

**TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA
UNIVERSITETI HUZURIDAGI TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA
ILMIY DARAJASINI BERUVCHI PhD.22/01.02.2022.T.144.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA UNIVERSITETI

RAZMUXAMEDOV DANIYARBEK DJAHANGIROVICH

**KOMPOZIT MATERIALLARDAN TUZILISH ELEMENTLARINING
KUCHLANGANLIK HOLATINI MATEMATIK MODELLASH**

**05.09.01– Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.01.07 - Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmuyi**

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

Toshkent – 2023

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

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
потехническим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
intechnical sciences**

Razmuhamedov Daniyarbek Djahangirovich

Композит materiallardan tuzilish elementlarining kuchlanganlik holatini matematik modellash..... 3

Размухамедов Даниярбек Джахангирович

Математическое моделирование напряженного состояния элементов конструкций из композиционных материалов..... 20

Razmukhamedov Daniyarbek Djahangirovich

Mathematical modeling of the stress state of structural elements from composite materials..... 41

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of publications..... 45

**TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA
UNIVERSITETI HUZURIDAGI TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA
ILMIY DARAJASINI BERUVCHI PhD.22/01.02.2022.T.144.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT SHAHRIDAGI TURIN POLITEXNIKA UNIVERSITETI

RAZMUXAMEDOV DANİYARBEK DJAHANGIROVICH

**KOMPOZIT MATERIALLARDAN TUZILISH ELEMENTLARINING
KUCHLANGANLIK HOLATINI MATEMATIK MODELLASH**

**05.09.01– Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.01.07 - Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmuyi**

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

Toshkent –2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida 2021.1.PhD / T2142-raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent shahridagi Turin politexnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek,rus, ingliz(resume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tpu.uz) hamda « Ziyonet» axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbarlar:

Po'latov Asxad Muxamedjanovich
fizika-matematika fanlari doktori, professor
Abdullayev Farhad Baxramovich
matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori(PhD)

Rasmiy opponentlar:

Nazirova Elmira Shodmonovna
texnika fanlari doktori, professor
Xotamov Asadulla Toshtemirovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

M.T.O'rozboyev nomidagi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti huzuridagi PhD.22/01.02.2022.T.144.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «12» yanvar soat 10⁰⁰dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent sh., ko'chasi, Kichik xalqa yo'li, 17. Tel.: (+99871) 246-80-51; faks: (+99871) 246-80-52; e-mail: info@polito.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№_____ raqam bilan ro'yxatgaolingan). (Manzil: 100095, Toshkent sh. Kichik xalqa yo'li, 17. Tel.: (+99871) 246-80-51)

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «26» dekabr kuni tarqatildi.
(2023 yil «26» dekabrdagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).

J.Sh.Inoyatxodjayev
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiykengashraisi, texnika fanlari
doktori, professor

T.R.Pulatov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
ilmiy kotibi, texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent

S.M.Usmanov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika
fanlari doktori

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Butun dunyoda tolali temir-beton ishlab chiqarishda kompozitsion materiallarning fizik-mexanik xossalari matematik bog‘liqliklar ko‘rinishida ifodalash zarurati tufayli qurilish texnologiyalarining rivojlanish darajasini yaratish va modernizatsiya qilishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Shu bilan birga, ushbu ko‘rsatkichni kompozit materiallarning ichki tuzilishini va berilgan sharoitlarda ishlaydigan tashqi omillarni hisobga olgan holda aniqlash muhimdir. Shu munosabat bilan bazalt tolasini sement matritsasiga kiritishning samarali usulini aniqlash, betonning fizik-mexanik xususiyatlariga ta’sirini baholash, yuk ko‘tarish qobiliyati, yaxlitligi va issiqlik izolyatsiyasi qobiliyatini yo‘qotishning chegara ko‘rsatkichlarini aniqlashning asosiy muammolarini hal qilish REI, favqulodda vaziyatlarda xavfsizlik va yong‘inga chidamlilik kabi bir qator muhim ko‘rsatkichlarga rioya qilish uchun tobora dolzarb bo‘lib bormoqda.

Bazalt tolasidan foydalangan holda turli qurilish materiallarining matritsalarini optimallashtirish va yangilashga qaratilgan muhim ilmiy izlanishlar qo‘shimcha mustahkamlash va u bilan bog‘liq ishlarni bartaraf etish maqsadida yuqqa devorli yassi va kavisli konstruksiyalarda, zarbaga chidamli va bukiluvchan konstruksiyalarni ishlab chiqarishda samarali foydalanishga qaratilgan. Shu nuqtayi nazardan, beton ishlab chiqarish texnologiyasini boshqarish tizimlarining elementlari va uning tuzilishi va xususiyatlarini tartibga solishga imkon beradigan strukturaviy simulyatsiya modellashtirishga asoslangan operatsion ishonchligini oshirishning asosiy vositalari ularning, samaradorligi uchun katta ahamiyatga ega. Shuningdek, dastlabki strukturaviy tadqiqotlar davomida aniqlangan parametrlarni hisobga olgan holda matematik fizika va elastiklik nazariyasi tenglamalaridan foydalangan holda dastlabki takrorlash imkoniyati, materialning tuzilishini yanada realroq aks ettirishga yordam beradi va turli xil tashqi va ichki ta’sirlar tizimli reaksiyalarga tizim javoblarini olish imkoniyatini beradi.

Katta o‘zgarishlar davrida kompozit materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini ularning ichki tuzilishiga va strukturalarning ma’lum ish sharoitida ishlaydigan tashqi omillarga matematik bog‘liqlik ko‘rinishida yaxshilash eng muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda. Nisbatan yuqori haroratlarda mustahkamlik xossalari kuchaygan energiya tejamkor va ekologik toza qurilish materiallarining yangi turlarini ishlab chiqish va joriy etish. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining «2022-2026-yillarda Yangi O‘zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida» gi farmoniga ko‘ra, «...milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirish, ... energiya va ishlab chiqarish quvvatlarini qisqartirish zarur iqtisodiyotning resurs intensivligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni ishlab chiqarishga keng joriy etish, energiya samaradorligini oshirish loyihalarini moliyalashtirish¹» Ushbu vazifalarni bajarishda kompozitsion materiallardan tayyorlangan konstruksiya elementlarining kuchlanish holatini matematik modellashtirish usullaridan foydalangan holda yong‘in va mexanik xavfsizlik talablariga javob beradigan temir-beton kompozitsiyalarni yaratish ustuvor vazifalar etib belgilangan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “Yangi O‘zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son

¹Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

Farmonlarida belgilangan vazifalarni bajarishga ma'lum darajada xizmat qilmoqda. 2020-yil 27-noyabrda PF-6119-son "2021-2025-yillarda O'zbekiston Respublikasi qurilish sanoatini modernizatsiya qilish, jadal va innovatsion rivojlantirish", O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-maydagi PQ-4335-son qarori "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorlari hamda mazkur sohaga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlari «Axborot va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish», «Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Kompozit materiallardan tayyorlangan konstruktiv elementlarning kuchlanish holatini matematik modellashtirishning dolzarb masalalarini o'rganishga bag'ishlangan ilmiy-texnikaviy adabiyotlar tahlili bu borada katta nazariy va amaliy natijalarga erishilganligini ko'rsatadi.

Chet el va mahalliy ilmiy, shuningdek, PUC-Rio (Rio-de-Janeyro) Tecgraf texnik-ilmiy dasturiy ta'minotni ishlab chiqish instituti; Koimbra (Portugaliya), Xalqaro Iberian nanotexnologiya laboratoriyasi (Braga, Portugaliya), Gonkong universiteti (Gonkong), Kaliforniya universiteti (AQSh), Peter-Grunberg instituti (Germaniya), Federal universitetlarning ushbu sohada raqamli modellashtirish usullarini qo'llash campine grande universiteti (Braziliya), Kembrij universiteti (Angliya), Karlos Chagas instituti (Kuritiba), Sianshiyou universiteti (Shansi, Xitoy), Rossiya transport universitetida, Moskva davlat qurilish universitetida, Buyuk Pyotr Sankt-Peterburg Politehnika Universiteti (Rossiya), Davlat yong'in xavfsizligi akademiyasida (Rossiya), Rossiya Favqulodda vaziyatlar vazirligining Fuqaro muhofazasi akademiyasida (Rossiya), Yong'in xavfsizligi va favqulodda vaziyatlar ilmiy-tadqiqot institutida. O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi, Toshkent davlat transport universitetida, Mirzo-Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi akademik A.S.Sodiqova nomidagi Biorganik kimyo institutida kabi oliy o'quv yurtlari dispers betonni mustahkamlash usullarini takomillashtirishga katta hissa qo'shdilar.

Ko'pgina chet ellik olimlar xavfsizlikni ta'minlash, favqulodda vaziyatlarda yong'inga chidamlilik, umumiy ishlab chiqarishni rivojlantirish maqsadida ushbu materialning kuchlanish holatini va ishlab chiqarish jarayonlariga qo'llanilishini aniqlash uchun matematik modellashtirish usullaridan foydalangan holda tolali temir-betonning takomillashtirilgan kompozitsiyalarini yaratishga katta hissa qo'shdilar. Shu bilan birga, V.I.Solomatov, I.N.Axverdov, Yu.M.Bazhenov, V.G.Batratov, A.M. Krasnov, M.V. Ananina, D.V.Flegontov, I.I. Polevod, S.V. Shirobokov va boshqalar.

Bu borada mamlakatimiz olimlari ham ish olib bormoqda, jumladan, X.M. Akramov², A.I. Odilxo'jaev³, I.A. Qadirov⁴, T.R.Rashidov⁵ va boshqalar.

²Акрамов Х.М. Показатели пожаро-взрывоопасности веществ и материалов «Молодежь и XXI век». Курск, 2018. 8-11 с.

³Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов / Научно-технический вестник Брянского государственного университета, №3, 2018.- 312-320 с.

Shu bilan birga, beton matritsada mustahkamlovchi plombalarning amaliy qo'llanilishini tahlil qilish natijasida ma'lum bo'ldiki, dispers tolali material, ya'ni bazalt tolasi bilan mustahkamlanganda, tolali temir-beton yuk ko'tarishni ta'minlaydigan fizik-mexanik xususiyatlarga quvvati, yaxlitligi va issiqlik izolyatsiyalash parametrlari yong'in sharoitida harorat ta'sirida, strukturaviy elementlarga ega bo'la boshlaydi.

Shu munosabat bilan, dispers plomba bilan mustahkamlash dizaynning nazariy asoslarini ishlab chiqishni, kuchlanish holatining sxematik echimini va har xil turdagi armatura bilan tolali temir-beton konstruksiyalar elementlarini deformatsiya qilish jarayonining turli raqamli modellarini hisoblashni, xavfsizlik va yong'inga chidamlilik ko'rsatkichlarini oshirish. Tahlil qilingan ilmiy ishlarga asoslanib, raqamli modellashtirish usullaridan foydalanish, yuqori harorat ta'sirida favqulodda vaziyatlarda zamonaviy fizik-mexanik va fizik-kimyoviy parametrlarga, ishonchlilik parametrlariga ega bo'lgan takomillashtirilgan kompozitsion materialni yaratish zarurligini alohida ta'kidlash kerak.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi: Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent shahridagi Turin politexnika universitetining quyidagi "SAFERSCHOOL" loyihasida (2019-2020) aks ettirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari doirasidagi amaliy loyihasi hamda M.Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti FZ-201908098 «Kaolinlarni temir oksididan tozalash» (2021-2022) mavzusidagi tadqiqot ishlari rejasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi: chekli elementlar usuli asosida kompozit materiallardan yasalgan konstruksiyalarni fizik chiziqli bo'lgan deformatsiyalarining ikki o'lchovli masalalarini yechishning raqamli modelini ishlab chiqish, beton matritsadagi bazalt tolasi va uning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari va yong'inga chidamliligini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

sonli elementlar usuli asosida tanlash, takomillashtirish va amalga oshirish nazariyasi va amaliyotining hozirgi holatini tahlil qilish;

kompozitsion materiallardan konstruksiya elementlarini deformatsiyalash masalalarini yechishning raqamli modeli;

dispers armaturali beton konstruksiyalar elementlarining kuchlanish holatini aniqlash bo'yicha hisoblash tajribalarini o'tkazish uchun dasturiy majmuani ishlab chiqish;

bazalt tolali temir-betonning fizik-mexanik xususiyatlariga dispers plomba moddasining ta'sirini tadqiq qilish va baholash va uning strukturasi shakllantirish xususiyatlarini aniqlash;

bazalt tolali temir-betonning optimallashtirilgan tarkibi tuzilishiga yuqori haroratning (500°C, 600°C, 700°C, 900°C, 1100°C) ta'sirini turli miqyosda tadqiq qilish va baholash;

temir-beton konstruksiyalarning yong'in ta'sirida qolgan yuk ko'tarish qobiliyatining qiymatini aniqlash uchun bazalt tolali temir-betonning optimallashtirilgan tarkibini ishlab chiqish va amaliy qo'llash.

⁴Кадиров И.А., Адилходжаев А.И., Умаров К.С. О влиянии цеолитсодержащего наполнителя (натролит) на свойства цементного вяжущего // Вестник ТашИИТ №2, 2020 г. С.20-27.

⁵Рашидов Т.Р., Юлдашев Т. Современные проблемы прочности, пластичности и устойчивости / Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии, №8 т.8., 2015 г. -272-277 с.

Tadqiqotning obyekti: sifatida dispers armatura bilan tolali temir-beton konstruksiyalarning deformatsiyalanishining statik jarayonlari belgilangan.

