning suv o‘tkazmasligi va muzlashga chidamliligi ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada (mos ravishda 2 barobarga va 25-50% ga) ortishiga olib keladi.

Dissertatsiyaning “**Tadqiqotlar natijalarining tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilinishi**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida ishlab chiqilgan polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan betonlar tarkibi va olish texnologiyasining tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilish natijalari keltirilgan, ishlab chiqilgan fibrobetonning tarkibi va texnologiyasidan qurilishda foydalanishning texnik-iqtisodiy samaradorligining asoslab berilgan, hamda ushbu innovatsion ishlanmaning kelajakda qurilishning turli soxalarida qo‘llanishining istiqbollari belgilab berilgan.

Dissertatsiya ishi bo'yicha olingan natijalar «NO'KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI» MChJ korxonasi tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilish ishlarini bajarishda asos qilib olindi. Ushbu korxonaga uchun "Yo'llarga oid buyumlarda polipropilen fibrasidan foydalanib modifikatsiyalangan mayda donador fibrobeton qorishmalarini ishlab chiqarish bo'yicha Texnologik reglament" ishlab chiqildi va tasdiqlandi. So'ngra 2024 yilning 1 maydan to 25 sentyabr kunigacha bo'lgan davr ichida ishlab chiqilgan "Texnologik reglament"ga muvofiq xajmi 5000 m<sup>2</sup> ga teng bo'lgan trotuar plitkasi va xajmi 4000 donaga teng bo'lgan bordyur toshlaridan iborat maxsulotlarning sinov partiyalari ishlab chiqarildi.

Ishlanmani "NO'KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI" MChJ korxonasi tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilinishi natijasida sementli bog'lovchini tejash va texnologik jarayonlardagi energiya sarfini qisqartirish hisobiga quyidagi miqdordagi iqtisodiy samaralar olindi: trotuar plitkasini ishlab chiqarishdan – 442,2 ming so'm xar 100 m<sup>2</sup> uchun; bordyur toshlarini ishlab chiqarishdan – 3 976,0 ming. so'm xar 1000 dona uchun (2024 yil narxlarida).

## XULOSA

1. Sement toshi strukturasi hosil bo'lishi va qotishi jarayonlarining mexanizmi tadqiqot qilindi va seolitli tog' jinsi, superplastifikator Master Glenium ACE 430 va FOX POLFIBER M12 polipropilen fibrasining sement toshining qotishi va strukturasi shakllanishiga birgalikdagi ta'sir ko'rsatishining sxemasi ishlab chiqildi hamda ularning modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonlarning texnologik, fizik-mexanikaviy va ekspluatatsion xossalariga ta'siri qonuniyatlari aniqlandi.

2. Aniqlandiki, mayda donador betonni seolitli tog' jinsi, superplastifikator Master Glenium ACE 430 va FOX POLFIBER M12 polipropilen fibrasi bilan optimal miqdordagi kompleks modifikatsiyalash sementli sistemaning sedimentatsion turg'unligini oshirish, qorishmaning texnologik xossalarini rostlash va modifikatsiyalangan mayda donador betonning mustaxkamlikka oid, deformatsion va ekspluatatsion ko'rsatkichlarini sezilarli oshirish imkoniyatlarini beradi, kremniy oksidining polimorf modifikatsiyalari va yangi xosilalarning xosil bo'lishi evaziga strukturasi yanada zichlashuvi va yaxlitlashuvi hisobiga.

3. Polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador betondan olingan namuna-to'sinchalarning yemirilishi onidagi haqiqiy salqiligi oddiy mayda donador betonning aynan shunday ko'rsatkichlariga nisbatan olganda sezilarli darajada, ya'ni 1,85 marta yuqori bo'ladi. Bunda modifikatsiyalangan mayda donador fibrobetonning yoriqbardoshligi nazorat namunasiga nisbatan olganda 1,9 martaga ortgan.

4. Modifikatsiyalangan og'ir betonni polipropilen fibrotolasi bilan 1,0, 1,5 va 2,0 kg/m<sup>3</sup> miqdorda dispers-armaturalash uning past modulli bo'lishiga qaramasdan kompozitning siqilishga mustaxkamligining 14,3 % gacha oshiradi. Betonni dispers-armaturalash darajasi 5 kg/m<sup>3</sup> va undan yuqoriroq bo'lgan taqdirda kompozitning siqilishga mustaxkamligi kamayib ketadi.

5. Polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalangan modifikatsiyalangan mayda donador beton matritsasining siqilishga mustahkamligi chegarasining

matematik modeli asosida retseptura omillarining quyidagi optimal miqdorlari aniqlandi: superplastifikator MasterGlenium ACE 430 – sement massasiga nisbatan 1,0 %, mineral mikroto‘ldirgich – sement massasiga nisbatan MSTJ – 18 %, polipropilenli fibra FOX POLFIBER M12 – sement massasiga nisbatan 0,4 %.

6. Og‘ir betonni polipropilen fibrotolasi bilan dispers-armaturalash kompozitning suv o‘tkazmasligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Xususan, polipropilen fibrotolasini betonning tarkibiga 1,5 va 2,0 kg/m<sup>3</sup> miqdorda kiritilishi namunalarga suvning sizib kirishi chuqurligini mos ravishda 1,3 va 1,0 sm gacha kamaytiradi.

7. Polipropilen fibrotolasi bilan modifikatsiyalangan betonlarni dispers-armaturalash, uning mikrostrukturasi xajmida turli yo‘nalishlarda bir tekis taqsimlanishi hisobiga kompozitning strukturasi kuchaytiradi va uning tarkibidagi yopiq g‘ovaklarning sonini sezilarli darajada oshiradi, bu esa o‘z navbatida uning muzlashga chidamliligiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatib ushbu xossasi bo‘yicha markasini o‘rtacha 25%ga oshiradi.

8. Tadqiqotlar natijalarining tajribaviy ishlab chiqarishga joriy qilinishi «NO‘KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI» MChJ korxonasi ishlab chiqarish bazasida amalga oshirildi. Bu yerda polipropilen fibrotolasi bilan modifikatsiyalangan mayda donador betondan xajmi 5000 m<sup>2</sup> ni tashkil etuvchi trotuar plitkasi va miqdori 4000 donani tashkil etuvchi bordyur toshlarining tajribasirov partiyalari ishlab chiqarildi. Ishlab chiqilgan fibrobetonning tarkibini ishlab chiqarishga joriy qilinishi natijasida korxonada trotuar plitkasini ishlab chiqarishda 22,11 mln. so‘m; bordyur toshlarini ishlab chiqarishdan – 3,976 mln. so‘m miqdorlardagi iqtisodiy samara olishga erishildi.

*Muallif dissertatsiya mavzusini tanlash, qimmatli maslahatlari hamda tadqiqotlarni amalga oshirish, natijalarni muhokama qilish va joriy etishda ko‘rsatgan yordamlari uchun ilmiy rahbari t.f.d., professor I.M. Maxamataliyevga minnatdorchiligini izhor etishni o‘z burchi deb hisoblaydi.*



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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**МУМИНОВ РАВШАН БАХРАМОВИЧ**

**БЕТОН ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ  
ФИБРОЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ  
СВОЙСТВАМИ**

**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 B2025.1.PhD/T5486.**

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](http://www.tstu.uz)) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Махаматалиев Иркин Муминович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Хасанов Бахридин Баратович</b> доктор технических наук, профессор <b>Шакиров Туйгунжон Тургунович</b> кандидат технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ферганский государственный технический университет</b>

Защита диссертации состоится «20» декабря 2025 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.04 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйўлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz)).

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

Автореферат диссертации разослан «09» декабря 2025 года.  
(протокол реестра № 26 от «09» декабря 2025 года).

