

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/01.04.2023.T.90.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**G‘ULAMIDDINOV SARVARJON G‘AYRATJONOVICH**

**FIBROBETONDAN TAYYORLANGAN SIQILUVCHI TEMIR BETON  
ELEMENTLARNING DEFORMATSIYALANUVCHANLIGI,  
DARZBARDOSHLIGI VA MUSTAHKAMLIGI**

**05.09.01- Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar**

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

**Namangan– 2025**

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

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

**Contents of dissertation abstract of Doctor of Philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**G‘ulamiddinov Sarvarjon G‘ayratjonovich**

Fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligi..... 5

**Gulamiddinov Sarvarjon G‘ayratjonovich**

Деформативность, трещиностойкость и прочность сжатых железобетонных элементов из фибробетона..... 21

**Gulamiddinov Sarvarjon Gayratjonovich**

Deformability, crack resistance and strength of compressible reinforced concrete elements made of fiber concrete..... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....

46

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/01.04.2023.T.90.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**G‘ULAMIDDINOV SARVARJON G‘AYRATJONOVICH**

**FIBROBETONDAN TAYYORLANGAN SIQILUVCHI TEMIR BETON  
ELEMENTLARNING DEFORMATSIYALANUVCHANLIGI,  
DARZBARDOSHLIGI VA MUSTAHKAMLIGI**

**05.09.01- Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar**

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

**Namangan– 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.3.PhD/T4012 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Namangan davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)), Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.namdtu.uz](http://www.namdtu.uz)) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Xolmirzayev Sattar Abdujabbarovich**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Zulpuyev Abdivap Momunovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Abdullaev Ibroxim Numanovich**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Namangan "Kommunalta'mirloyiha" MCHJ.**

Dissertatsiya himoyasi Namangan davlat texnika universiteti huzuridagi PhD.03/01.04.2023.T.90.02 raqamli Ilmiy kengashning 2025- yil «12» noyabr soat 11<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: Namangan viloyati, Uychi tumani, Oqtosh MFY, Temurmaliq ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99869) 484-12-51; faks: (99869) 481 13 59, e-mail: [namdtu\\_info@edu.uz](mailto:namdtu_info@edu.uz).)

Dissertatsiya bilan Namangan davlat texnika universitetining axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 75-raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: Namangan sh. I.Karimov ko'chasi 12-uy. Tel.: (99869) 234-15-23; faks: (99869) 234-14-30, e-mail: [namdtu\\_info@edu.uz](mailto:namdtu_info@edu.uz).)

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «29» oktyabr kuni tarqatildi.

(2025-yil «21» iyundagi 1/2025-2 raqamli reyestr bayonnomasi).



**V.R.Xodjibayev**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,  
fizika-matematika fanlari doktori, professor

**X.L.Alimov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy  
kotibi, texnika fanlari nomzodi, dotsent

**R.X. Soliyev**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori,  
professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda qurilish sanoatining jadal rivojlanishi energiyatejamkor, ekologik sof va yuqori mustahkamlikka ega qurilish konstruksiyalariga bo'lgan talabni keskin ortishi sababli, beton va temir beton konstruksiyalarni mustahkamligini oshirish masalasi yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida yiliga 3 milliard kubometrdan ortiq beton va temir beton konstruksiyalardan foydalaniladi. Shuning uchun temir beton konstruksiyalarni dispers armaturalash yordamida ularning mustahkamligi va uzoq muddatga chidamliligini oshirish hamda olingan natijalarni amaliyotga joriy qilishni taqozo etadi. Shu jihatdan temir beton konstruksiyalarni ishlab chiqarishda energiya-resurstejamkor usullardan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda fibrobeton hamda fibrotemirbeton konstruksiyalarni ishlab chiqarish bilan, bino va inshootlarning mustahkamligini hamda ishonchliligini ta'minlashga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada bajarilgan ilmiy tadqiqotlar asosan egiluvchi temir beton elementlarni bazalt tolalari asosida dispers armaturalash yordamida tayyorlangan fibrobeton va fibrotemirbeton konstruksiyalarni mustahkamlik va deformatsiyalanuvchanlik xossalarini yaxshilash, ularning darzbardoshligini oshirish, egiluvchi elementlar solqiligini kamaytirish masalalariga e'tibor qaratilib, ma'lum yutuqlarga erishilgan. Bazalt tolalari asosida dispers armaturalangan fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligini o'rganish sohasida ilmiy-tadqiqotlar olib borish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Fibrobeton qo'llanilishining dastlabki davrlarida asosan po'lat tolalari bilan dispers armaturalashga asosiy e'tibor qaratilgan bo'lsa, hozirgi kunga kelib, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton konstruksiyalarning mustahkamlik-deformatsiyalanuvchanlik xossalarini o'rganish mavzusidagi tadqiqotlarga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda qurilish sohasini rivojlantirish, innovatsion texnologiyalarni qo'llagan holda bino va inshootlar hamda ularda qo'llaniladigan konstruksiyalarning mustahkamligi va ishonchliligini ta'minlash, xom-ashyo resurslaridan samarali foydalanish, mahalliy materiallarni ishlab chiqarishda qo'llash imkonini beruvchi yangi qurilish materiallari va konstruksiyalarini tayyorlash yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "OTMlarda arxitektura-qurilish sohasida olib borilayotgan ilmiy izlanishlarni amaliyot bilan uyg'unlashtirish", "Yangi yaratilgan va amaliyotga joriy qilingan qurilish materiallari bo'yicha normativ hujjatlarni ishlab chiqish"<sup>1</sup>, bundan tashqari,