Tadqiqot predmeti: mexanik ta'sirlar ostida dispers material bilan mustahkamlangan tolali temir-beton konstruksiyalar elementlarini deformatsiyalashning ajralmas vazifalari, shuningdek, bazalt tolali temir-betonning issiqlikka chidamliligi va harorat ta'sirida uning fizik-mexanik xususiyatlari yuqori bo'lgan konstruksiyasini tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari: Tadqiqot jarayonida fizik-kimyoviy analiz usullari, matematik va sonli modellashtirish usullari, matematik fizika usullari, hisoblash matematikasi va issiqlik fizikasidan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ko'rib chiqilayotgan kompozitsion materialning fizik-mexanik ko'rsatkichlarini oshiradigan yuqori mustahkamlikdagi sement-betonni olish uchun bazalt tolasini standart beton matritsasi bilan aralashmada mustahkamlovchi material sifatida qo'llanilishi aniqlangan;

aniqlangan beton aralashmasining hajmidan 4% gacha bo'lgan hajmli tarkibida dispers mustahkamlovchi materialning beton matritsada hajmli tarkibiga ta'sir qilish mexanizmi, bu strukturani yaxshilash orqali fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarning oshish va g'ovaklikni kamaytirilishi aniqlangan;

turli miqyosdagi tolali temir-beton strukturasi tahlil qilish va o'rganish asosida beton bog'lovchining kompozit mineral komponenti sifatida bazalt tolasini kiritish yuk ko'tarish qobiliyatini yo'qotish uchun chegara ko'rsatkichlarini ta'minlanishini oshirish va yong'in sharoitida REI ning yaxlitligi va issiqlik izolyatsiyasi qobiliyatini ta'minlashi aniqlangan.

kompozit materiallardan yasalgan konstruksiya elementlarini deformatsiyalash masalalarini chekli elementlar usuli yordamida yechish algoritmlari ishlab chiqilgan bo'lib, bu kompozit materialning mexanik parametrlarini qisqa vaqt ichida hisoblash imkonini beradi, bu esa tanlangan hisoblash usuli takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

murakkab konfiguratsiyali maydonlarning chekli elementlar to'rini qurish jarayonini avtomatlashtirish va kompozitsion materialdan konstruktiv elementlarni hisoblashning raqamli natijalarini vizualizatsiya qilish uchun model qurilgan;

dispers materialning hajmli tarkibining kompozitning mexanik xususiyatlariga ta'siri bilan bog'liq naqshlarni o'rganishda matematik modelning yetarliligi va ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot to'plamining ishonchliligi tasdiqlangan;

deformatsiya muammolarini hal qilish uchun dasturiy ta'minot to'plami ishlab chiqilgan va joriy etilgan;

yong'inga chidamlilik ko'rsatkichlarini aniqlash, shuningdek, favqulodda vaziyatlarda kompozit materialdan foydalanish imkoniyatini aniqlash bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan;

favqulodda vaziyatlarda xavfsizlik va yong'inga chidamliligini ta'minlash uchun mahalliy ishlab chiqarilgan dispers materialga mustahkamlash bilan beton aralashmaning matritsasi yaxshilanganlik ko'rsatkichlari aniqlashtirilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Muammoni o'rganishda ilmiy tamoyillar va tavsiyalar asosida ishlab chiqilgan tadqiqot natijalarining ishonchliligi eksperimental ma'lumotlarni statistik qayta ishlashda zamonaviy nazariyalardan foydalangan holda qurilish materiallarishunosligi sohasidagi zamonaviy ilmiy-amaliy usullar bilan, shuningdek, amaliyotda olingan nazariy tadqiqotlar natijalarining bir-biriga yaqinlashishi bilan tasdiqlanganligi; favqulodda vaziyatlarga yaqinligi hamda

olingan natijalar vakolatli davlat tashkilotlari tomonidan tasdiqlangani bilan izohlanadi.

Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati nazariy umumlashtirish asosida olingan ma'lumotlardan foydalanish va davlat muassasalarining ilmiy laboratoriyalarida olingan eksperimental ma'lumotlarni tahlil qilish uchun ilmiy asoslarni takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati kompozitsion materialning fizik-mexanik va fizik-kimyoviy parametrlarini aniqlash usullarini ishlab chiqish, matematik modellashtirish nazariyasiga, materialshunoslikka, energiya resurslarini tejashga hissa qo'shish, o'rganilayotgan kompozit materialdan favqulodda vaziyatlarda foydalanish mumkinligi bilan belgilanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Kompozit materiallardan tayyorlangan konstruktiv elementlarning kuchlanish holatini matematik modellashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar amalda tadbiq etildi:

O'zbekiston Respublikasi FVVXYoXIda har xil turdagi konstruksiyalarga mo'ljallangan kompozit materiallardan tolali temir-betonning ishlab chiqilgan ixtisoslashtirilgan tarkibi joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi akademiyasining 06.08.2022 yildagi №36/3-1374-son ma'lumotnomasi olingan). Ishning texnik-iqtisodiy samaradorligi kompozitsion materiallarning mexanik xususiyatlarini oshirish, konstruktorlik ishlari va dala sinovlarini o'tkazish uchun xarajatlar va muddatlarni kamaytirishga erishilgan;

O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi davlat yong'in nazoratini tashkil etish bosh boshqarmasi 2023 yil 3 apreldagi 38/2-292-son ma'lumotnomasi olingan. Yong'in sharoitida harorat ta'sirida mustahkamligini saqlash va issiqlik izolyatsion parametrlarini yuqori natijalarga oshirgan bazalt tolasi bilan standart beton matritsani dispers mustahkamlash asosida beton aralashmaning kompozit tarkibli materiallar olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Armirlangan dispers bazalt fibra matrisali standart beton asosida yengin sharoitida temperatura ta'sirida uzining butunligini va issiqlik utkazuvchanligini yo'qotmaydigan kompazitsion tarkibli materiallar olish texnologiyasi ishlab chiq2wfdildi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Ushbu tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ish, shundan 8 ta ilmiy maqola, jumladan, xorijiy jurnallarda 4 ta maqola, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan asosiy ilmiy maqola chop etish uchun tavsiya etilgan 5 ta maqola respublika jurnallarida, doktorlik dissertatsiya natijalari, xalqaro va respublika konferensiyalarida chop etilgan. 2 ta tezis, shu jumladan, hisob-kitob dasturiy mahsulotlarini ishlab chiqish uchun 3 ta sertifikat.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 4 bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 123 betni tashkil etadi.

DISSERTASINING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, shuningdek obykti va predmetini belgilaydi, tadqiqotning fan

va texnika rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligini belgilaydi. O'zbekiston Respublikasi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalarini hamda tadqiqot natijalarini ilmiy-tadqiqot institutlari va o'quv jarayonlariga joriy etishni belgilaydi, dissertatsiya mavzusi bo'yicha tadqiqot natijalari va nashr etilgan ilmiy ishlarni sinovdan o'tkazish to'g'risida ma'lumot beradi, shuningdek dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi haqida ma'lumot sifatida keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Dispers temir-betondan foydalanishning hozirgi tendentsiyalari va istiqbollari tahlili**» birinchi bobida o'rganilayotgan mavzu bo'yicha olib borilgan ilmiy izlanishlarning tahliliy sharhi berilgan.

Adabiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, qurilish texnologiyalarining hozirgi rivojlanish darajasi kompozit materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini ularning ichki tuzilishiga va tuzilmalarning ma'lum ish sharoitlarida ishlaydigan tashqi omillarga matematik bog'liqlik ko'rinishida taqdim etishni talab qiladi. Matematik tavsif materiallarning samarali tuzilishini shakllantirishni ta'minlaydigan omillarni aniqlashga, shuningdek uzoq va qimmat to'liq miqyosli tajribalarsiz qurilish konstruksiyalarining chidamliligi va ishonchliligini baholashga imkon beradi. Matematik modellashtirishda eng katta qiyinchilik sement kompozit materiallari tomonidan taqdim etiladi: ularning xususiyatlarini aniqlaydigan ohak va betonlarning tuzilishi ko'p darajali va ko'p funktsiyali bo'lib, o'ziga xos yondashuvni talab qiladi.

Vaqt o'tishi bilan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, chidamli va yuqori sifatli beton olishning eng qulay va oddiy usuli bu to'g'ri matritsa tuzilishi va ortib borayotgan fizik-mexanik parametrlarni aniqlash, bu ma'lum jarayonlarni raqamli modellashtirish bilan bevosita bog'lab, sement matritsasini tayyorlash, har xil turdagi plomba va qo'shimchalarni quruq shaklda kompleks aralashtirish, shuningdek, har xil turdagi qurilish materiallarining kompozitsion materialga yopishish davrini diqqat bilan nazorat qilish.

Tadqiqotlar tahlili va adabiyotlarni o'rganish shuni ko'rsatdiki, hozirgi kunga qadar bazalt tolasi mineral qo'shimchasining gidratsiya jarayonlarining borishiga, g'ovak bo'shlig'ining shakllanishiga va sement kompozitsiyasining xususiyatlariga ta'siri yetarli darajada o'rganilmagan, bu jismoniy va mexanik jarayonlarni raqamli modellashtirish va kompozit toshdagi ko'rsatkichlar bo'yicha aniq ma'lumotlarni taqdim etish uchun mos va foydalanish uchun qulay dasturiy ta'minotni yaratish. Amalga oshirilayotgan tadqiqotlar doirasida yuklangan vazifalarni amalga oshirish uchun tegishli **ishchi gipoteza** shakllantirildi.

Dissertatsiyaning ikkinchi «**Materiallar va tadqiqot usullari**» bobida kompozit qurilish materiallari, bazalt tolali to'ldiruvchi ko'rinishidagi dispers plomba ishlab chiqarish uchun dastlabki xom ashyoning xususiyatlari va tajribalarini o'tkazish uchun qabul qilingan tadqiqot usullari keltirilgan.

«Portlend sement» MChJ «Ahangansement PS400» sement kompozitsiyalarini ishlab chiqarishda foydalanilgan. Mineral plomba sifatida Navoiy viloyati konlaridan bazalt tolasi (BT) ishlatilgan.

Tadqiqotda standartlashtirilgan usullar bilan bir qatorda fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy usullari hamda yetakchi xorijiy ilmiy-tadqiqot institutlari mutaxassislari tomonidan ishlab chiqilgan metodikalardan foydalanildi. Mineral plomba moddasining dispersligi PSH-11A qurilmasida Kozeny-Karman havo o'tkazuvchanligi usuli yordamida aniqlangan o'ziga xos sirt maydoni bilan baholandi. Sement pastasini sozlash vaqti va normal zichligi VIKA qurilmasi yordamida aniqlandi. Mineral qo'shimchalar bilan va mineral qo'shimchalarsiz gidratlanadigan sement suspenziyalarining pH muhiti pH o'lchagich yordamida baholandi. Sement kompozitsiyalarining tuzilishini o'rganish va hosil qiluvchi

sement toshining tuzilishini baholash differentsial issiqlik, rentgen nurlari diffraksiyasi, IQ spektroskopik va elektron mikroskopik tahlillar asosida amalga oshirildi. Ta'kidlash joizki, tadqiqotda kompozitsion materiallardan tayyorlangan konstruktiv elementlarning kuchlanish holatini aniqlash uchun raqamli modellash usuli qo'lanilgan. Tanlangan konstruktiv element maydonining chekli elementli tasvirini qurish texnologiyasi tasvirlangan. Domenning chekli elementlar konfiguratsiyasining tasviri diskret to'plam bilan tavsiflanadi, u tugun koordinatalarining tartiblangan to'plamini va chekli elementlarning sonini ifodalovchi chekli elementlar to'rining tugunlari va elementlaridan iborat. Yechish usulining to'g'riligini isbotlash uchun tegishli teoremlar berilgan. Mintaqaning ko'paytiriladigan bog'langan topologiyasining chekli elementlar modelining adekvatligi ko'rsatilgan. Submintaqalarni birlashtirish hajmlar, sirtlar, chiziqlar va nuqtalarning oddiy irarxiyasini o'rnatish orqali chegara tugunlarining mos keladigan mezoniga asoslanadi. Shunisi e'tiborga loyiqlik, tugunlarni qayta raqamlash frontal usul bilan amalga oshiriladi, bunda strukturaning tashqi qirralarida joylashgan tugunlar dastlabki jabha sifatida ishlatiladi.

Qiyosiy jihatdan, bazalt tolali temir-beton, po'lat tolali temir-betondan farqli o'laroq (matritsada tolani taqsimlashning optimal usullarini ishlab chiqish va matritsaning o'zi fizik-mexanik xususiyatlarining yuqori darajasiga erishish sharti bilan) yuqoriroq bo'lishi mumkin bo'ladi, kuch va qattqlik, chunki bazalt tolasi sement toshini dispers mustahkamlashning yuqori darajasini ta'minlashi mumkin va po'lat tolaga (1,2-3,1 GPa) nisbatan yuqori quvvatga (1,9-3,9 GPa) ega. Bundan tashqari, bazalt tolali temir-beton katta elastik deformatsiyalarga bardosh bera oladi, chunki bazalt tolasi cho'zilganda deyarli plastik deformatsiyalarga ega emas va uning elastik moduli $E = 150$ GPa ga teng bo'lib, yuqori mustahkam betonning elastik modulidan 3 barobar oshadi. Shu bilan birga, bazalt tolalarining zichligi 3100-3300 kg/m³ ni tashkil etadi, bu po'lat tolalar zichligidan deyarli 2,5 baravar kam 7850 kg/m³, bu tolali temir-beton konstruktsiyalarni osonlashtiradi. Tolalarning qalinligi 8 dan 12 mikrongacha bo'lgan kichik qalinligi tufayli, bugungi kunda ishlatiladigan po'lat tolalarning minimal diametridan 10 baravar kichik, shuningdek sement matritsasi bilan o'ziga xos yopishish yuzasi 10⁵ m²/kg gacha yetishi mumkin. Sement tizimidagi tolaning dozasi. Bundan tashqari, boshqa ma'lum tolalarning modifikatsiyalarining hech biri bunday keng xom ashyo bazasiga va maydalangan bazaltni nozik tolaga qayta ishlashning oddiy texnologik sxemasiga ega emas.⁶

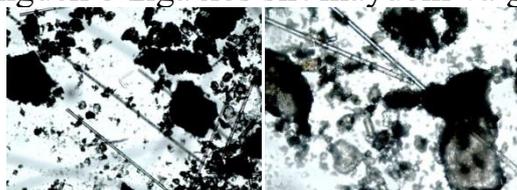
Taqdim etilgan ishda namunalarning mikro tuzilishini o'rganish va tahlil qilish LeicaFS 4000/FS4 yuqori aniqlikdagi optik elektron mikroskopi yordamida amalga oshirildi, bu o'rganish obyektlarini 400x gacha kattalashtirishda yuqori aniqlik bilan taqqoslashni ta'minlaydi. kompyuter (1-rasm).



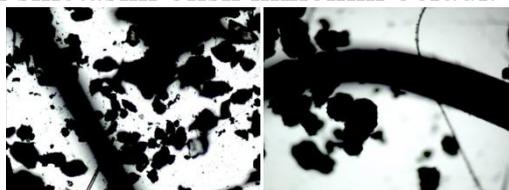
1-rasm. LeicaFS 4000 optik elektron mikroskopi

⁶Юскаев В.Б. Композиционные материалы: учебное пособие. Сумский государственный университет. – 2006. – С.38-56.

Olingan natijalar maxsus ishlab chiqilgan avtomatik ishlov berish dasturlari to'plami yordamida tahlil qilindi, bu strukturaviy elementlarning o'lchami, shakli, ularning kosmosdagi yo'nalishi kabi mikro tuzilma ko'rsatkichlarini olish, shuningdek o'ziga xos sirt maydoni va g'ovaklik smetasini olish imkonini beradi.



2-rasm. Bazalt tolasi + beton
(kattalashtirish 40x)



3-rasm. Po'lat tolasi + beton
(kattalashtirish 40x)

Tadqiqotda bazalt tolali temir-beton, po'lat tolali temir-beton, shuningdek konstruksiyada joylashgan elementlarning o'lchamlarining butun diapazonini qamrab oluvchi ko'p mashtabli tasvirlar seriyasidan foydalangan holda standart beton namunasining mikro tuzilishi o'rganildi. Shuni ta'kidlash kerakki, tahlil natijalari etarli darajada bir hil bo'lgan taqdirda, mikrotuzilma ko'rsatkichlarining obyektiv o'rtacha qiymatlarini taqdim etadi. Mikrotuzilmaning geterogenligi qayd etilgan hollarda, olingan natijalar faqat ma'lum bir nuqtada mikro tuzilma ko'rsatkichlarining qiymatlariga mos keladi. Tadqiqot ishida beton uchun biriktiruvchi sifatida M400 DOGOST 31108 «Ohangaron sementi» portlend sementidan foydalanilgan.