**А.И. Адилходжаев**  
Председатель Научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор

**У.З. Шермухамедов**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

**А.А. Ишанходжаев**  
Председатель научного семинара  
при Научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире на современном этапе развития строительной отрасли широкое распространение получают конструкции разрабатываемые на основе многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения, существенно отличающихся от традиционных бетонов уникальностью эксплуатационных свойств, своим составом и технологией получения. В настоящее время в таких развитых странах мира как: США, Япония, Канада, Германия, Франция и других государствах Европы бетоны нового поколения признаны основным строительным материалом, обеспечивающим устойчивое развитие человечества. В связи с этим во многих странах мира учёными материаловедомы особое внимание стала уделяться вопросу разработки составов и технологии получения многокомпонентных высококачественных бетонов нового поколения основанных на использовании в их составах химических и минеральных добавок, а также дисперсно-волоконистых наполнителей.

В мире за последние годы проводятся широкомасштабные научные исследования по разработке составов и технологии получения бетонов нового поколения, в частности дисперсно-армированных дискретными волокнами бетонов – фибробетонов. В этих исследованиях для получения высокоэффективных фибробетонов с высокими эксплуатационными показателями приоритетное значение уделяется использованию высокомарочных цементов (M500 и более), высококачественных заполнителей, высокоэффективных супер- и гиперпластификаторов, а также дорогостоящим дисперсно-волоконистым наполнителям. В настоящее время актуальным вопросом является разработка составов и технологии получения фибробетонов на основе местного сырья и материалов, в частности с использованием рядовых марок цемента, заполнителей, химических и минеральных добавок и дисперсно-волоконистых наполнителей.

В стратегии действий по развитию нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены наиболее важные социально-экономические задачи, такие как «Увеличение объема производства строительных материалов в два раза ..., повышение эффективности использования ресурсов и обеспечение энергосбережения в отраслях промышленности»<sup>2</sup>. Для реализации таких широкомасштабных задач необходимы новые инновационные идеи и технологии по разработке высокоэффективных строительных материалов, в частности бетонов нового поколения получаемых на основе композиционных цементных вяжущих и дисперсно-волоконистых наполнителей с заранее заданным комплексом свойств.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-2615 от 28 сентября 2016 года «О дальнейших мерах

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. УП-60 “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 гг”.

развития строительной индустрии», №УП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли производства строительных материалов», а также других нормативных документов, касающихся отрасли строительства.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан: II – «Энергетика, экономия энергии и ресурсов», XIV – «Сейсмология, сейсmobезопасность зданий, сооружений и строительство».

**Степень изученности проблемы.** Вопросами исследования и разработки технологии бетонов нового поколения, в частности дисперсно-армированных бетонов и строительных конструкций на их основе, теории расчета и проектирования строительных конструкций из фибробетонов в различные годы занимались следующие зарубежные ученые: Ю.М. Баженов, В.В. Бабков, О.Я. Берг, П.Г. Комохов, И.А. Рыбьев, Б.В. Гусев, Н.В. Урьев, С.М. Мчедлов-Петрося, В.Г. Батраков, Г.П. Бердичевский, И.В., В.М. Бондаренко, И.В. Волков, В.Ю., Гвоздев, Ю.В. Зайцев, Л.Г. Курбатов, Б.А. Крылов, И.А. Лобанов, К.В. Михайлов, Р.Л. Маилян, Л.Р. Маилян, Р.А. Малинина, Ю.В. Пухаренко, Н.Ф. Рабинович, Б.Г. Скрамтаев, Ф.Н. Талантова, Т.К. Хайдуков, М.М. Холмянский, В.П. Харчевников, Ф.П. Янкелевич, Е.М. Чернышов, А.Г. Комар, В.Т. Ерофеев, В.И. Калашников, В.И. Кондращенко, Т.И. Петрова, С.В. Шестоперов, А.Е. Шейкин, В.Б. Ратинов, А.Е. Шейкин, Б.Р. Фаликман, С.М. Рояк, В.В. Тимашев, Э. Ву, Г.С. Холистер, С.Т. Милейко, Дж. Купер, Р.Фере, И.Олдер, В.Йогендран, Р.Айтчин и др.

В Республике Узбекистан в различные годы исследованиями в области разработки высокоэффективных составов и технологий бетонов нового поколения, в т.ч. модифицированных бетонов, фибробетонов, а также бетонных и железобетонных конструкций из дисперсно-армированных бетонов занимались такие ученые как А.И. Адилходжаев, Х.А. Акрамов, Э.У. Касимов, М.К. Тахиров, Н.А. Самигов, А.А. Тулаганов, Б.Б. Хасанов, К.С. Умаров, Х.Х. Камилов, М.Е. Борисов, Н.А. Аббасханов, Х.Н. Нуритдинов, А.М. Эминов, У.А. Газиев, М.Т. Турапов, С.А. Ходжаев, И.И. Касимов, И.М. Махаматалиев, В.М. Цой, А.Ю. Шодмонов, С.С. Шаумаров, А.Т., Ильясов и другие.

В выполненных ими исследованиях освещены вопросы использования местных сырьевых ресурсов и промышленных отходов в технологии различных видов дисперсно-армированных фибробетонов, в том числе разработке составов и технологии получения базальтофибробетонов. Однако анализ данных литературных источников, посвященных вопросам исследования технологии бетонов нового поколения показал, что большинство разработок и результатов исследований свойств дисперсно-армированных фибробетонов с синтетическими волокнами на сегодняшний день основаны лишь на результатах фундаментальных исследований и тех знаниях, которые получены в результате изучения свойств, расчетов и

проектирования составов и технологических процессов изготовления конструкций и изделий полученных из дисперсно-армированного бетона с использованием высокомодульных фиброволокон, в частности из стале- и стеклофибробетона. В связи с этим вопросы изучения особенностей структурообразования фибробетона, механизмов взаимодействия составляющих компонентов фибробетонной смеси, разработки методики расчета и проектирования составов, технологии получения и прогнозирования свойств модифицированных дисперсно-армированных фибробетонов с полипропиленовой фиброй по-прежнему остаются малоизученными и чрезвычайно актуальными. Эти и другие аспекты проблемы исследования модифицированных дисперсно-армированных бетонов с полипропиленовой фиброй являются своевременными и требующими дальнейшей подробной и более глубокой проработки.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планом высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационные исследования выполнены согласно плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета в рамках государственного научно-технического проекта № БВ-Ф4-04 «Оптимизация состава и прогнозирование свойств многокомпонентных высококачественных бетонов на базе полиструктурной теории композиционных материалов» (2018-2020).

**Целью исследования является** разработка составов и технологии получения модифицированных бетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном с улучшенными эксплуатационными свойствами.

**Задачи исследования:**

изучить и проанализировать опыт применения дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном бетонов при строительстве объектов различного назначения и наметить пути по дальнейшему улучшению их эксплуатационных свойств;

выявить особенности структурообразования дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном бетонов и выявить закономерности влияния минеральных наполнителей, химических добавок и полипропиленового фиброволокна на технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства композита;

разработать составы и усовершенствовать технологию получения модифицированного мелкозернистого и обычного бетона с полипропиленовым фиброволокном, отличающихся улучшенными показателями эксплуатационных свойств;

разработать технологический регламент по получению модифицированного мелкозернистого бетона с полипропиленовым фиброволокном, отличающийся улучшенными показателями эксплуатационных свойств;

обосновать технико-экономическую эффективность использования дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном бетонов и наметить наиболее эффективные области их применения.

**Объектом исследования** являются дисперсно-армированные полипропиленовым фиброволокном модифицированные мелкозернистые и обычные бетоны.

**Предметом исследования** являются составы, свойства и технология получения дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном модифицированных мелкозернистых и обычных бетонов.