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 11 sentyabrdagi PF-158-sonli “O‘zbekiston-2030 strategiyasi to‘g‘risidagi” Farmonida ko‘rsatilgan “Mahalliy xom ashyo bazasidan samarali foydalanish va ilg‘or texnologiyalarga asoslangan sanoatni rivojlantirish” bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, Jizzax viloyatining Forish tumanida joylashgan “Bazalt Uzbekistan” kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilayotgan bazalt tolalari asosida dispers armaturalangan fibrotemirbeton konstruktsiyalarni ishlab chiqarish, binolarning temir beton konstruktsiyalarida qo‘llaniladigan fibrotemirbeton konstruktsiyalarni kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini o‘rganish, shuningdek konstruktsiyalarning mustahkamligi, bikrligi va darzbardoshligi bo‘yicha hisoblash usullarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024 yil 17 apreldagi PQ-161-sonli “Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorda ko‘zda tutilgan “Yangi qurilish materiallarini sinash, ularning xossalarini o‘rganish va qo‘llash sohasini aniqlash, turli fibrobeton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan qurilish konstruktsiyalarini sinovdan o‘tkazish hamda ilmiy asoslangan tavsiyanomalar ishlab chiqish” hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy va huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirilishiga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. «Energetika, energiya va resurs tejamkorlik» ustuvor yo‘nalishlari doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Bazalt tolalar asosidagi fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligini tadqiq qilish muammolari bilan jahondagi yirik tadqiqotchilar jumladan: K.L.Kudyakov, Z.M.Yasmin, M.A.Haneen, P.P.Nihal, Sh.Shinu, J.Krassowska, A.Lapko, Li Shiping, Yibei Zhang, Wujun Chen, M. Aathithya Raja, G. Saravanan, V.S Satheesh va boshqalar ilmiy tadqiqotlar o‘tkazib, ushbu yo‘nalishni rivojlanishiga salmoqli hissa qo‘shganlar.

O‘zbekiston Respublikasida temir beton konstruktsiyalari sohasidagi yetakchi olimlar, jumladan: H.A.Akramov, B.A.Asqarov, A.A.Ashrabov, A.B.Ashrabov, Ch.R.Raupov, S.S.Shaumarov, Sh.Shojalilov, Sh.R.Nizomov, S.J.Razzakov, V.F.Usmonov, P.T.Mirzayev, A.A.Xodjayev, S.A.Xolmirzayev, B.Sh.Rizayev va boshqalar egiluvchi va siqiluvchi temir beton elementlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik, mustahkamlik va darzbardoshligini tadqiq qilish bo‘yicha bir qator tadqiqotlar olib borib, turli yillarda o‘z tadqiqotlari asosida muhim ilmiy va amaliy natijalarga erishganlar.

O‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bazalt tolalari asosida dispers armaturalangan fibrotemirbeton konstruktsiyalarni siqiluvchi temir beton konstruktsiyalarda qo‘llanilishi yetarli darajada o‘rganilmaganligi sababli, mazkur

sohada ilmiy tadqiqot ishlari olib borish zarur.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti, Namangan davlat texnika universiteti "Bino va inshootlar qurilishi" kafedrasining "O'zbekiston sharoitida kompozit va dispers armaturali beton va fibrobetonni tadqiq qilish va egiluvchi beton va fibrobeton konstruksiyasini modellashtirish sinash, hamda uzoq muddatga chidamliligini aniqlash (2022-2026yy.)" mavzusida bajarilgan amaliy loyiha doirasida amalga oshirilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** fibrobeton dan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligini tadqiq etishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

eksperimental tadqiqotlar yordamida bazalt tolalari asosida dispers armaturalangan siqiluvchi fibrotemirbeton ustunlarning kuchlanganlik deformatsiyalanuvchanlik holatini tadqiq qilish, ularni oddiy temir betondan tayyorlangan ustunlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holati bilan taqqoslash, natijalarni tahlil qilish va xulosalar olish;

turli ekstsentrisitetlar bilan yuklangan siqiluvchi fibrotemirbeton ustunlarning darzbardoshligini aniqlash, ularni oddiy temir beton ustunlarning darzbardoshligi bilan taqqoslash, natijalarni tahlil qilish va xulosalar olish;

eksperimental tadqiqotlar yordamida uch xil ekstsentrisitet ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan yuklangan fibrotemirbeton ustunlarning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash va oddiy temir beton ustunlarning yuk ko'tarish qobiliyati bilan solishtirib, natijalarni tahlil qilish;

eksperimental tadqiqotlar yordamida ikki xil katta ekstsentrisitetlar ( $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan yuklangan fibrotemirbeton ustunlardagi darzlarning ochilish enini aniqlash va uning nazariy qiymatlari bilan solishtirib, hisoblash formulalarini takomillashtirish;

eksperimental tadqiqotlar yordamida katta ekstsentrisitetlar bilan yuklangan fibrotemirbeton ustunlarning solqiliklarini aniqlash, ularning qiymatlarini oddiy temir beton ustunlarning solqiliklari bilan taqqoslash va natijalarni tahlil qilish;

oddiy temir beton va fibrotemirbeton ustunlarni ANSYS Workbench kompyuter dasturi yordamida virtual modellashtirish, shuningdek ularning mustahkamlik va deformatsiyalanuvchanlik xossalarini aniqlash, olingan natijalarni o'zaro taqqoslash hamda kuchlanganlik-deformatsiyalanuvchanlik holatlarini tahlil qilish;

dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarni qo'llanilishining iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

**Tadqiqotning ob'yekti** sifatida bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlar olingan.

**Tadqiqotning predmetini** bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan siqiluvchi fibrotemirbeton ustunlarning mustahkamligi, deformatsiyalanuvchanligi va darzbardoshligi tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarni statik yuklamalar ta'siriga sinash,

chegaraviy holatlar usuli bo'yicha hisoblash, tajriba-sinov natijalarini tahlil qilish hamda taqqoslash usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

eksperimental tadqiqotlar natijasida bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonlarning prizmatik mustahkamligi koeffitsienti og'ir betonnikidan farqli bo'lib, uning qiymati  $R_b/R = 0,82$  qabul qilinishi kerakligi asoslangan;

bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning deformatsiya moduli og'ir betonnikidan 30% yuqori ekanligini hisobga olgan holda uni aniqlash formulasi takomillashtirilgan;

eksperimental tadqiqotlar yordamida kichik ekstsentrisitetlar bilan yuklangan ( $e_0=0,2h_0$ ) bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarning mustahkamligi og'ir betonnikiga nisbatan 40-45%, katta ekstsentrisitetlar ( $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan yuklangan ustunlarning mustahkamligi esa 30-35% ortishi aniqlangan;

bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarni birinchi guruh chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashda kichik ekstsentrisitetlar bilan ( $e_0=0,2h_0$ ) yuklangan ustunlardagi betonning prizmatik mustahkamligi ( $R_b$ ) tegishli ish sharoiti koeffitsiyenti  $\gamma_{b1}=1,4$ , katta ekstsentrisitetlar ( $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan yuklangan ustunlarni prizmatik mustahkamligi esa  $\gamma_{b1}=1,3$  ga ko'paytirish yordamida aniqlanishi asoslangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

eksperimental tadqiqotlar yordamida turli ekstsentrisitetlar bilan yuklangan siqiluvchi fibrotemirbeton ustunlarning darzbardoshligini aniqlangan;

eksperimental tadqiqotlar yordamida uch xil ekstsentrisitet bilan ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) yuklangan fibrotemirbeton ustunlarning yuk ko'tarish qobiliyati ortishi aniqlangan;

eksperimental tadqiqotlar yordamida ikki xil katta ekstsentrisitetlar ( $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan yuklangan fibrotemirbeton ustunlarda darz hosil bo'lgandagi kuchlanishlar miqdorini aniqlash va darzlarning ochilish enini aniqlash formulalarini takomillashtirilgan;

fibrotemirbeton ustunlarni ANSYS Workbench kompyuter dasturi yordamida virtual modellashtirildi, shuningdek ularning mustahkamlik va deformatsiyalanuvchanlik xossalarini aniqlangan;