Shuni ta'kidlash kerakki, tadqiqot davomida olingan namunalar bir xil suv-sement nisbati $S:S = 0,6$ va mineral faol qo'shimchani iste'moli aralashmaning og'irligi bo'yicha 3,6% ni tashkil etdi. Sement, agregat va suvni tortish MK-32,2-A20 laboratoriya tarozida 5 g aniqlikda, tola va qo'shimchalarni tortish VLTE-1200 laboratoriya tarozida 0,01 g aniqlikda olib borildi.⁷⁸

Dissertatsiyaning uchinchi «**Bazalt dispers tolali plomba bilan biriktiruvchi materialning xossalarini o'rganish va strukturasi aniqlash**» bobi og'ir betonning strukturasi va xossalarini ishlab chiqish va optimallashtirish, mahalliy mineral xomashyo, bazalt tolali tola sement matritsasiga kiritish, mineral to'ldiruvchining mexanik faollashuvini o'rganish, g'ovak tuzilishini o'rganish va sement toshining fizik-kimyoviy tadqiqotlari bo'yicha eksperimental ishlarning natijalariga bag'ishlangan. Kukunli difraktometriya usullarini amaliy qo'llashning o'rganilayotgan muammolarida markaziy masalalar quyidagi muammolarni hal qilish bilan bog'liq, xususan:

fazalarni sifat va miqdoriy tahlil qilish, fazaviy o'tishlar va kimyoviy reaksiyalarni o'rganish yo'li bilan hujayra birliklari parametrlarini, panjara tipini va fazoviy guruhini (ko'zgularning so'nishiga qarab) aniqlash;

namunadagi kristallar, donalarning o'rtacha o'lchamlarini yoki ularning o'lchamlari bo'yicha taqsimlanishini aniqlash, shu jumladan ichki kuchlanishlarni o'rganish (profil va chiziqli siljish bo'yicha);

to'qimalarni o'rganish (imtiyozli yo'nalish tabiati), shuningdek, strukturaviy tahlil (birlik hujayradagi atomlarning taqsimlanishi).⁹

⁷⁸Жуков, А. Д. Армирующие волокна в технологии бетонов / Жуков А.Д., В. А. Рудницкая, Т. В. Смирнова // Вестник МГСУ. – 2012. – № 4. – С. 160–164.

⁸Anvar Adylkhodjayev, Ilkhom Kadyrov and others. To the question of the influence of the intensity of active centers on the surface of mineral fillers on the properties of fine-grained concrete // International Journal of innovative technology and exploring engineering (IJTEE). – 2019. – Vol. 8. – № 9. – P.219 – 222.

⁹Кузьмичёва Г.М. Порошковая дифрактометрия в материаловедении // М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова. – 2005. – 45 с.

Yong'in-texnik tadqiqotlarni o'tkazish bilan bog'liq ekspert muammolarini hal qilishda issiqlik tahlil usullari kombinatsiyalangan holda qo'llaniladi, bu esa betonning har xil isitish darajalarida ham fizik, ham strukturaviy xususiyatlarining o'zgarishi haqida xulosa chiqarish imkonini beradi. Ushbu usullardan olingan ma'lumotlar beton namunalariining mustahkamlik xususiyatlarining yomonlashishini ko'rsatadi, 900⁰C gacha bo'lgan haroratga ta'sir qilgan namunalarda ko'proq aniqlanadi.¹⁰¹¹ Yong'in-texnik ekspertizada issiqlik tahlili universal tadqiqot usuli bo'lib, keng ko'lamlı muammolarni hal qilishga imkon beradi, ular orasida quyidagılarnı ajratib ko'rsatish mumkin:

qizdirilganda ularning xatti-harakatlarini tavsiflovchi moddalar va materiallarning xususiyatlarini aniqlash;

noma'lum tabiatdagi moddalar va materiallarni aniqlash;

yong'ından himoya qiluvchi vositalarning izlarini aniqlash; yong'in manbasini aniqlashda qurilish materiallari va konstruktsiyalarining termal shikastlanish darajasini aniqlash.¹²¹³

Issiqlik va kimyoviy barqarorlikni, parchalanish jarayonlarining dinamikasini baholash nafaqat yong'in sharoitida beton konstruktsiyalarning xatti-harakatlarini bashorat qilish, balki yong'in harorati zonalarini aniqlash imkonini beradi. Termogravimetrik tahlil (TGT) - bu ma'lum bir harorat dasturida harorat yoki vaqt funktsiyasi sifatida namunaning massasini o'lchaydigan usul. Yong'in-texnik ekspertiza paytida moddalarni aniqlashda quyidagi termoanalitik bog'liqliklar aniqlandi, xususan:

ma'lum bir muhitda boshqariladigan tezlikda qizdirilganda harorat yoki vaqtga qarab namuna massasining o'zgarishini ko'rsatadigan termogravimetrik xarakteristikasi;

boshqariladigan tezlikda isitiladigan muhitga joylashtirilgan moddaning harorati o'zgarishini qayd qiluvchi isitish egri chizig'i.¹⁴¹⁵

Tahlil qilinayotgan moddalarning fazoviy tarkibini o'rnatishning keng imkoniyatlarini hisobga olgan holda, turli xil tarkibdagi beton namunalariini yong'in-texnik ekspertizadan o'tkazishda dalillar bazasini olish uchun goniometr dan iborat XRD-6100 chang difraktometri (nurlanish manbai), unda radiatsiya detektori va elektron o'lchash va qayd etish moslamasining namunasi. Muayyan vaqt ichida unga kirgan nurlanish energiyasini qayd qiluvchi hisoblagichni harakatga keltirish orqali rentgen tasviri olindi va strukturaviy tahlil qilindi.

Yong'in-texnik ekspertizani hal qilishda qurilish materiallarini sifatli rentgen fazali tahlili.

¹⁰Влияние температуры нагрева в условиях пожара на свойства цементного камня / Г.В. Плотникова [и др.] // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2013. – № 2 (65). – С. 24.

¹¹Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Потемкина О.В. Перспективные методы обнаружения повреждений конструкций от скрытых очагов пожара // Наукоеведение. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 85.

¹²Богатищев А.И., Зернов С.И., Карпов С.Ю. Методы решения задач пожарно-технической экспертизы // Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2009. – 153 с.

¹³ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Стандартинформ, 2006.

¹⁴Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Петров А.В., Потёмкина О.В. Методика комплексного исследования бетонов, подвергшихся термическому воздействию при пожаре // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2019. – № 1(30). – С. 36 – 43.

¹⁵ Ключников В.Ю., Дашко Л.В., Плотникова Г.В. Применение методов термического анализа при производстве пожарно-технической экспертизы // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – № 7. – С. 47 – 51.

Kuchaytiruvchi dispers plomba sifatida ishlatiladigan bazalt tolali temir-beton (BTB), po‘lat tolali temir-beton (PTB), standart beton va bazalt tolasi (BT) kukun namunalarining fazaviy tarkibini eksperimental o‘rganish uchun namunalar tayyorlash amalga oshirilganligi quyida bayon qilingani:

birinchi navbatda, maxsus kyuvetka yuzasiga kukun qo‘llaniladigan tekis preparat ishlatilgan;

ikkinchidan, namunaning yuzasi tekislandi (bu cho‘qqilarning kengayishiga va siljishiga va intensivliklarning buzilishiga olib kelishi mumkin bo‘lgan buzilishlarni bartaraf etish uchun amalga oshiriladi);

uchinchidan, kyuveta aylanadigan qo‘shimchaga kiritiladi;

to‘rtinchidan, tortishish rejimi maxsus dasturda o‘rnatiladi.

Kukunli rentgen nurlari diffraksiya naqshining chiziqlari orasidagi masofa ham o‘lchandi, kristall moddaning asosiy xususiyatlaridan biri bo‘lgan kristall panjaraning tekisliklararo masofalari deb ataladi. Intensivlik cho‘qqining balandligi bilan belgilanadi.¹⁶

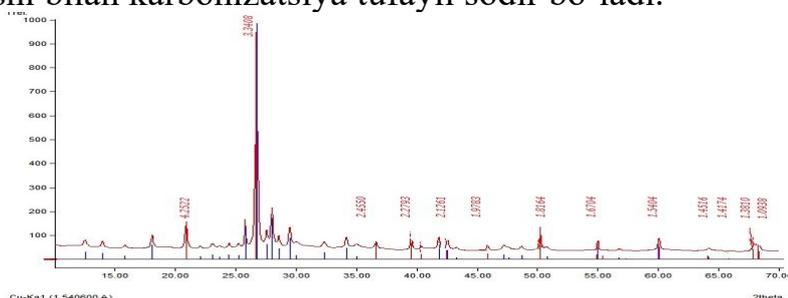
Qiyosiy jihatdan biz barcha kukun namunalarini faza tarkibini o‘rnatish va mos keladigan diffraksiya naqshlarini olish kontekstida o‘rganib chiqdik. SearchMatchI dasturiy ta‘minot usullaridan foydalangan holda hosil bo‘lgan diffraksiya naqshining talqini shuni ko‘rsatadiki, ushbu namunaning kristalligi 16,13% ni, amorfligi esa namunaning umumiy hajmining 83,87% ni tashkil qiladi. 1-jadvalda o‘rganilayotgan bazalt tolasining elementar faza tarkibini aniqlash natijalari keltirilgan.

1-jadval

Bazalt tolasining fazaviy tarkibi

Indeks	Miqdori (%)	Nomi	Formula
A	45,5	silika	SiO ₂
B	20,2	alyuminiy oksidi korund	Al ₂ O ₃
C	11,1	temir (III) oksidi gematit	Fe ₂ O ₃
D	8,2	dikaliy oksidi	K ₂ O
E	5,8	kaltsiy oksidi	CaO
F	2,9	marganets oksidi	MnO
G	2,7	magniy oksidi	MgO
H	2,4	titan (II) oksidi	TiO
I	1,2	temir (II) oksidi	FeO

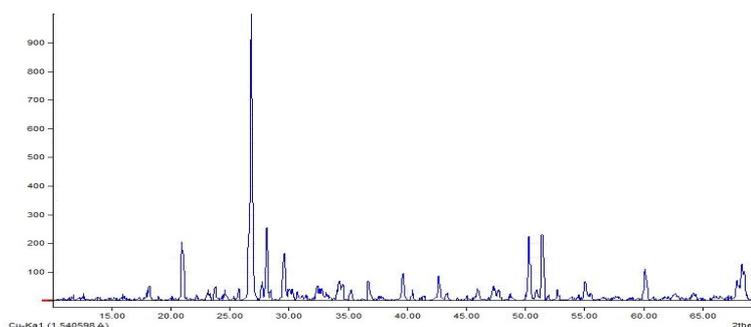
Berilgan kompozitsiyani qotib qolish jarayoni CaO ning kristallanishi, so‘ngra CaCO₃ hosil bo‘lishi bilan karbonizatsiya tufayli sodir bo‘ladi.



4-rasm. Standart beton namunasining rentgen nurlari diffraksiyasi (SB)

Turli darajadagi intensivlikdagi bazalt tolali temir-beton ko‘zgularning mavjudligini hisobga olgan holda rentgen nurlari diffraksiyasining natijalari 4,5-rasmda keltirilgan.

¹⁶ Th. Proffen, S. J. L. Billinge, T. Egami, D. LoucaI. Structural analysis of complex materials using the atomic pair distribution function – a practical guide // Z. Kristallogr. – 2003. – № 218. – pp. 132–143.



5-rasm. Bazalt tolali temir-betonning diffraksiya sxemasi

Issiqlik muhandislik hisob-kitoblari strukturaning yong'inga chidamlilik sinovlari uchun qabul qilingan standart harorat rejimiga muvofiq isitilishi sharti asosida amalga oshiriladi. Strukturaning istalgan nuqtasida vaqt o'tishi bilan haroratning o'zgarishi issiqlik o'tkazuvchanligining Fyrye differentsial tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin. Tuzilmaning kesishmasi bo'ylab bir yo'nalishda harorat o'zgarishiga olib keladigan bir o'lchovli issiqlik oqimi uchun Fyrye tenglamasi (1.1) quyidagi shaklga ega:

$$\frac{dt}{d\tau} = a_{np} \frac{d^2t}{dy^2} \quad (1.1)$$

qayerda τ - soat, min; t - harorat, $^{\circ}\text{C}$; a_{np} - kamaytirilgan termal tarqalish ko'effitsienti, m^2/s ; y - nuqta koordinatasi.

Favqulodda vaziyatlarda beton konstruksiyalarning barqarorlik ko'rsatkichlarini aniqlashda termal tahlil usullaridan foydalanish bo'yicha tadqiqotlarda bazalt va po'lat tolalar (BT, BTB, SB) qo'shilgan beton namunalari tanlangan. Bazalt tolasi nafaqat yuqori fizik-mexanik xususiyatlarga, kimyoviy qarshilikka va ob-havoga chidamliligiga ega, balki ekologik xavfsizligi bilan ham ajralib turadi.¹⁷

2-jadval.

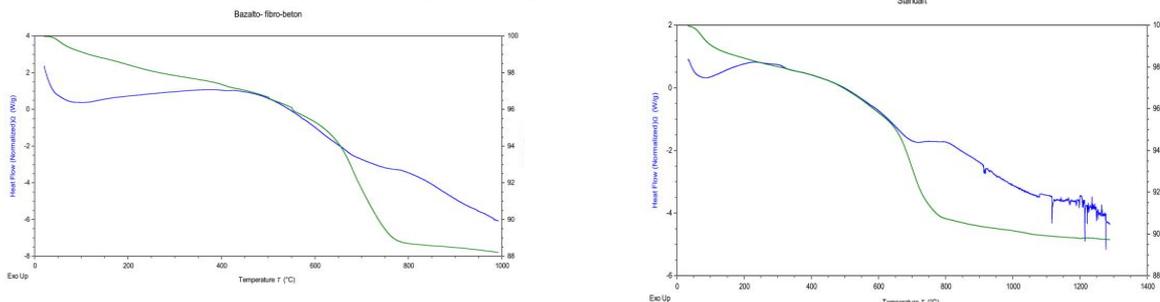
Eritma tarkibiga qarab o'rtacha zichlik, issiqlik o'tkazuvchanlik va issiqlik tarqalishining o'zgarishi

Nomi	Eritmaning o'rtacha zichligi, kg/m^3	Issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsienti $\text{kW}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$	O'rtacha issiqlik diffuziyasi, $10^7 \text{m}^2/\text{s}$
Og'ir beton	2284	1.0425	3.8
2% tolali eritma	1922	1.012	3.2
3,5% tolali eritma	1850	0.850	2.8

Termal tahlil diagnostika usuli sifatida tanlangan, harorat ta'siri jarayonida moddaning fizik-kimyoviy xususiyatlarini qayd etishga qaratilgan. Termal tahlil usuli yordamida issiqlik ta'siriga duchor bo'lgan beton namunalari o'rganish Thermo Scientific GC1310 birlashtirilgan TSQ9000 TA Instruments STD 65 qurilmasida quyidagi sharoitlarda amalga oshirildi: havo muhitida 0 dan 1400°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida ko'tarilish tezligi 5 dan $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ gacha, tozalash gazining chiziqli tezligi $100 \text{sm}^3/\text{min}$, o'rganilayotgan obyektning spetsifikatsiyasiga qarab, parallel

¹⁷Богатищев А.И., Зернов С.И., Карпов С.Ю. Методы решения задач пожарно-технической экспертизы // М.: Академия ГПС МЧС России. – 2009. – 153 с.

sinovlar soni 3 dan 5 gacha o'zgarib turadi. Tahlil qilish uchun biz 1g sinov namunasini oldik va haroratning o'zgarishiga qarab namunaning massasini o'lchadik.