**Методы исследования.** В исследованиях использованы стандартные методики определения показателей качества цементного вяжущего и модифицированных бетонов на его основе с применением современной измерительной аппаратуры, современные методы физико-химического анализа минеральных веществ, математические методы оптимизации состава композиционных строительных материалов, а также статистические методы автоматизированной обработки полученных результатов экспериментальных исследований.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлены закономерности влияния различных модификаторов и параметров дисперсно-волокнутого наполнителя на формирование структуры, процесса твердения и физико-механические и эксплуатационные свойства модифицированного мелкозернистого и тяжелого с крупным заполнителем фибробетона дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном;

выявлены особенности структурообразования дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном модифицированных мелкозернистых фибробетонов;

разработан оптимизированный состав модифицированного мелкозернистого фибробетона дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном по параметру предела прочности на сжатие;

выявлено, что дисперсное армирование композита полипропиленовым фиброволокном за счет равномерного распределения на микроуровне структурирует цементную матрицу и увеличивает в ней количество замкнутых пор, что, в свою очередь способствует существенному улучшению эксплуатационных свойств фибробетона.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

разработаны составы модифицированных мелкозернистых фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном с высокими показателями эксплуатационных свойств;

усовершенствована технология получения модифицированного мелкозернистого бетона с полипропиленовым фиброволокном, отличающийся улучшенными показателями эксплуатационных свойств;

разработан «Технологический регламент на производство модифицированных мелкозернистых фибробетонов дисперсно-армированных

полипропиленовым фиброволокном» применительно для предприятия ООО «NO'KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI»

-показано возможность использования разработанных составов модифицированных мелкозернистых и обычных фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном для производства эффективных конструкций гидротехнического и дорожного строительства.

**Достоверность результатов,** научных выводов и рекомендаций диссертационной работы обеспечиваются большим объемом экспериментальных данных, полученных с применением стандартных методик испытаний и использованием современной измерительной аппаратуры (электронно-растровая микроскопия, рентгенофазовый анализ, ртутная порозиметрия), согласованностью экспериментальных результатов с теоретическими положениями и данными других исследователей, успешной апробацией полученных результатов в производственных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в разработке нового состава и технологии получения модифицированного мелкозернистого и обычного фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном с высокими эксплуатационными показателями и установлении механизма формирования свойств и особенностей их структурообразования, а также подтверждении возможности получения высокоэффективного модифицированного мелкозернистого и обычного фибробетонов с использованием низко модульного синтетического фиброволокна.

Практическая значимость результатов исследования заключается: в разработке составов модифицированных фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном с высокими показателями эксплуатационных свойств; усовершенствовании технологии получения модифицированного мелкозернистого фибробетона дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном, разработке «Технологического регламента на производство модифицированных мелкозернистых фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном».

**Внедрение результатов исследования.** На основании результатов проведенных исследований по разработке составов и технологии получения модифицированных дисперсно-армированных полипропиленовой фиброй бетонов:

состав и технология модифицированного мелкозернистого фибробетона дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном была внедрена в производство на предприятии ООО «No'kis temir beton buyumlari zavodi» (справка ассоциации «Узпромстройматериалы» № 04/15-3511 от 18 ноября 2024 года). При этом была изготовлена опытная партия тротуарной плитки в объеме 5000 м<sup>2</sup>. В результате изготовления тротуарной плитки получен экономический эффект в размере 22,11 млн. сум;

состав и технология модифицированного тяжелого бетона с крупным заполнителем дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном была внедрена в производство на предприятии ООО “No‘kis temir beton buyumlari zavodi” (справка ассоциации «Узпромстройматериалы» № 04/15-3511 от 18 ноября 2024 года). При этом была изготовлена опытная партия бордюрных камней в объеме 4000 штук. В результате изготовления бордюрных камней получен экономический эффект в размере 15,904 млн. сум.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты выполненных исследований докладывались и обсуждались на 2 международных и 1 республиканской научных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных работ, из них 10 научных статей, в том числе 1 в рецензируемых зарубежных и Азиатских изданиях, 7 в республиканских научных журналах, рекомендованных ВАК РУз. Получены 2 свидетельства на программные продукты для автоматизированного вычисления показателей свойств фибробетона в Агентстве по интеллектуальной собственности РУз.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 170 наименований и приложений. Работа изложена на 103 страницах машинописного текста.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

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

В первой главе диссертации под названием **“Современное состояние использования дисперсно-армированных фиброволокном бетонов в строительстве”** приведён аналитический литературный обзор научных исследований по рассматриваемой теме.

Из анализа литературных источников установлено что, в мировой практике использования фибробетонов в строительной отрасли применение фибробетонных конструкций и изделий с учетом условий их эксплуатации позволяет получить значительный технико-экономический и социальный эффект. Однако несмотря на значительный рост объёмов потребления дисперсно-армированных фиброволокном бетонов строительной отраслью в последние годы, всё же потенциал их использования по-прежнему остается низким и недооценённым, а также не отвечающих современным потребностям отрасли. При этом сдерживающим фактором в более широком практическом применении дисперсно-армированных фиброволокном бетонов является

отсутствие утвержденной нормативной и технической базы по применению тех или иных разновидностей фиброволокна, а также руководящих нормативно-технических документов и инструкций по расчёту строительных конструкций из фибробетонов, в частности с применением полипропиленовых фиброволокон. Учитывая вышеизложенное представляется необходимым создание нормативно-технической базы по использованию в строительстве фибробетонов с полипропиленовым фиброволокном, а также установить влияние полипропиленового фиброволокна на строительные-технические характеристики различных видов бетонов, так как в научно-технической литературе этому вопросу уделено недостаточное внимание.

Для реализации поставленных задач в рамках выполняемых исследований сформулирована следующая **рабочая гипотеза**. Получение высокоэффективных фибробетонов дисперсно-армированных полипропиленовым фиброволокном отличающихся высокими эксплуатационными свойствами представляется возможным путем научно обоснованного качественного и количественного подбора химических и минеральных наполнителей для комплексного модифицирования композита обеспечивающих синергетический эффект их совместного применения.

Во второй главе диссертации под названием **“Исходные материалы и методы исследований”** приводятся характеристики исходных сырьевых материалов для получения дисперсно-армированной полипропиленовой фиброй фибробетонов с улучшенными эксплуатационными свойствами и описание принятых для выполнения экспериментов методов исследований.

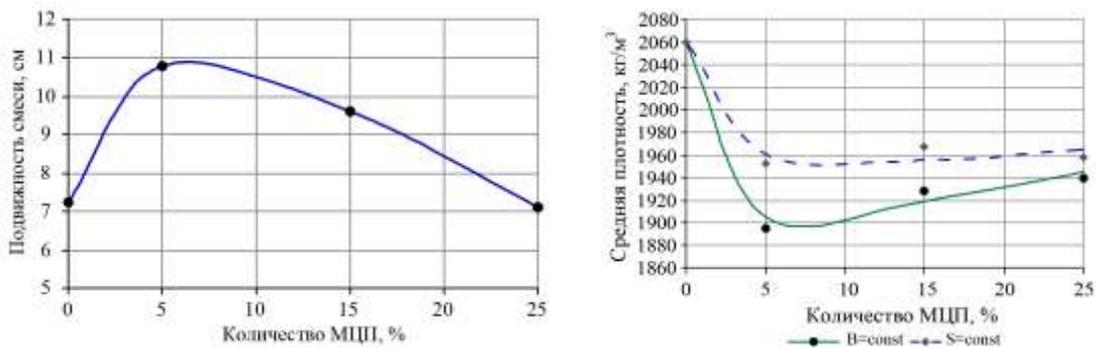
При проведении экспериментальных исследований были использованы следующие исходные материалы: вяжущее- портландцемент марки ЦЕМ0 32.5Н и ЦЕМ0 42.5Н производства ОАО «Ахангаранцемент» (ГОСТ 31108-2020), мелкий заполнитель - речной кварцевый песок Куйлюкского карьера с модулем крупности  $M_{кр}=1,81$  и средней плотностью  $\sim 2000$  кг/м<sup>3</sup> (ГОСТ 26633-2012), минеральный наполнитель - молотая цеолитсодержащая порода Бельтауского месторождения (Навоинская обл.) с удельной поверхностью  $S_{уд}=4000$  см<sup>2</sup>/г и следующим химическим составом, мас. %: SiO<sub>2</sub> -50,8; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 26,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,8; Na<sub>2</sub>O -10,3; MgO -1,5; CaO - 1,8; H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> - 6,4; потери при прокаливании 3,2, химическая добавка – поликарбоксилатный суперпластификатор Master Glenium ACE 430 производства компании «BASF» (Германия), минеральный наполнитель - полипропиленовая фибра FOX POLFIBER M12 квадратного сечения размером 20 мкм и длиной волокна 12 мм производства компании Sartech Yapı Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Şti. н (Турция).