(a) bazalt tolali temir-beton

(b) nazorat namunasi

6-rasm. Tadqiqot uchun tanlangan namunalarning differentsial termal tahlillari grafiklari (BTB, SB)

6-rasmda harorat ta'siriga duchor bo'lgan tadqiqot uchun tanlangan namunalarning (BT, BTB, SB) termogravimetriya va differentsial issiqlik tahlilining termogrammalari natijalari keltirilgan. 7-rasmda tanlangan harorat sharoitida differentsial termal tahlilning asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan. Biz po'lat tolali temir-beton (PTB) namunalari o'z tarkibini 400⁰C gacha, bazalt tolali temir-beton (BTB) 500⁰C va bazalt tolasi 600⁰C gacha o'zgartirmasligini aniqladik, bu biz ishlab chiqqan beton kompozitsiyalarning barqarorligini ko'rsatadi.

3-jadval.

Differentsial termik tahlil natijalari

Namuna	Harorat oralig'i, °C	DTT uchun ekstremum	Ommaviy o'zgarish	Jarayon
Standart beton (SB)	0-1400	220	2%	suvsizlanish
Bazalt tolali beton (BTB)	0-1000	400	3%	suvsizlanish
Po'lat tolali beton (PTB)	0-1000	500	3%	suvsizlanish
Bazalt tolasi (BT)	0-1000	600	1%	suvsizlanish

Olingan ma'lumotlarni o'rganish va tahlil qilish natijasida bazalt tolali tolaning kiritilishi kompozit bog'lovchiga asoslangan namunalarda 96 MPa gacha faollik bilan eng yaxshi fizik-mexanik xususiyatlarga ega ekanligini aniqlandi. Bu aralashmaning kam suv talabi, shuningdek, hosil bo'lgan kompozitsiyadagi zarrachalarning fazoviy qadoqlanishi bilan izohlanadi. Yuqori sifatli tolali temir-beton olish uchun 4-jadvalda ko'rsatilganidek, beton matritsaga armatura tolalarini kiritish samarasi o'rganildi.

4-jadval.

Mustahkamlovchi tolaning asosiy xususiyatlari

Tolaning xususiyatlari	Uzunlik, mm	Diametri, mm	Zichlik, kg/m ³	Mustahkamlik chegarasi, MPa	Buzilish uchun cho'zilish, %
Po'lat tolasi	15-65	200-700	7800	600-3150	3-4
Bazalt tolasi	5-10	0,005-0,05	2650	1900-3900	1,2-3,2
Shisha	5-50	0,005-0,05	2600	1050-3250	1,5-3,5
Polietilen	5-30	0,005-0,015	950	700	

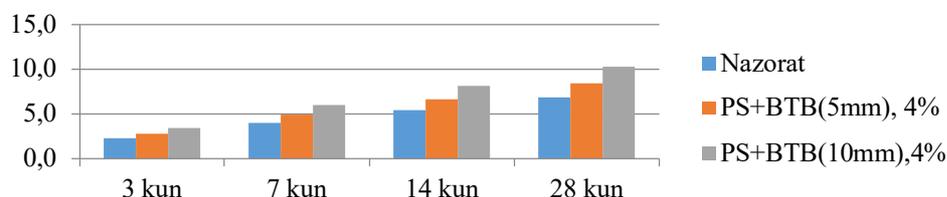
Shunday qilib, tadqiqot ishi davomida olingan ma'lumotlar quyidagilarni ko'rsatadi:

5-jadvalda ko'rsatilganidek, dispers armaturadan foydalanish materialning mustahkamlanishiga va uning mustahkamlik parametrlariga olib keladi;

shuni ta'kidlash kerakki, kompozit materialning qattiqlashishi va yangi va samarali parametrlarga ega bo'lgan yagona materialning shakllanishi jarayonida sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlar uning kimyoviy qobiliyatlarini o'rnatadi;

tahlil shuni ko'rsatadiki, o'z fazali komponentlarini o'z ichiga olgan dispers plomba bilan mustahkamlash, yangi kimyoviy parametrlarning shakllanishini tabiiy ravishda istisno qilib bo'lmaydi;^{18,19}

Siqilish kuchining ortishi kinetikasi



7-rasm. Siqilish kuchining ortishi kinetikasi

5-jadval

28 kunlik namunalarni egishda siqish va valentlik kuchining qiymatlari

Kunlar soni	3	7	14	28	3	7	14	28
	Siqilish kuchi, MPa ²⁰				Bukilish kuchi ²¹ , kgk/sm ²			
BTB tarkibi № 1	8.6	15.3	20.7	26.1	2.3	4.1	5.6	7.1
BTB tarkibi № 2	10.3	18.2	24.7	31.2	2.8	4.9	6.6	8.4
BTB tarkibi № 3	7.1	12.7	17.2	21.7	2.6	4.6	6.2	7.8
BTB tarkibi № 4	8.9	15.8	21.4	27.1	2.2	3.9	5.3	6.8
BTB tarkibi № 5	13.7	24.2	32.8	41.4	3.4	6.0	8.1	10.2
BTB tarkibi № 6	10.2	18.0	24.5	30.9	3.1	5.5	7.5	9.4
Nazorat tarkibi	9.6	17.0	23.1	29.2	2.2	4.0	5.4	6.8
Po'lat tolali temir-beton	13.6	24.1	32.6	41.2	2.0	3.5	4.8	6.0

Dissertatsiya ishining «**Bazalt tolasi asosidagi beton konstruksiyalarni deformatsiyalash masalalarini yechishning raqamli modellashtirish**» to'rtinchi bobida konstruktiv elementlarda kompozit materialning fizik-mexanik xossalarini takrorlash uchun chekli elementlar usulidan foydalanish bo'yicha vazifalar belgilab berilgan har xil turdagi issiqlik va mexanik ta'sirlardan himoya qiluvchi yopiq turdagi. Vazifa ham ko'zda tutilgan va vizualizatsiya parametrlari va qo'llaniladigan hisoblash algoritmlarining yechimi asoslangan. Ushbu bobda chiziqli tenglamalar tizimining yechimlari, deformatsiya matritsasi o'rganildi va shu bilan vizualizatsiya vositasi yordamida turli burchaklardan qo'llaniladigan kuchlarning har xil turlari ko'rsatildi.

¹⁸Павлова И.П., Беломесова К.Ю. Стойкость базальтового фиброволокна в щелочной среде гидратирующих цементных систем // Вестник полоцкого государственного университета, №8, Полоцк, 2022, стр.81-88.

¹⁹Левчук Н.В., Шляхова Е.И. Физико-химические и технологические аспекты применения базальтовой фибры // Вестник брестского гос.тех.унив.. Строительство и архитектура, №1 (103), Брест, 2017, стр.135-138.

²⁰Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. - 301 с.

²¹ Левчук Н.В., Шляхова Е.И. Физико-химические и технологические аспекты применения базальтовой фибры // Вестник брестского гос.тех.унив.. Строительство и архитектура, №1 (103), Брест, 2017, стр.135-138.

Ushbu usul yordamida matematik modellashtirish va muammolarni yechish quyidagi tenglamalarni aniqlash imkonini beradi:

$$\sigma_{ij,j} + X_i = 0, \quad x_i \in V \text{ – muvozanat tenglamasi;} \quad (1.2)$$

$$\varepsilon_{kl} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_l} + \frac{\partial u_l}{\partial x_k} \right) \text{ – Koshi munosabati;} \quad (1.3)$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{\bar{e}\bar{e}} \delta_{ij} + 2G \varepsilon_{ij} - \bar{S}_{ij} \omega \text{ – jismoniy qonun;} \quad (1.4)$$

$$u_i \Big|_{\Sigma_1} = u_i^o, \quad x_i \in \Sigma_1 \text{ – siljishlardagi chegara shartlari;} \quad (1.5)$$

$$\sum_{j=1}^3 \sigma_{ij} n_j \Big|_{\Sigma_2} = P_i^o, \quad x_i \in \Sigma_2 \text{ – stress chegarasi shartlari.} \quad (1.6)$$

Ushbu tenglamalar tufayli kuch vektorini avtomatik ravishda aniqlash ham mumkin. Biroq, berilgan siljishlar uchun to'plangan tajriba tufayli global qattqlik matritsasi ham, tashqi kuchlar vektori ham o'zgartiriladi. Matritsaning shakllanishi quyidagi printsipl bo'yicha sodir bo'ladi: satr yoki ustun nolga aylanadi, keyin diagonal atama nol qiymatga ega bo'ladi va tugun kuchlari vektorining komponenti siljish qiymatiga ega bo'ladi.

Ammo shuni ta'kidlash joizki, muammolarni hal qilish va matritsani aniqlash har bir qo'yilgan vazifa uchun o'ziga xos yechim borligidan kelib chiqadi va chiziqli tenglamalar tizimini yechishda yuqorida tavsiflangan harakatlar hisobga olinishi kerak.

Muammoni hal qilish uchun uning variatsion formulasi ko'rib chiqiladi, bu taxminiy yechim usullaridan foydalanishga imkon beradi, ulardan biri ChEU. Variatsion bayonot quyidagi shaklda taqdim etiladi:²²

$$\iiint_V \delta(\varepsilon)'(\sigma) dV - \iint_S \delta(U)'(P) dS = 0 \quad (1.7)$$

Har bir chekli element ichida u, v, w siljish funksiyalarini yaqinlashtirish alohida bajariladi.²³ Tahlil shuni ko'rsatadiki, noma'lum komponentlar alohida chekli elementlar aloqada bo'lgan tugun nuqtalarida ma'lum bo'lgan siljish komponentlari orasidan tanlanadi (1.7).²⁴

Taqdim etilgan chekli element 1 dan n gacha raqamlangan tugunlar bilan ekanligini ham hisobga olish kerak. Elementning siljish vektorining komponentlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\{U\} = \left\{ \begin{matrix} u \\ v \\ w \end{matrix} \right\} = [IN_1, IN_2, \dots, IN_n] \{g\}^e \quad (1.8)$$

²²Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

²³Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

²⁴Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

qayerda, N_i – shakl funktsiyasi; n – elementdagi tugunlar soni; I – 2×2 o'lchamdagi birlik matritsasi;²⁵

$\{g\}^e = \{u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2, \dots, u_n, v_n, w_n\}$ – chekli elementning tugun siljishlari vektori.

Shunday qilib, keyingi harakat deformatsiyalar va kuchlanish vektorlarini quyidagi tenglamalar shaklida aniqlashdir:

$$\{\varepsilon\}^e = [B]\{g\}^e, \quad (1.9)$$

va

$$\{\sigma\}^e = [D]\{\varepsilon\}^e, \quad (1.10)$$

qayerda,

$[D]$ – Elastiklik matritsasi, uning parametrlari transversal izotrop jismning samarali mexanik parametrlari:

6-jadval

Transversal izotrop jismning mexanik parametrlari

$\frac{E(E' - E\mu'^2)}{(E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2)(1 + \mu)}$	$\frac{EE'\mu'}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	0
$\frac{EE'\mu'}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	$\frac{E'^2(1 - \mu)}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	0
0	0	G^{26}

qayerda,

E va E' – samarali elastik modullar;

G va G'' – samarali kesish modullari;

μ va μ' – samarali Puasson nisbatlari,

Shunday qilib, 6-jadval ko'rsatilgan natijalari, elastik masalani yechishning yakuniy natijasi ma'lum maydonning chekli elementlar to'ri uchun o'n bitta tugun kuchlanish-deformatsiya holati to'plamidir. Natijalarga ega fayl, PARAMS.TXT, matn tuzilishi tufayli har qanday matn muharriri tomonidan ochilishi va "qo'lda" talqin qilinishi mumkin²⁷, lekin ko'p hollarda vizualizatsiya modulidan foydalanish qulayroqdir.²⁸

XULOSALAR

Kompozit materiallardan tayyorlangan strukturaviy elementlarning holatini matematik modellashtirishni o'rganish natijasida quyidagi ilmiy natijalarga erishildi:

1. Ishlab chiqilgan kompozit biriktiruvchining optimal tarkibi asoslab berildi, bu aralashmaning umumiy massasining 3,6% miqdorida mineral bog'lovchi bazalt tolasi tolasini qo'shish orqali klinker komponentini kamaytirishni ta'minlaydi. Bazalt

²⁵Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

²⁶Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

²⁷Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

²⁸Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

tolasining kiritilishi fizik-kimyoviy ko'rsatkichlarni yaxshilashi va buning natijasida yuqori bosim kuchiga (30% gacha), shuningdek, kompozitning juda yuqori mustahkamligi va ishlash ko'rsatkichlariga erishilishi aniqlandi.

2. Aralashtirish va shakllantirish jarayonida beton aralashmada struktura hosil bo'lish jarayonlarining ta'sirining tabiati aniqlandi, bu esa betonning qattiqlashishi paytida zarur bo'lgan suv qismlarining keyinchalik chiqishi bilan belgilanadi, bu esa qotib qolgan kompozitsiyadagi kuchlanishning pasayishiga olib keladi, natijada, sanoat binolari va transport inshootlarining ekspluatatsion xususiyatlarini ko'paytirishni oldindan belgilab beruvchi mikro yoriqlar soni va hajmining pasayishiga olib keladi va 68MPa gacha bo'lgan siqilish kuchi, 12MPa egilish kuchi va F300 sovuqqa chidamliligi bilan monolit qurilish uchun mahalliy ishlab chiqarilgan bazalt tolasidan foydalangan holda kompozitsion taklif qiladi.

3. Po'lat tolali temir-beton (PTB), bazalt tolali temir-beton (BTB), standart beton namunasi (SB), bazalt tolasi (BT) kristal fazalarining tabiatini aniqlash uchun sifatli rentgen fazasi tahlili o'tkazildi). Aniqlanishicha, har bir alohida kristalli birikma ma'lum chiziqlar to'plami (diffraksiya maksimumlari) va ularning intensivligi bilan o'ziga xos rentgen naqshini hosil qiladi. O'rganilayotgan birikmalar to'g'risida ishonchli ma'lumotni olish uchun bir nechta intensivlik aks ettirilgan holda, eng past d/n qiymatlariga mos keladiganlar tanlandi, bu bizga noorganik qurilishda ma'lum bir mineral mavjudligi to'g'risida xulosa chiqarish imkonini beradi, ma'lum kimyoviy tarkibga ega materiallar. Bazalt tolali temir-beton uchun quyidagi og'irlik nisbatlari olingan: kvarts SiO_2 - 63,7%, periklaza MgO - 10,2%, gematit Fe_2O_3 - 2,6%; po'lat tolali temir-beton uchun quyidagi og'irlik nisbatlari olingan: CCaO - 43,6%, SiO_2 - 42,6%, Al_2O_3 - 8%, Fe_2O_3 - 2,2%. Bazalt tolali temir-beton bo'lsa, beton aralashmaning matritsasiga tola qo'shngandan so'ng, kristall fazaning oshishi kuzatiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, bu mineral dispers plomba betonning kristalliligini oshirishga yordam beradi.

4. Bazalt tolasining hajmli tarkibining beton aralashmasining mexanik xususiyatlariga ta'sir qilish sxemasi aniqlandi: 3,4% dan 4% oralig'ida, bu elastik-plastmassa xususiyatlarini oshirishga imkon beradi, matritsa bilan birgalikda ishlash tufayli yuqori quvvatli tolalarni yuklash.

5. Favqulodda vaziyatlarda, ayniqsa konstruksiyalarga ta'sir qilishning yuqori haroratida, favqulodda vaziyatlarda tuzilmalarning mustahkamligi va ishonchliligini baholashda ishlab chiqilgan kompozit materialdan foydalanishning asosiy imkoniyatlari aniqlangan. REI bazalt tolali temir-beton plitaning yuk ko'tarish qobiliyatini, yaxlitligini va issiqlik izolyatsiyasi qobiliyatini yo'qotish chegaralari 45 daqiqagacha bo'lgan vaqtga to'g'ri keladi. Aniqlanishicha, bazalt tolali temir-betonning ishlab chiqilgan tarkibi 11000 S gacha bo'lgan yong'in paytida yuqori harorat ta'sirida o'z xususiyatlarini o'zgartirmaydi, bu uning barqarorligini ko'rsatadi.

6. Mahalliy xomashyodan foydalangan holda kompozit biriktiruvchi asosida ishlab chiqarilgan tola-temir-betonni ishlab chiqarish va ulardan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi klinker komponentining sarfini va texnogen xom ashyolardan foydalanishni kamaytirish bilan birga ekspluatatsiya xavfsizligi xususiyatlarini hamda qurilish-montaj ishlari sifatini oshirishdan iborat.

7. Kompozit materiallardan tuzilgan konstruksiyaning mustahkamligini hisoblash uchun raqamli model, hisoblash algoritmlari va dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.22/01.02.2022.Т.144.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТУРИНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ В Г.ТАШКЕНТЕ**

ТУРИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ В Г.ТАШКЕНТЕ

РАЗМУХАМЕДОВ ДАНИЯРБЕК ДЖАХАНГИРОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

05.09.01 –Строительные конструкции, здания и сооружения

05.01.07 – Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером №2021.1.PhD/T2142.

Диссертация выполнена в Туринском политехническом университете в городе Ташкенте.

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

Научный руководитель:

Полатов Асхад Мухамеджанович

доктор физико-математических наук, профессор

Абдуллаев Фархад Бахрамович

PhD, доктор философии по математическим наукам

Официальные оппоненты:

Назирова Эльмира Шодмоновна

доктор технических наук, профессор

Хотамов Асадулла Тоштемирович

доктор технических наук, профессор кафедры

Ведущая организация:

Институт механики и сейсмостойкости сооружений им.М.Т.Уразбаева

Защита диссертации состоится «12» января 2024 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного Совета PhD.22/01.02.2022.Т.144.01 при Туринском политехническом университете в городе Ташкенте. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Кичик халка йули, 17. Тел.: (+99871) 246-80-51;(+99871) 246-80-52;e-mail: info@polito.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Туринского политехнического университета в городе Ташкенте (зарегистрировано № _____). (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Кичик халка йули, 17. Тел.: (+99871) 246-80-51).

Автореферат диссертации разослан «26» декабря 2023 года.
(реестр протокола рассылки № _____ от «26» декабря 2023 г.)

Ж.Ш.Иноятходжаев

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

Т.Р.Пулатов

Учёный секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

С.М.Усманов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертационной работы. В мире особое внимание уделяется созданию и модернизации уровня развития строительных технологий, обусловленных необходимостью представления физико-механических свойств композиционных материалов в виде математических зависимостей при производстве фибробетонов. При этом, важное значение имеет определение данного показателя с учётом внутреннего строения композиционных материалов и внешних факторов, действующих в заданных условиях. В этом отношении, решение основных проблем определения эффективного способа введения в цементную матрицу базальтового волокна, оценка его влияния на физико-механические свойства бетона, определение показателей предела по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности REI, становится все более актуальным для соблюдения ряда важных показателей, таких как, безопасность и пожароустойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций.

Значительные научные исследования, направленные на оптимизацию и обновление матриц различных строительных материалов с применением базальтового волокна для их эффективного использования в тонкостенных плоских и криволинейных конструкциях, при изготовлении ударостойких и изгибаемых конструкций с целью исключения дополнительной арматуры и связанных с ней работ. В связи с этим, элементы систем управления технологии производства бетона и основные средства повышения их эксплуатационной надёжности на основании структурно-имитационного моделирования, позволяющего регулировать его структуру и свойства, имеют большое значение для их эффективности, результативности, а также возможности предварительного воспроизведения, с помощью уравнений математической физики и теории упругости, явно учитываемых параметров, определенных в ходе предварительных структурных исследований, способствующих более реалистичному отражению строения материала и возможности получения откликов системы на различные внешние и внутренние воздействия.

В современную эпоху больших перемен, совершенствование физико-механических свойств композиционных материалов в виде математических зависимостей от их внутреннего строения и внешних факторов, действующих в заданных условиях эксплуатации конструкций, остаётся одной из важнейших задач, занимающих ведущие позиции в области разработки и внедрения новых видов энергоэффективных и экологически безопасных строительных материалов, имеющих повышенные прочностные показатели при относительно высоких температурах. Согласно постановлению Президента Республики Узбекистан «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», необходимо «...повысить конкурентоспособность национальной экономики, ... сократить энергоёмкость и ресурсоёмкость экономики, широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий, финансирование проектов по повышению энергоэффективности²⁹». При выполнении этих задач, актуальным является, создание армированных составов бетонов, отвечающих требованиям по пожарной и механической безопасности, с применением методов

²⁹Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

математического моделирования напряженного состояния элементов конструкций из композиционных материалов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-6119 от 27 ноября 2020 года «Модернизация, ускоренного и инновационного развития строительной отрасли Республики Узбекистан на 2021-2025 годы», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» и другими нормативно правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий», «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов».

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технической литературы, посвящённой исследованию актуальных вопросов математического моделирования напряженного состояния элементов конструкций из композиционных материалов, показывает, что в этой области достигнут большой теоретический и практический результат.

Большой вклад в совершенствование методов дисперсного армирования бетонов и применения методов численного моделирования в данной области, внесли зарубежные и отечественные научные, а также высшие учебные заведения, как The Tecgraf Institute of Technical-Scientific Software Development of PUC-Rio (Rio de Janeiro), University of Coimbra (Portugal), International Iberian Nanotechnology Laboratory (Braga, Portugal), The university of Hong Kong (Hong Kong), University of California (США), Peter-Grunberg institute (German), Federal university of campinegrande (Brazil), University of Cambridge (England), Carlos Chagas institute (Curitiba), Xi'an shiyou university (Shaanxi, China), в Российском университете транспорта, в Московском государственном строительном университете, в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (Россия), в Академии Государственной противопожарной службы (Россия), Академии гражданской защиты МЧС России (Россия), в Научно-исследовательском институте пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Узбекистан, в Ташкентском государственном транспортном университете, в Национальном университете Узбекистана имени Мирзо-Улугбека, в Институте биорганической химии имени академика А.С.Садыкова АН РУз.

Весомый вклад в создании усовершенствованных составов фибробетонов с применением методов математического моделирования для определения напряженного состояния и реализации данного материала в производственных процессах, с целью обеспечения безопасности, пожароустойчивости в условиях чрезвычайных ситуаций, разрабатывая общие теоретические концепции решения практических задач, внесли большой вклад многие зарубежные

учёные, такие как В.И.Соломатов³⁰, И.Н.Ахвердов, Ю.М.Баженов³¹, В.Г.Батраков³², А.М. Краснов³³, М.В. Ананина³⁴, Д. В. Флегонтов³⁵, И.И. Полевода³⁶, С.В. Ширококов³⁷ и др.

В том числе данными вопросами занимаются отечественные учёные, Х.М. Акрамов³⁸, А.И. Адилходжаев³⁹, И.А. Кадиров⁴⁰, Т.Р.Рашидов⁴¹ и другие.

Однако из анализа практического применения армирующих наполнителей в бетонной матрице, установлено, что армирование дисперсным волокнистым материалом, а именно базальтовой фиброй, фибробетон начинает обладать повышенными физико-механическими свойствами, обеспечивающие несущую способность, целостность и теплоизолирующие параметры при температурном воздействии в условиях пожара, элементов конструкций.

В связи с этим армирование дисперсным наполнителем, требует разработки теоретических основ проектирования, схематического решения напряжённого состояния и расчёта различных численных моделей процесса деформирования элементов фибробетонных конструкций с различными видами армирования, повышение показателей безопасности и пожароустойчивости. На основании проанализированных научных работ, следует отметить необходимость использования методов численного моделирования, создание совершенствованного композиционного материала, обладающим современными физико-механическими и физико-химическими параметрами, параметрами надёжности в условиях чрезвычайных ситуаций при условии повышенных температурных воздействий.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы Туринского политехнического университета в г.Ташкенте, отраженных в следующем проекте «SAFERSCHOOL» (2019-2020

³⁰Соломатов В.И., Особенности формирования свойств цементных композиций при различной дисперсности цементов и наполнителей / В.И. Соломатов, О.В. Конова // Изв.вузов.Сер.Стр-во и архитектура. 1991. -№8.С.50-53.

³¹ Баженов Ю.М.Проектирование состава многокомпонентных бетонов / Ю.М.Баженов, Д.К.Батаев // Вестник отделения строительных наук. М., 2000. Вып.3.-С.115-116.

³²Батраков В.Г.Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г.Батраков.-М., 1998.-768 с.

³³Краснов А.М. Об использовании мелкозернистого песчаного бетона в строительстве сборных покрытий автомобильных дорог // Известия ВУЗ. Лесной журнал, №4, 2003.-48-56 с.

³⁴Ананина М.В. Огнестойкость железобетонных конструкций: методы испытаний по российским и американским стандартам // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 10 (37). – С. 7 – 21.

³⁵Флегонтов Д.В. Методика комплексного исследования бетонов, подвергшихся термическому воздействию на пожаре // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2019. – № 1 (30). – С. 36 – 43.

³⁶Полевода И.И. Огнестойкость центрифугированных железобетонных колонн // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 139 – 158.

³⁷Ширококов С.В. Перспективы применения рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии в пожарно-технической экспертизе // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 19. – С. 13 – 22.

³⁸Акрамов Х.М. Показатели пожаро-взрывоопасности веществ и материалов «Молодежь и XXI век». Курск, 2018. 8-11 с.

³⁹Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов / Научно-технический вестник Брянского государственного университета, №3, 2018.- 312-320 с.

⁴⁰Кадиров И.А., Адилходжаев А.И., Умаров К.С. О влиянии цеолитсодержащего наполнителя (натролит) на свойства цементного вяжущего // Вестник ТашИИТ №2, 2020 г. С.20-27.

⁴¹Рашидов Т.Р., Юлдашев Т. Современные проблемы прочности, пластичности и устойчивости / Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии, №8 т.8., 2015 г. -272-277 с.

г.г.); Национального университета Узбекистана им. М. Улугбека в Прикладном проекте ФЗ-201908098 «Очистка каолинов от оксида железа» (2021-2022 г.г.).

Цель исследования заключается в определении физико-химических параметров и огнестойкости базальтовой фибры в матрице бетона, а также разработка численной модели решения задач деформирования конструкций из композиционных материалов на основе метода конечных элементов.

Задачи исследования:

анализ современного состояния теории и практики выбора, усовершенствования и внедрения на основе метода конечных элементов, численной модели решения задач деформирования элементов конструкций из композитных материалов;

разработка программного комплекса для проведения вычислительных экспериментов по определению напряженного состояния элементов бетонных конструкций с дисперсным армированием;

исследование и оценка влияния дисперсного наполнителя на физико-механические характеристики базальтофибробетона и определение особенности его структурообразования;

исследование и оценка на разных масштабных уровнях воздействия высокой температуры (500⁰С, 600⁰С, 700⁰С, 900⁰С, 1100⁰С) на структуру оптимизированного состава базальтофибробетона;

разработка и практическое применение оптимизированного состава базальтофибробетона для определения значения остаточной несущей способности железобетонных конструкций при воздействии пожара.

Объектом исследования являются статические процессы деформирования фибробетонных конструкций с дисперсным армированием.

Предметом исследования являются составные задачи деформирования элементов фибробетонных конструкций армированные дисперсным материалом при механических воздействиях, а также структура базальтофибробетона повышенной термостойкости и его физико-механические свойства при температурных воздействиях.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы физико-химического анализа, методы математического и численного моделирования, методы математической физики, вычислительной математики и теплофизики.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлена эффективность применения базальтовой фибры в матрице стандартного бетона, как армирующего материала в бетонной смеси, для получения высокопрочного цементного бетона, что увеличивает физико-механические параметры рассматриваемого композиционного материала;

определён механизм влияния объемного содержания дисперсного армирующего материала в матрице бетона, в объёмном содержании до 4% от объема бетонной смеси, что приводит к увеличению физико-химических параметров, за счет улучшения структуры цементного камня и уменьшения пористости;

установлено на основе анализа и исследования структуры фибробетона в разных масштабных уровнях, что введение базальтовой фибры как композиционного минерального компонента вяжущего вещества бетона, обеспечивает повышение показателей предела по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности REI в условиях пожара;

разработаны алгоритмы решения задач деформирования элементов конструкций из композиционных материалов, с помощью метода конечных элементов, позволяющего вычислять механические параметры композиционного материала за короткие сроки, что делает выбранную методику вычисления эффективной.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

построена модель автоматизации процесса построения конечно-элементной сетки областей сложной конфигурации и визуализации численных результатов расчета элементов конструкций из композиционного материала;

подтверждена адекватность математической модели и надежность разработанного программного комплекса при изучении закономерностей, связанных с влиянием объемного содержания дисперсного материала на механические свойства композита;

разработан и спроектирован программный комплекс для решения задач деформирования;

проведена научно-исследовательская работа по определению показателей жаростойкости, а также определение возможности использования композиционного материала в условиях чрезвычайных ситуаций;

усовершенствована матрица бетонной смеси с армированием дисперсным материалом местного производства для соблюдения безопасности и жароустойчивости в условиях чрезвычайных ситуаций.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов исследования разработанными научными положениями и рекомендациями, подтверждается современными научно-практическими методами в области строительного материаловедения с использованием современных теорий при статистической обработке экспериментальных данных, а также сходимостью результатов теоретического исследования с результатами, полученными на практике, приближенных к чрезвычайным ситуациям.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в использовании данных, полученных на основе теоретического обобщения и разработки научных основ анализа экспериментальных данных полученных в исследовательских лабораториях государственных учреждений.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке методик определения физико-механических и физико-химических показателей композиционного материала, являющиеся вкладом в теорию математического моделирования, материаловедения, энергоресурсосбережения и применение изученного композиционного материала в условиях чрезвычайных ситуаций.