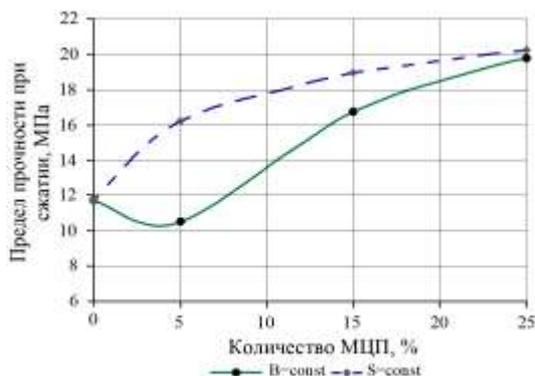
В экспериментальных исследованиях наряду со стандартизированными методами были применены современные методы физико-химического анализа, а также нестандартные методики, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских центров. Фибробетонные образцы испытывались на прочность при сжатии и растяжении при изгибе в 28-суточном возрасте после нормального твердения согласно ГОСТ 10180-2012. Морозостойкость образцов фибробетона определяли по стандартной

методике согласно ГОСТ 10060.1-95. Процесс помола цеолитсодержащей породы производился с использованием лабораторной шаровой мельницы марки ШЛМ-100. Дисперсность минеральных наполнителей оценивалась по величине удельной поверхности, которая определялась на приборе ПСХ-11А методом воздухопроницаемости Козени-Кармана. Предел прочности при сжатии образцов цементного камня определяли на гидравлическом прессе МС-100 при скорости нагружения 0,1 МПа/с. Предел прочности на изгиб балочек 4x4x16 см определяли по ГОСТ 23789-79 на испытательной машине МИИ-100. При изучении поровой структуры цементного камня с комплексом минеральных и химических добавок применён метод ртутной порометрии с использованием порозиметра фирмы Thermo Scientific серии Pascal 240 EVO. Исследования структуры модифицированного и наполненного цементного камня осуществляли на основе рентгенофазового и электронно-микроскопического анализов с использованием рентгеновского дифрактометра ARL Xtra и растрового микроскопа FEI Quanta 200 SEM.

В третьей главе диссертации под названием **“Разработка составов и исследование свойств модифицированных мелкозернистых бетонов с полипропиленовым фиброволокном”** приводятся результаты исследований по изучению влияния минерального наполнителя из цеолитсодержащей породы и суперпластификатора Master Glenium ACE 430 на свойства мелкозернистых бетонов, влияния полипропиленового фиброволокна на свойства мелкозернистых бетонов, микроструктуры дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном мелкозернистого бетона. Кроме этого приводятся результаты исследований по подбору состава и изучению свойств модифицированного мелкозернистого бетона с полипропиленовым фиброволокном, а также изложена разработанная технология применения полипропиленового фиброволокна в модифицированных мелкозернистых бетонных смесях.

Экспериментальные исследования по определению влияния модифицирующих добавок: микронаполнителя из цеолитсодержащей породы (МЦП) и суперпластификатора Master Glenium ACE 430 (СП) на основные свойства мелкозернистого бетона при их совместном введении (СВД) проводились на мелкозернистых бетонных смесях состава Ц:П=1:4 равной подвижности и с постоянным количеством воды. Результаты экспериментальных исследований в виде графических зависимостей приведены на рис. 1.

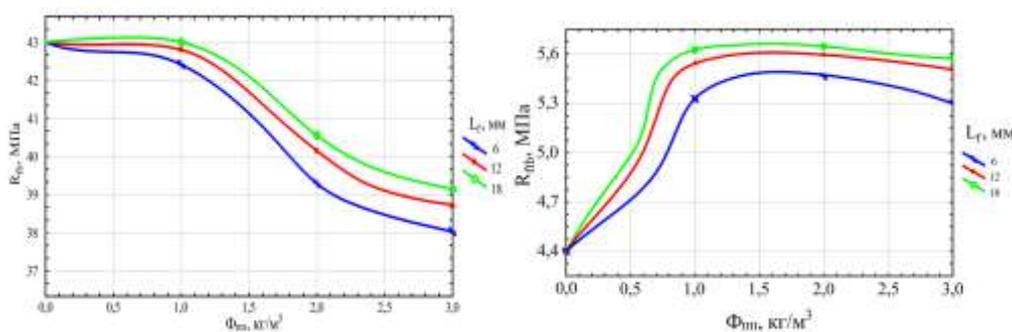




**Рисунок 1. Влияние МЦП при СВД на подвижность (а), среднюю плотность (б) и прочность (в) мелкозернистого бетона**

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволили определить оптимальную область содержания добавки МЦП при совместном введении с 0,8 % СП, которая составляет 10–20 % от массы цемента, что обеспечивает увеличение прочности мелкозернистого бетона при сжатии и при изгибе соответственно в 1,7 и в 1,2 раза по сравнению с бездобавочными бетонами после 28 сут нормально-влажностного твердения.

Для анализа изменений прочности при сжатии и на растяжение при изгибе были проведены испытания образцов мелкозернистого дисперсно-армированного бетона с полипропиленовым фиброволокном длиной 6, 12 и 18 мм с П/Ц=3 и В/Ц=0,45, результаты которых отражены на рис. 2.

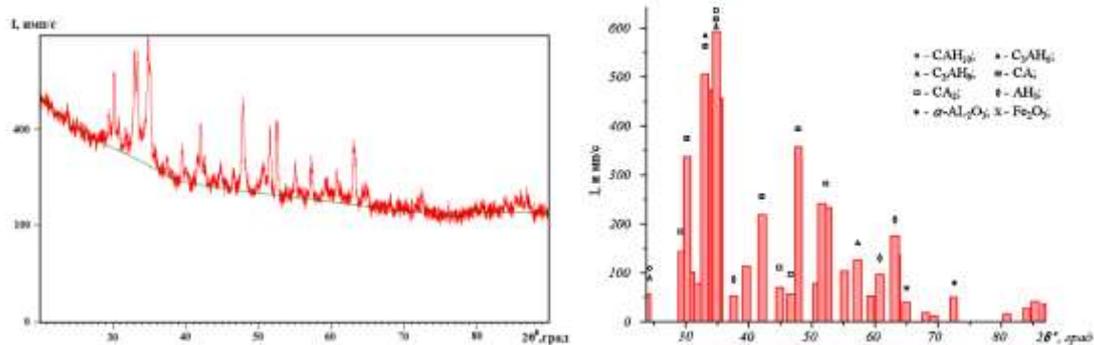


**Рисунок 2. Изменение прочности при сжатии (а) и на растяжение при изгибе (б) мелкозернистого бетона с полипропиленовой фиброй длиной 6, 12 и 18 мм в зависимости от расхода**

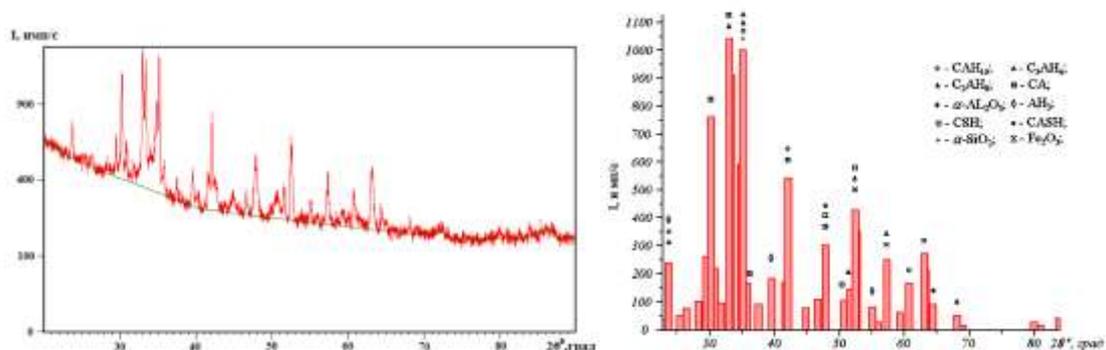
Изучение и сравнение процессов фазообразования в системе «цемент - МЦП» в интервале температур 20 -1100 °С производили на гидратированных смесях обычного цементного вяжущего с В/Ц=0,25 и модифицированного (цемент + МЦП + суперпластификатор) с В/Ц=0,165 при соотношении добавок: МЦП = 18 % от массы многокомпонентного цементного вяжущего (МКВ), СП = 0,8 % от МКВ после 28-и суток твердения на воздухе и после обжига при 1100 °С с выдержкой 3 часа. Дифрактограммы гидратированных обычных и модифицированных цементных вяжущих и их минералогические составы приведены на рис. 3 и 4.