Внедрение результатов исследований. Полученные научные результаты по математическому моделированию напряженного состояния элементов конструкций из композиционных материалов, внедрены на практике:

разработанный специализированный состав фибробетона из композиционных материалов для различных типов конструкций внедрен в Институте пожарной безопасности при Министерстве чрезвычайных ситуаций Республики Узбекистан (Акт внедрения №36/3-1374 от 06.08.2022 г.). Техно-экономическая эффективность работы заключается в повышении механических

свойств композиционных материалов, сокращении затрат и сроков на проведение опытно-конструкторских работ и натуральных испытаний;

получена справка НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Узбекистан №38/2-292 от 3 апреля 2023 года. Разработанные технологии получения нового состава бетонной смеси на основе композиционного наполнителя в виде базальтовой фибры, обладающего повышенными показателями сохранения целостности и теплоизолирующих параметров при температурном воздействии в условиях пожара.

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

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано 21 научных работ, из них 8 научных статей, в том числе 4 статьи в зарубежных журналах, 5 статей в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 2 тезисов опубликованных в трудах международных и республиканских конференций, в том получено 3 свидетельства на разработку расчетных программных продуктов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 123 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

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 научно-исследовательские институты и учебные процессы, 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 «**Анализ современных тенденций и перспективы применения дисперсно-армированных бетонов**» приведен аналитический обзор научных исследований в области исследуемой тематики.

Как показывает анализ литературных источников, современный уровень развития строительных технологий обуславливает необходимость представления физико-механических свойств композиционных материалов в виде математических зависимостей от их внутреннего строения и внешних факторов, действующих в заданных условиях эксплуатации конструкций. Математическое описание позволяет выявить факторы, обеспечивающие формирование эффективной структуры материалов, а также оценить долговечность и надежность строительных конструкций без длительных и дорогостоящих натуральных экспериментов. Наибольшую сложность в математическом моделировании представляют цементные композиционные материалы: структура растворов и бетонов, определяющая их свойства,

является многоуровневой и полифункциональной и требует характерного подхода.

Выполненные исследования в интервальное время показали, что наиболее доступным и простым способом получения прочных и высококачественных бетонов является правильная матричная структура и определение повышенных физико-механических параметров, что непосредственно связано с численным моделированием некоторых процессов, таких как подготовка цементной матрицы, комплексное смешивание различных видов наполнителя и добавок в сухой форме, а также тщательный контроль за периодом адгезии различных видов строительных материалов в композиционный материал.

Анализ выполненных исследования и литературный обзор показали, что к настоящему времени недостаточно изучено влияние минеральной добавки базальтовой фибра волокна на ход течения процессов гидратации, формирования порового пространства и свойства цементного композита, а также численное моделирование данных физико-механических процессов и создание подходящей и простой в использовании программного обеспечения для обеспечения точных данных по показателям в композиционном камне. Для реализации поставленных задач в рамках выполняемых исследований сформулирована соответствующая **рабочая гипотеза**.

Во второй главе диссертационной работы **«Материалы и методы исследования»** приводятся характеристики исходных сырьевых материалов для получения композиционного строительного материала, дисперсного наполнителя в виде базальтовой фибры наполнитель и принятые для выполнения экспериментальных опытов методы исследований.

Для изготовления цементных композиций использован портландцемент ООО «Ахангаранцемент» ПЦ400. В качестве минерального наполнителя была использована базальтовая фибра (БФ), месторождения Навоинский регион.

В исследованиях наряду со стандартизированными методами были применены современные методы физико-химического анализа, а также методики, разработанные специалистами ведущих зарубежных научно-исследовательских институтов. Дисперсность минерального наполнителя оценивалась по величине удельной поверхности, которая определялась на приборе ПСХ-11А методом воздухопроницаемости Козени-Кармана. Сроки схватывания и нормальная плотность цементного теста определялась на приборе ВИКА. Оценку рН-среды гидратирующихся цементных суспензий с минеральными добавками и без них осуществлялась с помощью рН-метра. Исследования структуры цементных композиций и оценку структуры формирующегося цементного камня осуществляли на основе дифференциально-термического, рентгенофазового, ИК-спектроскопического и электронно-микроскопического анализов.

Стоит отметить, в исследованиях применялся метод численного моделирования для определения напряжённого состояния элементов конструкций из композиционных материалов. Описывается технология построения конечно-элементного представления области выбранного конструкционного элемента. Представление конечно-элементной конфигурации области описывается дискретным набором, который состоит из количества узлов и элементов конечно-элементной сетки, которые представляют собой упорядоченный набор координат узлов и количества

конечных элементов. Приводятся соответствующие теоремы, доказывающие правильность метода решения. Показана адекватность конечно-элементной модели многосвязной топологии области. Объединение подобластей основано на критерии совпадения граничных узлов путем установления простой иерархии объемов, поверхностей, линий и точек. Стоит отметить, что перенумерация узлов, осуществляется фронтальным методом, при котором узлы, расположенные на внешних краях конструкции, используются в качестве начального фасада.

В сравнительном аспекте, базальтофибробетон, в отличие от сталефибробетона (при условии разработки оптимальных способов распределения волокна в матрице и достижения высоких показателей физико-механических свойств самой матрицы), сможет обладать более высокой прочностью и жесткостью, т.к. базальтовое волокно может обеспечить более высокую степень дисперсного армирования цементного камня и обладает более высокой прочностью (1,9-3,9 ГПа) чем стальная фибра (1,2-3,1 ГПа). Кроме того, базальтофибробетон сможет переносить большие упругие деформации потому, что базальтовое волокно при растяжении пластических деформаций практически не имеет, а по модулю упругости равному $E=150$ ГПа, превосходит модуль упругости высокопрочных бетонов в 3 раза. При этом плотность базальтовых волокон составляет $3100-3300$ кг/м³, что почти в 2,5 раза меньше, чем плотность стальных - 7850 кг/м³, что облегчит конструкции из фибробетона. Благодаря малой толщине волокон от 8 до 12 мкм, которая в 10 раз меньше минимального диаметра стального волокна, применяемого на сегодняшний день, также, удельная поверхность сцепления с цементной матрицей может достигать до 10^5 м²/кг, в зависимости от дозировки волокна в цементной системе. Кроме того, ни одна из модификаций других известных волокон не обладает такой широкой сырьевой базой и простой технологической схемы переработки базальтового щебня в тонкое волокно.⁴²

В представленной работе, изучение и анализ микроструктуры образцов проводились с помощью высокоразрешающего оптического электронного микроскопа LeicaFS 4000/FS4, обеспечивающий высокоточное сравнение объектов исследования при увеличении до 400х, совмещенный с компьютером (рис.1).



Рис.1. Оптический электронный микроскоп LeicaFS 4000

Полученные результаты анализировались с использованием специально разработанного пакета программ автоматической обработки, позволяющего получать показатели микроструктуры, такие как размер, форма структурных элементов, их ориентация в пространстве, а также получить оценку величины удельной поверхности и пористости.

⁴²Юскаев В.Б. Композиционные материалы: учебное пособие. Сумский государственный университет. – 2006. – С.38-56.

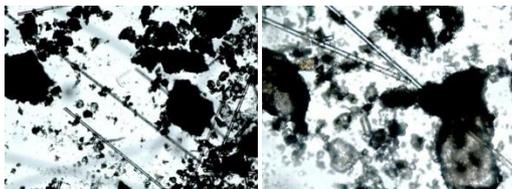


Рис.2.Базальтовая фибра+бетон
(увеличение 40х)

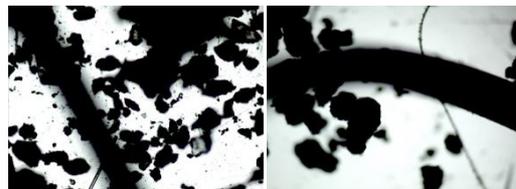


Рис.3. Стальная фибра+бетон
(увеличение 40х)

В исследовании было изучено, микроструктура базальтофибробетона, сталефибробетона, а также стандартного образца бетона по серии разномасштабных изображений, охватывающих весь диапазон размеров элементов, находящихся в структуре. При этом необходимо отметить, что в результатах анализа представлены объективные усредненные значения показателей микроструктуры в случаях её достаточной однородности. В тех случаях, когда отмечается неоднородность микроструктуры, полученные результаты будут соответствовать значениям показателей микроструктуры только в данной точке. В исследовательской работе, в качестве вяжущего для бетона применяли портландцемент марки М400 Д0 ГОСТ 31108 «Ахангаран цемент».

Стоит отметить, что образцы, изготовленные в ходе исследований, имели одинаковое водоцементное отношение $V:Ц=0,6$ и расход минеральной активной добавки 3,6% от массы смеси. Взвешивание цемента, заполнителя и воды, производили на лабораторных весах МК-32.2-А20 с точностью до 5 г. Взвешивание фибры и добавки осуществляли на лабораторных весах ВЛТЭ-1200 с точностью до 0,01 г.^{43,44}

Третья глава диссертации **«Исследование свойств и определение структуры вяжущего с базальтовым дисперсно-волоконным наполнителем»** посвящена результатам выполненных экспериментальных работ по разработке и оптимизации структуры и свойств тяжелого бетона с добавлением местного минерального сырья, базальтовой фибры в цементную матрицу, изучение механоактивации минерального наполнителя, изучению поровой структуры и физико-химическим исследованиям цементного камня. В исследуемой проблематике практического применения методов порошковой дифрактометрии, центральными становятся вопросы, связанные с решением следующих задач, в частности:

определение параметров элементарной ячейки, типа решетки и пространственной группы (по погасаниям рефлексов), посредством проведения качественного и количественного фазового анализа, исследованием фазовых переходов и химических реакций;

определение средних размеров кристаллов, зерен в образце или распределение их по размерам, в том числе, изучение внутренних напряжений (по профилю и сдвигу линий);

изучение текстур (характера преимущественной ориентации), а также

⁴³Жуков, А. Д. Армирующие волокна в технологии бетонов / Жуков А.Д., В. А. Рудницкая, Т. В. Смирнова // Вестник МГСУ. – 2012. – № 4. – С. 160–164.

⁴⁴Anvar Adylkhodjayev, Ilkhom Kadyrov and others. To the question of the influence of the intensity of active centers on the surface of mineral fillers on the properties of fine-grained concrete // International Journal of innovative technology and exploring engineering (IJTEE). – 2019. – Vol. 8. – № 9. – P.219 – 222.

структурный анализ (распределение атомов в элементарной ячейке).⁴⁵

При решении экспертных задач, связанных с проведением пожарно-технических исследований, в совокупности используются методы термического анализа, позволяющие сделать заключение об изменениях как физических, так и структурных характеристик бетона при различной степени нагрева. Данные этих методов свидетельствуют об ухудшении прочностных характеристик образцов бетона, более выраженных в образцах, подверженных температурному воздействию до 900⁰С.^{46,47} В пожарно-технической экспертизе термический анализ является универсальным методом исследования, позволяющий решать широкий круг задач, среди которых можно выделить следующие:

определение свойств веществ и материалов, характеризующих их поведение при нагревании;

идентификация веществ и материалов неизвестной природы;

обнаружение и идентификация следов средств огнезащиты; определение степени термического повреждения строительных материалов и конструкций при установлении очага пожара.^{48,49}

Оценка термической и химической устойчивости, динамики процессов разложения, даёт возможность не только прогнозировать поведение бетонных конструкций в условиях пожара, но и выявлять температурные зоны пожара. Термогравиметрический анализ (ТГА) представляет собой метод, при котором измеряется масса образца как функция от температуры или времени при заданной температурной программе. При проведении идентификации веществ в ходе выполнения пожарно-технической экспертизы, определялись следующие термоаналитические зависимости, в частности:

термогравиметрическая характеристика, показывающая изменение массы образца в зависимости от температуры или времени при его нагревании в заданной среде с регулируемой скоростью;

кривая нагревания, фиксирующая изменение температуры вещества, помещённого в среду, нагреваемую с регулируемой скоростью.^{50,51}

Учитывая широкие возможности установления фазового состава анализируемых веществ, с целью получения доказательной базы при проведении пожарно-технической экспертизы бетонных образцов различного состава, был использован прибор порошковый дифрактометр XRD - 6100, состоящий из гониометра (источника излучения), в который помещают образец детектора излучения и электронного измерительно-регистрирующего устройства. Рентгенограмму получали за счёт перемещения счетчика,

⁴⁵Кузьмичёва Г.М. Порошковая дифрактометрия в материаловедении // М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова. – 2005. – 45 с.

⁴⁶Влияние температуры нагрева в условиях пожара на свойства цементного камня / Г.В. Плотникова [и др.] // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2013. – № 2 (65). – С. 24.

⁴⁷Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Потемкина О.В. Перспективные методы обнаружения повреждений конструкций от скрытых очагов пожара // Наукоедение. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 85.

⁴⁸Богаищев А.И., Зернов С.И., Карпов С.Ю. Методы решения задач пожарно-технической экспертизы // Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2009. – 153 с.

⁴⁹ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Стандартинформ, 2006.

⁵⁰Флегонтов Д.В., Акулова М.В., Петров А.В., Потёмкина О.В. Методика комплексного исследования бетонов, подвергшихся термическому воздействию при пожаре // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2019. – № 1(30). – С. 36 – 43.

⁵¹Ключников В.Ю., Дашко Л.В., Плотникова Г.В. Применение методов термического анализа при производстве пожарно-технической экспертизы // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – № 7. – С. 47 – 51.

регистрирующего попавшую в него энергию излучения за определенный промежуток времени, и проводили структурный анализ.

Качественный рентгенофазовый анализ строительных материалов при решении пожарно-технической экспертизы.

Подготовка проб к экспериментальному исследованию фазового состава порошковых образцов базальтофибробетона (БФБ), сталефибробетона (СФБ), стандартного бетона и базальтовой фибры (БФ), используемой в качестве армирующего дисперсного наполнителя, проводилась следующим образом:

во-первых, использовался плоский препарат, на который наносился порошок на поверхность специальной кюветы;

во-вторых, производилось выравнивание поверхности образца (делается для того, чтобы исключить нарушения, которые могут привести к расширению и смещению пиков, искажению интенсивностей);

в-третьих, кювета вставляется во вращающуюся приставку;

в-четвертых, задается режим съемки в специальной программе.

Также было проведено измерение расстояния между линиями порошковой рентгенограммы, так называемые межплоскостные расстояния d кристаллической решетки, являющиеся одной из основных характеристик кристаллического вещества. Интенсивность определяется высотой пика.⁵²

В сравнительном аспекте нами были изучены все порошковые образцы в разрезе установления фазового состава и получения соответствующих дифрактограмм. Как показывает расшифровка полученной дифрактограммы, с применением методов программного обеспечения SearchMatchI, кристалличность данного образца составляет 16,13 %, а аморфность составляет 83,87% от общего объема образца. В табл.1 представлены результаты определения элементного фазового состава исследуемой базальтовой фибры.

Таблица 1

Фазовый состав базальтовой фибры

Индекс	Количество (%)	Название	Формула
A	45,5	диоксид кремния	SiO ₂
B	20,2	оксид алюминия корунд	Al ₂ O ₃
C	11,1	оксид железа (iii) гематит	Fe ₂ O ₃
D	8,2	дикалий оксид	K ₂ O
E	5,8	оксид кальция	CaO
F	2,9	оксид марганца	MnO
G	2,7	оксид магния	MgO
H	2,4	оксид титана (ii)	TiO
I	1,2	оксид железа	FeO

Процесс затвердевания приведённого состава происходит за счет кристаллизации CaO, с последующей карбонизации с образованием CaCO₃.

⁵²Th. Proffen, S. J. L. Billinge, T. Egami, D. LoucaI. Structural analysis of complex materials using the atomic pair distribution function – a practical guide // Z. Kristallogr. – 2003. – № 218. – pp. 132–143.

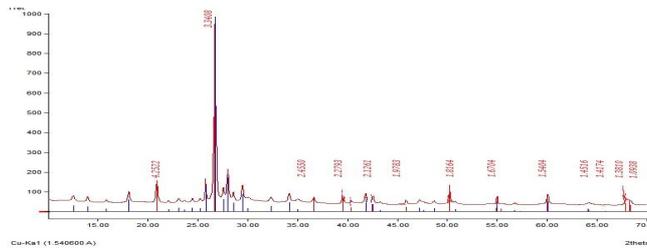


Рис.4. Дифрактограмма стандартного образца бетона (СБ)

Результаты рентгенограммы с учётом наличия различных по степени индентсивности рефлексов базальтофибробетона представлены на рис. 4, 5.

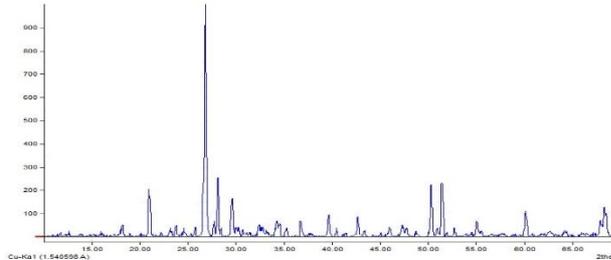


Рис.5. Дифрактограмма базальтофибробетона

Теплотехнический расчет выполняется исходя из условий, что нагрев конструкции происходит по стандартному температурному режиму, принятому для испытаний на огнестойкость. Изменение температуры во времени в любой точке конструкции может быть выражено дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье. Для одномерного потока тепла, вызывающего изменение температуры в одном направлении по сечению конструкции, уравнение Фурье (1.1) имеет вид:

$$\frac{dt}{d\tau} = a_{np} \frac{d^2t}{dy^2} \quad (1.1)$$

где τ - время, мин; t - температура, $^{\circ}\text{C}$; a_{np} - приведенный коэффициент теплопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; y - координата точки.

В исследованиях, по вопросам применение методов термического анализа при определении показателей устойчивости бетонных конструкции в условиях чрезвычайных ситуаций, были выбраны образцы бетона с добавлением базальтовой и стальной фибры (ФБ, БФБ, СБ). Базальтовое волокно не только имеет высокие физико-механические свойства, химическую стойкость и атмосферостойкость, но также отличается своей экологической безопасностью.⁵³

Таблица 2.

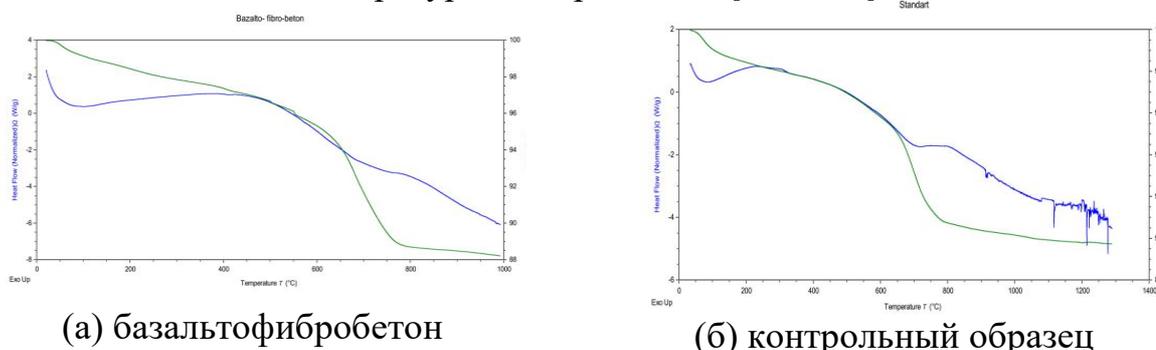
Изменение средней плотности, коэффициентов теплопроводности и теплопроводности в зависимости от состава раствора

Наименование	Средняя плотность раствора, $\text{кг}/\text{м}^3$	Коэффициент теплопроводности $\text{кВт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$	Средний коэффициент теплопроводности, $10^7 \text{ м}^2/\text{с}$
Тяжелый бетон	2284	1.0425	3.8
Раствор с 2% волокон	1922	1.012	3.2
Раствор с 3.5% волокон	1850	0.850	2.8

В качестве диагностического метода был выбран термический анализа, направленный на фиксацию физико- химических свойств вещества в процессе

⁵³Богатищев А.И., Зернов С.И., Карпов С.Ю. Методы решения задач пожарно-технической экспертизы // М.: Академия ГПС МЧС России. – 2009. – 153 с.

температурных воздействий. Исследование образцов бетона, подвергнутого термическому воздействию, методом термического анализа, проводилось на приборе ThermoScientificGC1310 combinedTSQ9000 TAINstrumentsSTD 65 при выполнении следующих условий: в воздушной среде в интервале температур от 0 до 1400°C со скоростью подъема температуры от 5 до 20 °C/мин, линейная скорость продувочного газа составляла 100 см³/мин, количество проводимых параллельных испытаний изменялось от 3 до 5, в зависимости от спецификации исследуемого объекта. Для постановки анализа брали 1 гр исследуемого образца и по изменению температуры измеряли массу навеску.



(а) базальтофибробетон (б) контрольный образец
 Рис.6. Графики дифференциально-термического анализа выбранных для исследования образцов (БФБ, СБ)

На рис. 6 представлены результаты термограмм термогравиметрии и дифференциально-термического анализа выбранных для исследования образцов (ФБ, БФБ, СБ), подвергнутых температурному воздействию. В табл. 7 представлены основные показатели дифференциально-термического анализа в условиях выбранных температур. Нами установлено, что навески образцов сталефибробетона (СФБ) не изменяют свой состав до 400⁰С, базальтофибробетона (БФБ), до 500⁰С и базальтовая фибра 600⁰С, что свидетельствует об устойчивости разработанных нами составов бетона.

Таблица 3.

Результаты дифференциально-термического анализа

Образец	Интервал температуры, °С	Экстремум по ДТС	Изменение массы	Процесс
Стандарт бетон (СТ)	0-1400	220	2%	дегидратация
Базальтфибро бетон (БФБ)	0-1000	400	3%	дегидратация
Сталефибро бетон (СФБ)	0-1000	500	3%	дегидратация
Базальтовая фибра (БФ)	0-1000	600	1%	дегидратация

Введение базальтовой фибра волокна в результате проведенных исследований и анализа полученных данных определили, что образцы на основе композиционного вяжущего имеют наилучшие физико-механические показатели с активностью до 96 МПа. Это объясняется низким значением водопотребности смеси, а также лучшей пространственной упаковкой частиц в полученном композите. С целью получения высококачественных фибробетонов

было изучено влияние введения в бетонную матрицу армирующих волокон, как показано в табл.8.

Таблица 4.

Основные характеристики армирующего волокна

Характеристика волокна	Длина, мм	Диаметр, мм	Плотность, кг/м ³	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение до разрыва, %
Стальная фибра	15-65	200-700	7800	600-3150	3-4
Базальтовая фибра	5-10	0,005-0,05	2650	1900-3900	1,2-3,2
Стеклоанное	5-50	0,005-0,05	2600	1050-3250	1,5-3,5
Полиэтиленовое	5-30	0,005-0,015	950	700	

Следовательно, данные, полученные в ходе научно-исследовательской работы, свидетельствуют о следующем:

как показывает табл.9, что применение дисперсного армирования приводит к усилению материала и его прочностных параметров;

следует отметить, что химические процессы возникающие в процессе твердения композиционного материала и образования единого материала, с уже новыми и эффективными параметрами, устанавливает свои химические способности;

как показывает анализ, армирование дисперсным наполнителем, в составе которого имеются свои фазовые компоненты, то естественным образом не исключено образование новых химических параметров;^{54,55}

Кинетика набора прочности при сжатии

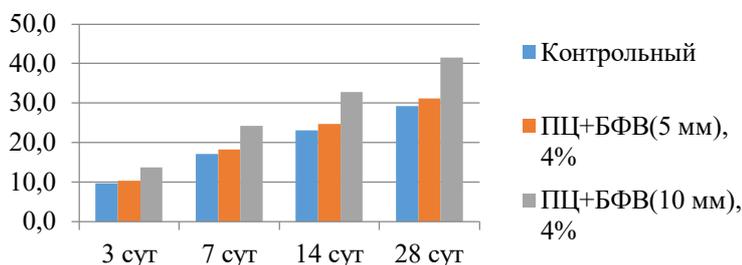


Рис.7. Кинетика набора прочности при сжатии

Таблица 5

Значения прочности на сжатие и на растяжение при изгибе образцов в возрасте 28 суток

Количество суток	3	7	14	28	3	7	14	28
	Прочность на сжатие, МПа ⁵⁶				Прочность ⁵⁷ на изгиб, кгс/см ²			
БФБ Состав №1	8.6	15.3	20.7	26.1	2.3	4.1	5.6	7.1
БФБ состав №2	10.3	18.2	24.7	31.2	2.8	4.9	6.6	8.4
БФБ состав №3	7.1	12.7	17.2	21.7	2.6	4.6	6.2	7.8

⁵⁴Павлова И.П., Беломесова К.Ю. Стойкость базальтового фиброволокна в щелочной среде гидратирующих цементных систем // Вестник полоцкого государственного университета, №8, Полоцк, 2022, стр.81-88.

⁵⁵Левчук Н.В., Шляхова Е.И. Физико-химические и технологические аспекты применения базальтовой фибры // Вестник брестского гос.тех.унив.. Строительство и архитектура, №1 (103), Брест, 2017, стр.135-138.

⁵⁶Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. - 301 с.

⁵⁷Левчук Н.В., Шляхова Е.И. Физико-химические и технологические аспекты применения базальтовой фибры // Вестник брестского гос.тех.унив.. Строительство и архитектура, №1 (103), Брест, 2017, стр.135-138.

БФБ состав №4	8.9	15.8	21.4	27.1	2.2	3.9	5.3	6.8
БФБ состав №5	13.7	24.2	32.8	41.4	3.4	6.0	8.1	10.2
БФБ состав №6	10.2	18.0	24.5	30.9	3.1	5.5	7.5	9.4
Контрольный состав	9.6	17.0	23.1	29.2	2.2	4.0	5.4	6.8
Сталефибробетон	13.6	24.1	32.6	41.2	2.0	3.5	4.8	6.0

В четвертой главе диссертационной работы «**Численное моделирование решение задач деформирования бетонных конструкций на основе базальтовой фибры**» были определены поставленные задачи по использованию метода конечных элементов для воспроизведения физических и механических свойств композиционного материала в конструкционных элементах ограждающего типа, защищающие от различного вида теплового и механического воздействия. Была предусмотрена также задача и было обосновано решение параметров визуализации и применённые вычислительные алгоритмы. В данной главе были изучены решения системы линейных уравнений, матрицы деформирования, тем самым показывая с помощью инструмента визуализации различные виды приложенных сил с различных сторон.

Математическое моделирование и решение задач с помощью данного метода, позволяет определить следующие уравнения:

$$\sigma_{ij,j} + X_i = 0, \quad x_i \in V \text{ – уравнение равновесия;} \quad (1.2)$$

$$\varepsilon_{kl} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_l} + \frac{\partial u_l}{\partial x_k} \right) \text{ – соотношение Коши;} \quad (1.3)$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{\alpha\alpha} \delta_{ij} + 2G \varepsilon_{ij} - \bar{S}_{ij} \omega \text{ – физический закон;} \quad (1.4)$$

$$u_i \Big|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad x_i \in \Sigma_1 \text{ – граничные условия в перемещениях;} \quad (1.5)$$

$$\sum_{j=1}^3 \sigma_{ij} n_j \Big|_{\Sigma_2} = P_i^0, \quad x_i \in \Sigma_2 \text{ – граничные условия в напряжениях.} \quad (1.6)$$

В том числе, благодаря данным уравнениям, автоматически можно определить вектор усилий. Однако, благодаря полученной практике при заданных перемещениях, модификации подвергаются как глобальная матрица жёсткости, так и вектор внешних усилий. Формирование матрицы, происходит по следующему принципу, нулевым становится строка либо столбец, далее диагональный член приобретает нулевое значение, а также компонент вектора узловых сил приобретает значение перемещения.

Однако, стоит отметить, что решение задач и определение матрицы сводится к тому, что для каждой поставленной задачи, есть своё уникальное решение, и действия описанные выше следует учитывать при решении системы линейных уравнений.

Для решения задачи рассматривается ее вариационная постановка, которая позволяет применять приближенные методы решения, одним из которых является МКЭ. Вариационная постановка представляется в виде ⁵⁸:

⁵⁸Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

$$\iiint_V \delta(\varepsilon)'(\sigma) dV - \iint_S \delta(U)'(P) dS = 0 \quad (1.7)$$

Аппроксимация функций перемещений u, v, w выполняется отдельно в пределах каждого конечного элемента.⁵⁹ Анализ показывает, что неизвестные компоненты выбираются из ряда известных компонентов перемещения в узловых точках, в которых соприкасаются отдельные конечные элементы (1.7).⁶⁰

Следует также учесть, что представленный конечный элемент e с узлами, пронумерованными от 1 до n включительно. Компоненты вектора перемещений элемента представляются в виде:

$$\{U\} = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = [N_1, N_2, \dots, N_n] \{g\}^e \quad (1.8)$$

где, N_i – функция формы; n – число узлов в элементе; I – единичная матрица размерности 2×2 ;⁶¹

$\{g\}^e = \{u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2, \dots, u_n, v_n, w_n\}$ – вектор узловых перемещений конечного элемента.

Следовательно, следующее действие, есть определение векторов деформаций и напряжений, в виде следующих уравнений:

$$\{\varepsilon\}^e = [B] \{g\}^e \quad (1.9)$$

и

$$\{\sigma\}^e = [D] \{\varepsilon\}^e \quad (1.10)$$

где, $[D]$ – матрица упругости, параметрами которого являются эффективные механические параметры трансверсально-изотропного тела:

Таблица 6

Механические параметры трансверсально-изотропного тела

$\frac{E(E' - E\mu'^2)}{(E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2)(1 + \mu)}$	$\frac{EE'\mu'}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	0
$\frac{EE'\mu'}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	$\frac{E'^2(1 - \mu)}{E'(1 - \mu) - 2E\mu'^2}$	0
0	0	G^{62}

здесь,

E и E' – эффективные модули упругости;

G и G' – эффективные модули сдвига;

μ и μ' – эффективные коэффициенты Пуассона,

⁵⁹Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

⁶⁰Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

⁶¹Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

⁶²Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

Таким образом, конечным результатом решения упругой задачи является набор из одиннадцати узловых НДС для конечно-элементной сетки заданной области. Файл с результатами, PARAMS.TXT может быть открыт в силу своей текстовой структуры, любым текстовым редактором и интерпретирован “вручную”, но в большинстве случаев⁶³ удобнее воспользоваться модулем визуализации⁶⁴.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования математического моделирования состояния элементов конструкций из композиционных материалов, получены следующие научные результаты:

1. Обоснован оптимальный состав разработанного композиционного вяжущего, обеспечивающее снижение клинкерной составляющей за счёт добавления минерального вяжущего базальтового фибра волокна в количестве 3,6% от общей массы смеси. Установлено, что введение базальтовой фибры улучшает физико-химические параметры и благодаря этому достигается высокая прочность на сжатие (до 30%), а также весьма высоких прочностных и эксплуатационных показателей композита.