Как показывают результаты исследований комплексное воздействие МЦП и СП на цементную систему выражается в том, что на ранней стадии структурообразования система обретает повышенную вязкость и связность и характеризуется ярко выраженной тиксотропностью, а на поздних стадиях модифицированный цементный камень характеризуется особым качественным химическим составом и особой геометрией структуры,

способствующей достижению модифицированным бетоном высокой прочности, низкой проницаемости и повышенной долговечности.

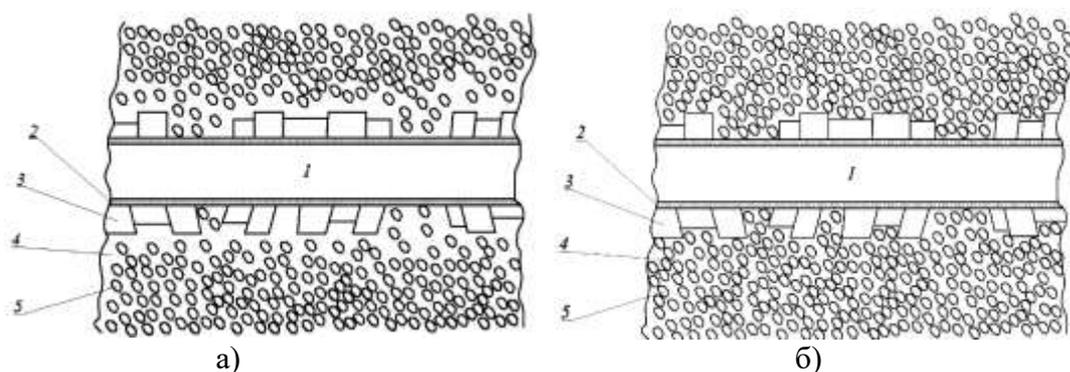


**Рисунок 3. Дифрактограмма и минералогический состав цементного камня из обычного вяжущего (Ц)**



**Рисунок 4. Дифрактограмма и минералогический состав цементного камня из модифицированного вяжущего (Ц+МЦП+СП)**

Особенности формирования и уплотнения контактной зоны «цементный камень-фиброволокно» рассмотрены в сравнении с ранее известным составом с микрокремнезёмом, разработанным и запатентованным Зотовым А.Н. и схематически показана на рис.5.



**Рисунок 5. Контактная зона цементного камня и фиброволокна**  
**1-полипропиленовое фиброволокно; 2-контактная зона; 3-цементная матрица с новообразованиями; 4-пористый слой; 5-цементная матрица**  
**а – известный состав с микрокремнезёмом; б-разработанный состав с МЦП**

Как показано на рис.5 на границе контактной зоны цементной матрицы и фиброволокна в случае использования МЦП происходит существенное уплотнение микроструктуры сопровождающийся одновременным повышением прочности контактной зоны (адгезионной прочности). Такой

положительный эффект во многом связан с особенностью минерального наполнителя, каким является МЦП.

Для разработки нового состава модифицированного мелкозернистого дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном бетона был произведен патентный поиск технической литературы. На основании патентного поиска были отобраны аналоги и прототип разработанного состава и внесены соответствующие качественные и количественные изменения, позволяющие существенно улучшить показатели их эксплуатационных свойств.

Составы фибробетонных смесей по ранее известному -прототипу и новому – по заявке приведены в табл.1.

Таблица 1

Составы фибробетонных смесей по прототипу и заявке

Составы фибробетонной смеси	Соотношение компонентов смеси, масс, %		
	1	2	3
По прототипу			
Портландцемент	21,30	21,50	21,60
Песок	69,60	70,24	70,50
Микрокремнезем МКУ-85	1,86	1,80	1,88
Полипропиленовая фибра ООО «ФибраЛюкс»	0,04	0,09	0,14
Гиперпластификатор Stachement 2061/151.2	0,19	0,39	0,59
Вода	7,01	5,98	5,29
По заявке			
	4	5	6
Портландцемент	21,30	21,50	21,60
Песок	69,60	70,24	70,50
Цеолитсодержащая порода	2,48	2,41	2,42
Полипропиленовая фибра FOX POLFIBER M12	0,04	0,09	0,14
Гиперпластификатор MasterGlenium ACE 430	0,19	0,39	0,59
Вода	6,39	5,37	4,75

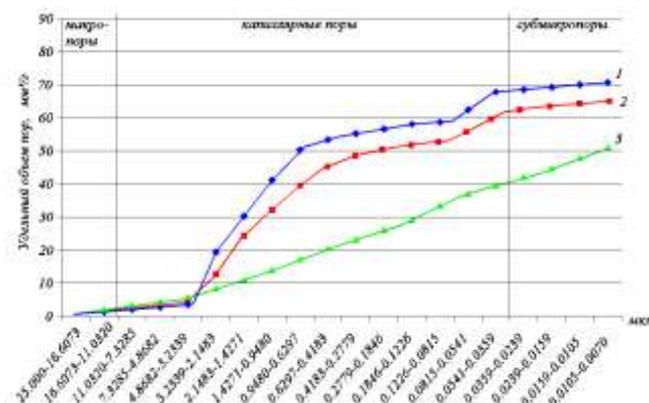
Влияние комплексного применения модифицирующих добавок: цеолитсодержащей породы, суперпластификатора MasterGlenium ACE 430 и полипропиленового волокна FOX POLFIBER M12 на прочность на растяжение при изгибе и морозостойкость бетона в 28-суточном возрасте после нормального твердения в сравнении с прототипом представлено в табл.2.

Анализ полученных результатов, представленных в табл.2 показывает, что введение в состав заявленной фибробетонной смеси вышеуказанных модифицирующих добавок при указанных соотношениях входящих в неё компонентов способствует увеличению прочности на растяжение при изгиб в 28-суточном возрасте после нормального твердения по сравнению с прототипом на 30-38%. Увеличение морозостойкости бетона по заявленному составу фибробетонной смеси по сравнению с составом по прототипу составил 25%.

Прочностные и эксплуатационные показатели фибробетонов

Составы фибробетонной смеси	Предел прочности, МПа		Морозостойкость, цикл
	на сжатие	на растяжение при изгибе	
По прототипу			
1	71,8	7,06	400
2	73,6	7,08	400
3	71,2	6,87	400
По заявке			
4	84,0	9,75	500
5	85,2	9,82	500
6	82,5	8,95	500

По нашему мнению увеличение качественных показателей фибробетона по заявленному составу фибробетонной смеси достигается за счет существенного снижения водопотребности фибробетонной смеси, и как следствие, снижения пористости как цементной матрицы в целом (рис.6), так и контактной зоны в частности, возникновения эффекта расширения структуры способствующей дополнительному уплотнению контактной зоны между цементной матрицей и поверхностью полипропиленового волокна, а также увеличения общей площади контактной зоны за счет изменения геометрической формы поперечного сечения полипропиленового волокна с круглого на квадратный.



**Рисунок 6. Интегральная пористость цементной матрицы фибробетона  
1-контрольный; 2-модифицированный СП; 3-комплексно модифицированный  
(СП+МЦП)**

Оптимизацию состава дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном мелкозернистого бетона производили с использованием метода математического планирования экспериментов путем реализации трёхфакторного плана второго порядка на гиперкубе. После реализации соответствующей матрицы планирования и статистической обработки полученных результатов экспериментов по 20 независимым опытам было получена следующая математическая модель прочности фибробетона при сжатии:

$$R_{сж} = 16,68 + 4,03X_1 + 15,34X_2 + 14,015X_3 - 0,31X_1X_2 + 7,75X_1X_3 - 10,08X_2X_3 - 4,12X_1^2 - 4,86X_2^2 - 6,46X_3^2 ;$$

Как показывает анализ математической модели прочности при сжатии модифицированного цементного камня в выбранном интервале переменных факторов наиболее значимым фактором, влияющим на прочность цементного композита является фактор  $X_3$ , т.е. содержание полипропиленового фиброволокна, вторым по значимости фактором математической модели является фактор  $X_2$ , т.е. содержание минерального наполнителя-МЦП и наименее значимым фактором –  $X_1$ , т.е. содержание суперпластификатора. Также графоаналитическим методом были установлены и оптимальные значения всех 3 переменных факторов, а именно: дозировки суперпластификатора Master Glenium ACE 430 – 0,8 % от массы цементного вяжущего, содержания минерального наполнителя – МЦП – 18 % от массы цементного вяжущего, и содержания полипропиленовой фибры FOX POLFIBER M12 – 0,4 % от массы цементного вяжущего.

Очень важным вопросом при получении качественных мелкозернистых фибробетонных смесей является технология их получения. При этом для равномерного распределения полипропиленового фиброволокна в объёме бетона необходимо проведение специальных исследований. Исследования, проведенные в условиях лаборатории и результаты опытно-производственных работ показали, что при приготовлении малоподвижных и жестких смесей марок (П1 – Ж5) для вибропрессованных изделий полипропиленовое фиброволокно целесообразно вводить в начале перемешивания совместно с другими сухими компонентами мелкозернистой фибробетонной смеси, а при производстве подвижных фибробетонных смесей марок (П2 – П5) полипропиленовое фиброволокно целесообразно вводить в последнюю очередь, т.е. в готовую бетонную смесь с последующим дополнительным перемешиванием.

В четвёртой главе диссертации под названием **“Разработка составов и исследование свойств бетонов с полипропиленовым фиброволокном”** приведены результаты экспериментальных исследований по разработке состава бетона, дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном, исследованию свойств фибробетона, а также разработке технологии изготовления бетона, дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном.

После подбора расчетно-экспериментальным методом базового состава бетона были проведены экспериментальные исследования эксплуатационных свойств бетона, дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном. В ходе экспериментальных исследований все бетонные образцы были изготовлены из равноподвижных бетонных смесей, а расход добавки суперпластификатора Master Glenium ACE 430 соответствовал 0,8 % от массы портландцемента. Расход полипропиленовых фиброволокон был назначен исходя из указанных в технической литературе рекомендаций и составлял: 1,0 кг/м<sup>3</sup>, 1,5 кг/м<sup>3</sup> и 2,0 кг/м<sup>3</sup>. В результате проведенных экспериментальных исследований были определены средняя плотность и прочность при сжатии изготовленных обычных бетонных и фибробетонных образцов (табл.3).

Показатели средней плотности и прочности при сжатии бетонов

Состав №	Вид бетона	Образец №	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Средний показатель прочности, МПа
1	неармированный	1	2390	41,8	41,8
		2	2400	42,0	
		3	2390	41,6	
2	дисперсно-армированный, 1,0 кг/м <sup>3</sup>	1	2400	43,2	43,5
		2	2410	43,4	
		3	2415	43,9	
3	дисперсно-армированный, 1,5 кг/м <sup>3</sup>	1	2420	47,2	47,3
		2	2420	47,5	
		3	2415	47,2	
4	дисперсно-армированный, 2,0 кг/м <sup>3</sup>	1	2420	47,0	48,2
		2	2420	47,1	
		3	2415	47,5	

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что содержание полипропиленового фиброволокна в количестве 1,0 кг (0,11 % по объему), 1,5 кг (0,16 % по объему) и 2,0 кг (0,22 % по объему) на кубометр, несмотря на то, что она является низко модульной, способно привести к повышению прочности бетона при сжатии до 10,1 %.

В соответствии с ГОСТ 29167 производился трехточечный изгиб образцов-балок из фибробетона. При этом контролировался прогиб образцов-балок и прилагаемая на образцы нагрузка. После проведения испытания образцов-балок была построена диаграмма (рис) зависимости прогибов от прилагаемых нагрузок, и далее по полученной диаграмме расчетным путем определяли энергетические и силовые характеристики трещиностойкости: расход энергии на упругое деформирование образца ( $We$ ), как площадь фигуры АСН; на процессы развития и слияния микротрещин до формирования магистральной трещины ( $Wm$ ), как площадь фигуры ОТСА; на локальное статическое деформирование в зоне магистральной трещины ( $Wf$ ), как площадь фигуры НСДК. Кроме этого, по полученной диаграмме был определен модуль упругости и значение прочности на растяжение при изгибе композита.

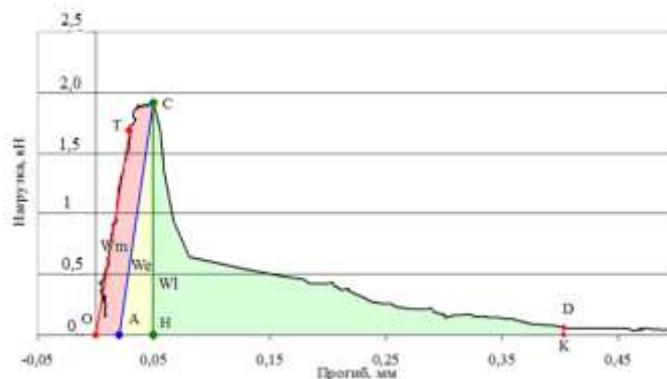


Рисунок 7. Энергозатраты на различные этапы деформирования и разрушения фибробетонного образца

Результаты исследований показали, что наиболее важными характеристиками трещиностойкости фибробетонов являются: условный критический коэффициент интенсивности напряжений ( $K^*c$ ), удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины ( $G^*f$ ), а также удельные энергозатраты на статическое разрушение после начала движения магистральной трещины ( $G^*i$ ). Численные значения характеристик трещиностойкости, подсчитанных по соответствующим формулам ГОСТ 29167.

По полученным экспериментальным данным установлено, что значения прочности на растяжение при изгибе при испытании образцов из дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном бетона практически не отличаются от значений прочности образцов из обычного тяжелого бетона, чего и следовало ожидать в случае применения низко модульных фиброволокон. Вместе с тем повышение показателей  $K^*c$  и  $G^*i$ , характеризующих моменты появления и развития трещин, начинаются лишь при достаточно высоком насыщении матрицы фиброволокнами, когда расстояние между ними заметно сокращается, и эти фиброволокна начинают выполнять роль энергетических барьеров на пути распространения трещин. Таким образом можно утверждать, что дисперсное армирование полипропиленовыми фиброволокнами бетона оказывает существенное влияние на процесс разрушения образцов, которое в отличие от неармированных образцов носит ярко выраженный вязкий, и вследствие этого энергетически затратный характер. На наш взгляд данный эффект проявляется за счет высокого сцепления полипропиленового волокна с цементной матрицей фибробетона, вследствие чего фиброволокно сопротивляется процессу вытягивания из тела матрицы даже и после образования магистральной трещины.

В экспериментальных исследованиях были изучены и такие важные эксплуатационные свойства фибробетона как водонепроницаемость и морозостойкость, результаты которых приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели бетонов по водонепроницаемости и морозостойкости

Состав №	Вид бетона и расход полипропиленового волокна, кг/м <sup>3</sup>	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Марка W	Марка F, циклы
1	неармированный	2395	>W10	F400
2	дисперсно-армированный, 1,0 кг/м <sup>3</sup>	2400	>W20	F500
3	дисперсно-армированный, 1,5 кг/м <sup>3</sup>	2410	>W20	F500
4	дисперсно-армированный, 2,0 кг/м <sup>3</sup>	2415	>W20	F500

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что дисперсное армирование полипропиленовым фиброволокном бетона, за счет разнонаправленного равномерного распределения фибр в объеме

микроструктуры, усиливает структуру матрицы композита и увеличивает в ней количество замкнутых пор, что бесспорно приводит к существенному повышению водонепроницаемости (в 2 раза) и морозостойкости (на 25%) композита.