2. Установлен характер влияния процессов структурообразования в бетонной смеси при перемешивании и формировании, с последующим выделением необходимых порций воды при твердении бетона, что приводит к снижению напряжений в твердеющем композите и, как следствие, к уменьшению количества и размеров микротрещин, что предопределяет повышение эксплуатационных характеристик промышленных зданий и транспортных сооружений. Предложен состав с использованием базальтовой фибры местного производства для монолитного строительства с пределом прочности при сжатии до 68 МПа, прочностью на изгиб 12 МПа и морозостойкостью F300.

3. Проведён качественный рентгенофазовый анализ идентификации природы кристаллических фаз сталефибробетона (СФБ), базальтофибробетона (БФБ), стандартного образца бетона (СБ) класса В30, базальтовой фибры (БФ). Установлено, что каждое индивидуальное кристаллическое соединение даёт специфическую рентгенограмму с определённым набором линий (дифракционных максимумов) и их интенсивностью. Для получения достоверной информации о исследуемых соединениях, при наличии нескольких рефлексов интенсивности, были выбраны те, которым соответствовали наименьшие значения d/n , что позволяет делать заключение о присутствии конкретного минерала в неорганических строительных материалах определённого химического состава. Для базальтофибробетона получены следующие весовые соотношения: кварц SiO_2 – 63,7 %, периклаз MgO – 10,2 %, гематит Fe_2O_3 – 2,6%; для сталефибробетона, получены следующие весовые соотношения: ССаО – 43,6%, SiO_2 – 42,6 %, Al_2O_3 – 8%, Fe_2O_3 – 2,2%. В случае для базальтофибробетона, после добавления фибры в матрицу бетонной смеси, наблюдается увеличение кристаллической фазы. Это свидетельствует о том, что

⁶³Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

⁶⁴Полатов А.М. Численное моделирование и алгоритмы решения задач нелинейного деформирования конструкционных материалов методом конечных элементов. Дисс. ...д.ф-м.н. Ташкент. – 2016. – 176 с.

данный минеральный дисперсный наполнитель способствует к увеличению кристалличности бетона.

4. Определена закономерность влияния объёмного содержания базальтового фиброволокна на механические свойства бетонной смеси марки В30: в пределах от 3,4% до 4%, что позволяет увеличить показатели упругопластических свойств, обеспечивая нагружение высокопрочных фибр за счёт совместной работы с матрицей.

5. Определены основные возможности использования разработанного композиционного материала в условиях чрезвычайных ситуаций, особенно при высоких температурах воздействия на конструкции при оценке показателей прочности и надежности конструкций в условиях чрезвычайных ситуаций. Пределы по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности REI базальтофибробетонной плиты соответствуют продолжительности до 45 минут. Установлено, что разработанный состав базальтофибробетона не изменяет свойства в условиях воздействия высоких температур при пожаре до 1100⁰С, что свидетельствует об его повышенной устойчивости.

6. Экономическая эффективность производства и применения разработанных фибробетонов на основании композиционного вяжущего с использованием местного сырья заключается в повышении эксплуатационных характеристик безопасности при снижении расхода клинкерной составляющей и применении техногенного сырья, улучшающего качество строительно-монтажных работ.

7. Разработана численная модель, вычислительные алгоритмы и программный комплекс расчёта прочности конструкции из композиционных материалов.

**SCIENTIFIC COUNCIL №PhD.22/01.02.2022.T.144.01 ON THE ADMISSION
OF SCIENTIFIC DEGREES AT TURIN POLYTECHNIC UNIVERSITY IN
TASHKENT**

TURIN POLYTECHNIC UNIVERSITY IN TASHKENT

RAZMUKHAMEDOV DANIYARBEK DJAKHANGIROVICH

**MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS STATE OF
STRUCTURAL ELEMENTS FROM COMPOSITE MATERIALS**

**05.09.01 – Building constructions, buildings and structures
05.01.07 – Mathematical simulation. Numerical methods and software**

ABSTRACT
of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences

Tashkent - 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number №2021.1.PhD/T2142.

The dissertation has been prepared at Turin Polytechnic University in Tashkent

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.polito.uz) and Information and Educational Portal«Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Polatov Askhat Muhamedjanovich

doctor of physical and mathematical sciences, professor

Abdullayev Farkhad Bahramovich

doctor of philosophy in mathematical sciences (PhD)

Official opponents:

Nazirova Elmira Shodmonovna

doctor of technical sciences, professor

Khotamov Asadulla Toshtemirovich

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Institute of mechanics and seismic stability of structures named after M.T.Urazbaev

Defense of dissertation will take place in «12» january 2024 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council PhD.22/01.02.2022.T.144.01 at Turin Polytechnic University in Tashkent city (Address: 100095, Tashkent, st. Kichik khalka yuli, 17. Phone: (+99871) 246-80-51; (+99871) 246-80-52; e-mail: info@polito.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Turin Polytechnic University in Tashkent city (registration number ____). (Address: 100095, Tashkent, st. Kichik khalka yuli, 17. Tel.: (+99871) 246-80-51).

The abstract of dissertation distributed «26» december 2023 year.
(mailing report № ____ on «26» december 2023 year.)

J.Sh.Inoyatkhodjaev

Chairman of Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

T.R. Polatov

Scientific secretary of the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of philosophy in technical sciences, associate professor

S.M.Usmanov

Chairman of scientific seminar under the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences

INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) thesis abstract)

The aim of the research work is to develop a numerical model for solving two-dimensional problems of physical linear deformations of structures made of composite materials, based on the finite element method, to determine the physicochemical parameters and fire resistance of basalt fibers in the concrete matrix.

The object of the research is the static processes of deformation of fiber-reinforced concrete structures with dispersed reinforcement.

Tasks of the research:

analysis of the current state of the theory and practice of selection, improvement and implementation based on the finite element method, a numerical model for solving problems of deformation of structural elements made of composite materials;

development of a software package for conducting computational experiments to determine the stress state of elements of concrete structures with dispersed reinforcement;

research and assessment of the influence of dispersed filler on the physical and mechanical characteristics of basalt fiber reinforced concrete and determination of the features of its structure formation;

research and assessment at different scale levels of the impact of high temperature (500⁰C, 600⁰C, 700⁰C, 900⁰C, 1100⁰C) on the structure of the optimized composition of basalt fiber reinforced concrete;

development and practical application of the optimized composition of basalt fiber reinforced concrete to determine the value of the residual load-bearing capacity of reinforced concrete structures when exposed to fire.

The scientific novelty of the research is as follows:

it was determined that the basalt fiber is used as a reinforcing material in a concrete mixture in a standard concrete matrix for the obtaining a high-strength cement concrete that increases the physical and mechanical parameters of the composite material;

the influencing mechanism of the volume content of the dispersed reinforcing material in the concrete matrix up to 4% of the volume of the determined concrete mixture, the increase of the physico-chemical parameters and the reduction of the porosity by improving the structure;

based on the analysis and study of fiber-reinforced concrete structure of different scales, it was determined that the introduction of basalt fiber as a composite mineral component of concrete binder can increase the provision of limit indicators for loss of load-bearing capacity and ensure the integrity of REI and thermal insulation ability under fire conditions;

Algorithms for solving the problems of deformation of construction elements made of composite materials using the finite element method have been developed, which allows to calculate the mechanical parameters of the composite material in a short time, thus the selected calculation method has been improved.

Implementation of the research results. The obtained scientific results on mathematical modeling of the stress state of structural elements made of composite materials are implemented:

the developed specialized composition of fiber-reinforced concrete from composite materials for various types of structures was implemented in the Institute

of Fire Safety under the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan (certificate of Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan № 36/3-1374 of 06.08. 2022). The technical and economic efficiency of the work consist in increasing the mechanical properties of composite materials, reducing costs and terms for carrying out development work and field tests;

certificate of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan №38/2-292 dated April 3, 2023. Developed technologies for obtaining a new composition of the concrete mixture based on a composite filler in the form of basalt fiber, which has increased indicators of maintaining integrity and heat-insulating parameters under temperature exposure in fire conditions.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation work consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendix. The main part of the dissertation consists of 123 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОКОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLICATIONS

І бўлим (І часть; Іpart)

1. Razmukhamedov D.D., Polatov A.M., Ikramov A. M. Finite Element Modeling of Multiply connected Three-Dimensional Areas // Advances in Computational Design, An International Journal Techno-Press Ltd. – 2020. – Vol. 5. – № 3. – p. 277-289. (05.00.00 №12)
2. Razmukhamedov D.D., Polatov A.M., Abdullayev F.B. Innovative approaches in the field of reinforcing reinforced concrete bridges based on the use of composite materials // European Journal of Technical and Natural Sciences. – Vol. 5(6). – 2020. p.204 – 209. (05.00.00 №12)
3. Razmukhamedov D.D., Polatov A.M., Ikramov A.M. Computational design of nonlinear stress-strain of isotropic materials // Chemical technology, control and management // Vol. 2(3). – 2020. – p. 204 – 209. (05.00.00 №12)
4. Razmukhamedov D.D., Pulatova L.T., Xudayberdiyeva A.I. Finite element modeling of nonlinear deformation of isotropic bodies // Special issue of the International scientific and technical journal «Chemical technology. Control and management». – № 4 (5). – 2022. –P. 204 – 209. (05.00.00 №12, Scopus, ОАКнинг 30.09.20223 йилдаги 471-сонҚарори)
5. Размухамедов Д.Дж., Хакимов О.Ш., Пулатова Л.Т. Микроскопический анализ свойств базальтофибробетона на основе местного минерального заполнителя // Научно-технический журнал «STANDARD». – 2022. – № 1. – С. 51 - 56. (05.00.00 №12)
6. Размухамедов Д.Дж., Пулатова Л.Т., Арипов С.А., Меденцев Н.В. Применение методов рентгенодифракционного и термического анализа базальтофибробетона, сталефибробетона при пожарно- технической экспертизе // Пожаро- взрывобезопасность. Научно-практический электронный журнал. – 2022. – № 1 (8). – С. 23 - 31. (05.00.00 №12)
7. Размухамедов Д.Дж., Пулатова Л.Т., Арипов С.А., Хайдаров Р.Х. Исследование показателей микроскопической структуры и огнестойкости базальтофибробетона в условиях воздействия высоких температур // Наука, защита, безопасность. Научно- практический журнал. – 2022. – № 2 (9). – С. 50 – 63. (05.00.00 №12)

ІІ бўлим (ІІ часть; ІІpart)

8. Размухамедов Д.Дж., Пулатова Л.Т., Арипов С.А. Оценка показателей термостойкости базальтофибробетона при пожарно-технической экспертизе // The scientific Heritage.-Budapesht. - 2023. -pp.77-87.
9. Размухамедов Д.Д., Полатов А.М. Математическое моделирование напряженного состояния элементов конструкций из композиционных материалов // Методические рекомендации. – Т. Издательство ООО “LessonPress”, – 2022. – 106 с.
10. Razmukhamedov D.D., Polatov A.M. Development of the technique of optimization of compositions of heavy concrete using the methods of final elements // European Science review. - 2019. - №7 (8). – P. 204 – 209.
11. Razmukhamedov D.D. Modern innovative developments in building material science // VII international scientific and technical conference metrology, information measuring technologies and systems, MIMTS-2020 // Kharkov, 2020. – P.120.
12. Razmukhamedov D.D., A.M. Polatov. A modern look at the practical use of innovative approaches in the application of super effective concrete // Сборник научных статей по итогам работы II Международной конференции «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». – Навои, 27 мая 2019. – С. 800 – 803.
13. Razmukhamedov D.D., Azizova O.I. A modern look at the practical use of innovative approaches in the application of super effective concrete // Сборник научных статей по итогам

работы 64-ой Международной научной конференции Астраханского государственного технического университета, посвященная 90-летию юбилею со дня образования АГТУ. – Астрахань, / 20-25 апреля 2020. – С. 800 – 803.

14. Размухамедов Д.Д., Худайбердиева А.И. Внедрение современных инновационных подходов в вопросы ресурсосбережения // Труды XXX научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. – Ташкент, 13-15 апреля 2021. – С. 233 – 235.

15. Размухамедов Д.Д., Полатов А.М., Абдуллаев Ф.Б. Разработка технологии создания конечно-элементного расчета конструкций с применением композиционных материалов // Сборник научных статей по итогам работы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». – Ташкент, 25-26 мая 2021. – С. 80.

16. Размухамедов Д.Д. Сравнительный анализ химических параметров базальтофибробетона и сталефибробетона с помощью дифрактометра // Сборник научных статей по итогам работы XXXI научно-технической конференции молодых ученых «Умидли кимёгар-2022». – Ташкент. – С.85.

17. Размухамедов Д.Д., Арипов С.А., Пулатова Л.Т. Показатели эксплуатационных свойств высокопрочного базальтофибробетона в условиях чрезвычайных ситуаций // AholivahududlarnifavquloddavaziyatlardanmuhofazaqilishdaFVDTxizmatlaritomonidanzamonaviyinnovatsiontexnologiyalarnijoriyetishdagidolzarbmuammolarvaularnihaletishyo'llari. – Ташкент. – 2022. – С. 139 – 140.

18. Размухамедов Д.Дж., Арипов С.А. Повышение эксплуатационных показателей в условиях чрезвычайных ситуаций бетонных элементов композиционными материалами // Kuchli zilzila bilan bog'liq favqulodda vaziyatlarning oldini muammolari va ularni haletish yo'llari. – Ташкент. – 2023. - С.55-62.

19. Размухамедов Д.Д., Пулатова Л.Т., Полатов А.М., Икрамов А.М., Арипов С.А. Kuchlanganlik holati parametrlarini hisoblash asosida beton konstruktsiyalarning chidamlilik ko'rsatkichlarini aniqlash // Свидетельство ЭВМ РУз (UZ) № DGU 15679 от 15.03.2022 г.

20. Размухамедов Д.Д., Полатов А.М., Икрамов А.М. Конечно-элементное представление конфигурации конструкции // Свидетельство ЭВМ РУз (UZ) № DGU 10482 от 10.02.2021 г.

21. Размухамедов Д.Д., Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М. Программа автоматизированного вычисления прочности бетона на сжатие при структурно-имитационном моделировании макроструктуры бетона // Свидетельство ЭВМ РУз (UZ) № DGU 05918 от 28.11.2018 г.