В пятой главе диссертации **“Опытно-производственное внедрение результатов исследования”** приведены результаты опытно-производственной апробации разработанного состава и технологии получения бетонов дисперсно-армированных полипропиленовой фиброй, обоснование технико-экономической эффективности практического применения разработанного состава и технологии получения фибробетона в строительстве, а также изложены перспективы их использования в различных отраслях строительства.

Результаты исследований по диссертационной работе были приняты за основу при проведении опытно-производственных работ на предприятии ООО «NO‘KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI». На основании экспериментальных работ, проведенных в заводской лаборатории предприятия был разработан и утвержден «Технологический регламент на производство модифицированных мелкозернистых фибробетонных смесей с использованием полипропиленовой фибры для дорожных изделий». В период с 1 мая по 25 сентября 2024г. согласно разработанному технологическому регламенту на предприятии ООО “NO‘KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI” была изготовлена опытная партия тротуарной плитки в объеме 5000 м<sup>2</sup> и бордюрных камней в количестве 4000 шт.

В результате опытно-производственного внедрения разработок на предприятии ООО “NO‘KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI” был получен экономический эффект, который составил – 442,2 тыс. сум на 100 м<sup>2</sup> для производства тротуарной плитки и 3976,0 тыс. сум на 1000 шт. бордюрных камней (в ценах 2024 года) за счет снижения расхода цемента и энергетических затрат.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании полученных результатов комплекса экспериментально-теоретических исследований по докторской (PhD) диссертации на тему: «Бетон дисперсно-армированный полипропиленовой фиброй с улучшенными эксплуатационными свойствами» были сформулированы следующие выводы:

1. Выявлены особенности и закономерности совместного воздействия цеолитсодержащей породы, суперпластификатора MasterGlenium ACE 430 и полипропиленовой фибры FOX POLFIBER M12 на формирование структуры модифицированного цементного камня и установлены влияния этих компонентов на показатели технологических, физико-механических и эксплуатационных свойств дисперсно-армированных полипропиленовой фиброй модифицированных бетонов.

2. Установлено, что комплексная модификация мелкозернистого бетона цеолитсодержащей породой, суперпластификатором MasterGlenium ACE 430 и полипропиленовой фиброй FOX POLFIBER M12 в оптимальных дозировках

позволяет увеличить седиментационную устойчивость цементной системы, регулировать технологические свойства смеси и значительно повысить прочностные, деформационные и эксплуатационные показатели модифицированного мелкозернистого бетона.

3. Выявлено, что фактический прогиб до разрушения образцов-балочек из дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном модифицированного мелкозернистого бетона значительно превышает аналогичные показатели обычного мелкозернистого бетона контрольного состава, которое составляет: в 1,85 раза, при этом значение трещиностойкости модифицированного мелкозернистого фибробетона увеличились в 1,9 раза.

4. Дисперсное армирование полипропиленовым фиброволокном модифицированного тяжелого бетона в количестве 1,0, 1,5 и 2,0 кг/м<sup>3</sup>, несмотря на то что оно является низко модульной, позволяет достичь повышения прочности при сжатии композита до 10,1%. Введение полипропиленового фиброволокна в состав модифицированного тяжелого бетона при расходе фибры, превышающем 2 кг/м<sup>3</sup>, приводит к некоторому понижению прочности при сжатии композита.

5. На основе математических моделей предела прочности на сжатие матрицы дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном модифицированного мелкозернистого бетона были установлены следующие оптимальные значения рецептурных факторов: дозировка суперпластификатора MasterGlenium ACE 430 – 0,8 % от массы цементного вяжущего, содержание минерального наполнителя – МЦП – 18 % от массы цементного вяжущего и содержание полипропиленовой фибры FOX POLFIBER M12 – 0,4 % от массы цементного вяжущего.

6. Установлено, что дисперсное армирование полипропиленовым фиброволокном тяжелого бетона позволяет повысить водонепроницаемость композита, а именно: при введении полипропиленового фиброволокна в количествах, равном 1,5 и 2,0 кг/м<sup>3</sup> проникновение воды в образцы уменьшается до 1,3 и 1,0 см соответственно.

7. Выявлено, что дисперсное армирование полипропиленовым фиброволокном, за счет разнонаправленного равномерного распределения фибр в объёме микроструктуры, усиливает структуру матрицы фибробетона и увеличивает в ней количество замкнутых пор, что в итоге благоприятно влияет на морозостойкость композита и существенно увеличивает количество циклов замораживания-оттаивания в среднем на 25%.

8. Выполнено опытно-производственное внедрение результатов исследований на предприятии ООО «NO'KIS TEMIR BETON BUYUMLARI ZAVODI» при изготовлении опытных партий дорожных изделий: тротуарной плитки и бордюрных камней. Экономический эффект от использования разработанного состава дисперсно-армированного полипропиленовым фиброволокном модифицированного мелкозернистого бетона при изготовлении тротуарной плитки объёмом 5000 м<sup>2</sup> при толщине плитки 60 мм составил 22,11 млн.сум, а экономический эффект при изготовлении бордюрных камней марки БР100.30.18 объёмом 4000 шт составил 15,904

млн.сум.

*Автор выражает огромную благодарность своему научному руководителю д.т.н., профессору **И.М.Махаматалиеву** за постановку темы диссертации, ценные консультации и оказанную помощь при выполнении исследования, обсуждении и внедрении результатов.*

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

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**MUMINOV RAVSHAN BAKHRAMOVICH**

**DISPERSION-REINFORCED CONCRETE WITH POLYPROPYLENE  
FIBER WITH IMPROVED PERFORMANCE PROPERTIES**

**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 B2025.1.PhD/T5486.**

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](http://www.tstu.uz)) and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Makhamataliev Irkin Muminovich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Khasanov Bakhrudin Baratovich</b> doctor of technical sciences, professor
	<b>Shakirov Tuygunjon Turgunovich</b> candidate of Technical Sciences, Professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Fergana State Technical University</b>

The defense will be take place on «20» december 2025 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.04 at Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto: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'lhilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan,1. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on «09» december 2025 year.  
(mailingrecort № 26 on «09» december 2025 year.).

**A.I. Adilkhodjayev**  
Chairman of Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

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

**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** development of compositions and technology for obtaining modified concretes with improved operational properties, dispersed-reinforced polypropylene fiber.

### **Tasks of the research:**

studying and analyzing the experience of using dispersed reinforced concrete with polypropylene fiber in the construction of facilities for various purposes and determining ways to further improve their operational properties;

determination of the features of the structure formation of dispersed reinforced concrete with polypropylene fiber and the regularities of the influence of mineral fillers, chemical additives, and polypropylene fiber on the technological, physical-mechanical, and operational properties of the composite;

development of compositions and improvement of the technology of fine-grained and ordinary concretes modified with polypropylene fiber, characterized by improved operational properties;

development of a technological regulation for the production of modified fine-grained concrete with polypropylene fiber, characterized by improved operational properties;

implementation of pilot-industrial testing of scientific developments created based on the results of dissertation research;

substantiation of the technical and economic efficiency of the practical use of concretes with dispersed reinforcement with polypropylene fiber and determination of the most effective areas of their application.

**The object of the study is** modified fine-grained and ordinary concretes, dispersed reinforced with polypropylene fiber.

### **The scientific novelty of the study is as follows:**

the regularities of the influence of various modifiers and the parameters of the dispersed-fiber filler on the formation of the structure, the curing process, and the physical-mechanical and operational properties of fine-grained and ordinary fibroconcrete reinforced with polypropylene fiber were determined;

the features of the formation of the structure of modified fine-grained fibroconcrete, dispersed reinforced with polypropylene fiber, are shown;

an optimized composition of modified fine-grained fibroconcrete, dispersed reinforced with polypropylene fiber, has been developed according to the compressive strength limit;

it has been established that the dispersed reinforcement of concrete with polypropylene fiber leads to an increase in the number of closed pores, which leads to a micro-level structuring of the cement matrix and an improvement in its operational properties due to its uniform distribution throughout the volume.

**The subject of the study** the composition, properties, and production technology of modified fine-grained and ordinary concretes, dispersely reinforced with polypropylene fiber, have been adopted.

**Research methods.** The research used standardized methods for determining the quality indicators of cement binder and complex modified fiber concretes based

on it using modern equipment, modern methods of physicochemical analysis, as well as methods of mathematical planning of experiments and statistical methods for analyzing and processing the results of experimental studies when optimizing the compositions and technological parameters of modified fiber concretes.

**Implementation of research results.** Based on the results of scientific research on the development of compositions and technology for obtaining modified dispersed-reinforced polypropylene concretes with improved operational properties:

The composition and technology of modified fine-grained fibroconcrete with dispersed-reinforced polypropylene fiber were introduced into production at the "Nukus Reinforced Concrete Products Plant" LLC (certificate of the "Uzpromstroyaterialy" association No. 04/15-3511 dated November 18, 2024). In this case, an experimental batch of pavement tiles with a volume of 5000 m<sup>2</sup> was produced. As a result of the production of sidewalk tiles, an economic effect of 22.11 million soums was obtained;

The composition and technology of modified heavy concrete with a coarse aggregate made of dispersed-reinforced polypropylene fiber have been introduced into production at the "Nukus Reinforced Concrete Products Plant" LLC (certificate of the "Uzpromstroyaterialy" association No. 04/15-3511 dated November 18, 2024). At the same time, an experimental batch of 4000 pieces of curb stones was manufactured. As a result of the production of curb stones, an economic effect of 15.904 million soums was obtained.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, 5 chapters, general conclusions, a conclusion, a list of references of 170 titles, and appendices. The work is presented on 103 pages of typed text.

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

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Махаматалиев И.М., Муминов Р.В., Худойбердиев А.А. Kompleks modifikatsiyalangan mayda donador bazaltfibrobetonning zarbga chidamliligi haqida // “Me'morchilik va qurilish muammolari” ilmiy-texnik jurnal, SamDAQI, 2025, №2. – 159-161 b. (05.00.00; №14).

2. Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Муминов Р.Б., Ярашев Ш.О. Эксплуатационные свойства фибробетона дисперсно-армированного фиброволокном FOX POLFIBER M12 компании BASF // Журнал “Проблемы архитектуры и строительства” // СамГАСУ, 2024, №2. – с. 154-157. (05.00.00; №14).

3. Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Муминов Р.Б., Мухаммадиев Н.Р. О новом составе модифицированного дисперсно-армированного мелкозернистого бетона // Журнал “Проблемы архитектуры и строительства” // СамГАСУ, 2024, №2. - с. 166-169. (05.00.00; №14).

4. Makhamataliev I.M., Ilyasov A.T., Muminov R.B., Khudoyberdiev A.A., Uzakov Sh.A. On the complex effect of zeolite-containing rock and superplasticizer master glenium ace 430 on the microstructure of fine gained fiber –reinforced concrete with polypropylene fiber // Science and Education in Karakalpakstan / ISSN 2181-9203, Nukus, 2024, №4/2. -p. 303-307. (05.00.00; №27).

5. Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Муминов Р.Б., Ярашев Ш.О. О прочностных характеристиках фибробетона дисперсно-армированного фиброволокном FOX POLFIBER M12 компании BASF // “Arxitektura, qurilish va dizayn ilmiy-amaliy jurnali” // ТАҚУ, 2024, №2. -с. 242-246. (05.00.00; №4).

6. Махаматалиев И.М., Ильясов А.Т., Муминов Р.Б., Худойбердиев А.А., Узакон Ш.А. О трещиностойкости модифицированного фибробетона с полипропиленовой фиброй на основе цементного вяжущего // “Arxitektura, qurilish va dizayn ilmiy-amaliy jurnali” /ТАҚУ, 2024, №3. -с. 500-504. (05.00.00; №4).

7. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Б., Мухаммадиев Н.Р. О технологии получения комплексно-модифицированных мелкозернистых фибробетонных смесей дисперсноармированных // “Arxitektura, qurilish va dizayn ilmiy-amaliy jurnali” №2 2024 yil, 154-157 b. (05.00.00; №12).

8. Makhamataliev I.M., Muminov R.B., Khudoyberdiev A.A., Uzakov Sh.A. Features of formation of the microstructure of fine-grained fiber-reinforced concrete with polypropylene fiber based on a multicomponent binder // Journal of Metallurgical and Materials Engineering Research (JMMER) // ISSN (Print):

Applied; ISSN (Online): Applied Vol. 14, Issue 2; Dec 2024, p.1-6. (Осиё мамлакатлари нашрлари, 05.00.00; №36).

9. Muxamataliyev I., Muxammadiyev N.R., Muminov R.B., Xudoyerov A.A., Uzakov Sh.A., Ilyasov A.T., Jumabaev D.M. Optimal design of the composition of a composite binding agent of a dry construction mixture and a mortar based on it by the method of mathematical planning of experiments // "Theoretical & Applied Science" International Scientific Journal 2025 yil, 134-140 b. (ОАК 3-bet, №35, CrossRef).

10. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Б., Узаков Ш.А. Оптимизация состава дисперсно-армированного полипропиленовым волокном мелкозернистого бетона // Journal Engineer. ISSN: 3030-3893 // Tashkent state transport university, 2025, Special Issue. -p. 14-17.

### **II bo'lim (II часть; II part)**

11. Махаматалиев И.М., Илясов А.Т., Муминов Р.Б., Ярасhev Ш.О., Аuezbaev R.M. Polipropilen fibralli betonning suv o'tkazmasligini retsepturaga oid omillarga bog'liq ravishda avtomatlashtirilgan xisoblash dasturi // O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi. Elektron xisoblash maxsulotlari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi Guvohnoma № DGU 43401 (01.11.2024 y.).

12. Ilyasov A.T., Muminov R.B., Махаматалиев И.М., Ярасhev Ш.О., Taxirjanov N.K., Ismailova A.S. Polipropilen fibralli betonning muzlashga chidamliligini retsepturaga oid omillarga bog'liq ravishda avtomatlashtirilgan hisoblash dasturi // O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi. Elektron hisoblash mahsulotlari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi Guvohnoma № DGU 43399 (01.11.2024 y.).

13. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Б. О химических добавках для бетона нового поколения от компании BASF // Сб. научн. тр. Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» (5-6 декабря), ТаШИИТ-Ташкент, 2012.- с. 165-166.

14. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Б., Цой В.М. О новой технологии высокопрочных бетонов на местных материалах с использованием добавки GLENIUMSKI 504 // Материалы международной научно-технической конференции «Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механики грунтов и сложных реологических систем» (19-20 апреля 2013), СамГАСИ -Самарканд, 2013- с. 97-99.

15. Махаматалиев И.М., Муминов Р.Б., Мухаммадиев Н.Р., Рuzmetov F.Sh., Ilyasov A.T. Mayda donador betonlarning bir martalik impulsli ta'sirlarda dinamik mustaxkamligi haqida // «Mahalliy xom-ashyolar asosida innovatsion qurilish materiallarini ishlab chiqarish» Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman maqolalari to'plami (15-16 oktyabr 2024) -Toshkent, TAQU, 2013. - 278-283 b.

Avtoreferat «ToshDTU xabarlari» ilmiy-texnik jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o'zaro muvofiqlashtirildi.

---

Qog'oz bichimi 60x84-1/16. Rizograf bosma usuli Times garniturasida  
Shartli bosma tabog'i: 3 b.t. Adadi: 60 nusxa. Buyurtma № 43-23/2025  
Nashrga ruxsat etildi: 06.11.2025 y.

Toshkent davlat transport universiteti bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lchilar ko'chasi, 1-uy.