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Olingan tadqiqot natijalarining ishonchliligi, tadqiqotlar zamonaviy uslub va vositalardan foydalangan holda bajarilganligi, nazariy hisoblar va tajribalarni qurilish me'yorlari va qoidalari asosida amalga oshirilganligi, tajriba va nazariy tadqiqot natijalari hamda hisoblashning kompyuter dasturi asosida olingan natijalarning o'zaro mutanosibliigi va amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarning birinchi va ikkinchi guruh chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashni takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati esa, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan siqiluvchi fibrotemirbeton ustunlarni ko'p qavatli binolarda

qo'llanilish imkoniyatlari asoslanganligi hamda uning iqtisodiy samaradorligi aniqlanganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** “Fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligi” mavzusi doirasida olingan ilmiy natijalar asosida:

siqiluvchi temir-beton elementlar ishlab chiqarish jarayonida bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetondan foydalanish texnologiyasi "Bunyodkor-3" MChJda amaliyotga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024-yil 25-dekabrda №24-06/13800-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning siqilishga mustahkamligi an'anaviy, oddiy (dispers armaturalanmagan) betonga nisbatan 40–45% ga yuqori ekani aniqlangan. Bu ko'rsatkich yangi materialning yuk ko'tarish qobiliyati va konstruktiv ishonchligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Shuningdek, tadqiqot natijalari asosida, o'q bo'ylab siqilish holatida bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy deformatsiya qiymatlari aniqlanib, ularning barqarorligi va deformatsiyalanishga qarshiligi yuqori ekani tasdiqlandi hamda siqilishdagi chegaraviy deformatsiyalar oddiy betonga qaraganda 15-20%, cho'zilishda esa 20-25% yuqori ekanligi aniqlangan;

bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan siqiluvchi fibrotemirbeton elementlarni mustahkamlikka hisoblash usuli “Farg'ona Rahmatjon topograf” xususiy korxonasi tomonidan Furqat tumani 32-sonli umumta'lim maktabi hududida joylashgan 330 o'ringa mo'ljallangan o'quv binosi va sport zalini loyihalash jarayonida amaliyotga joriy etildi. (O'zR Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024-yil 25-dekabrda №24-06/13800-sonli ma'lumotnomasi). Natijada 15% gacha iqtisodiy tejamkorlikka erishilgan;

fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar asosida olingan ilmiy natijalar “O'zog'irsanoatloyiha” AJ tomonidan bino va inshootlarni loyihalash, qurilish jarayonlarida, rekonstruksiya qilish va ulardan foydalanishga joriy etilgan (O'zR Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024-yil 25-dekabrda №24-06/13800-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonda deformatsiyaning kuchlanish bilan bog'liqligi eksperimental sinov bilan aniqlangan hamda tajriba natijalariga ko'ra bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning o'rtacha zichligi 2000-2100 kg/m<sup>3</sup>ni tashkil qilganligi uchun, uning massai 15-20% ga kamayishi tufayli material sarfini tejash imkoniyatlari ko'rsatib berilgan;

Fibrotemirbeton ustunlarni ANSYS Workbench dasturi yordamida modellashtirish, hisoblash ishlari va takomillashtirilgan formulalar hamda tajriba-sinov natijalariga asoslanib olib borildi. Ushbu tadqiqotlar va hisoblash uslublari Farg'ona viloyati Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi hududiy boshqarmasi tomonidan amaliy loyihalash va hisoblash ishlarida qo'llash uchun joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024-yil 25-dekabrda №24-06/13800-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning deformatsiyalanuvchanligi nomarkaziy

siqilish sharoitida o‘rtacha 30% ga kamayganligi va boshlang‘ich elastiklik moduli esa o‘rtacha 30% ga ortganligi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatyasi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 3 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 13 ta ilmiy ishlar chop etilgan. Jumladan, yuqori impakt faktorli xorijiy ilmiy jurnallarda 4 ta, OAK tavsiya etgan respublika jurnallarida 2 ta maqola chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 100 betni tashkil etadi.

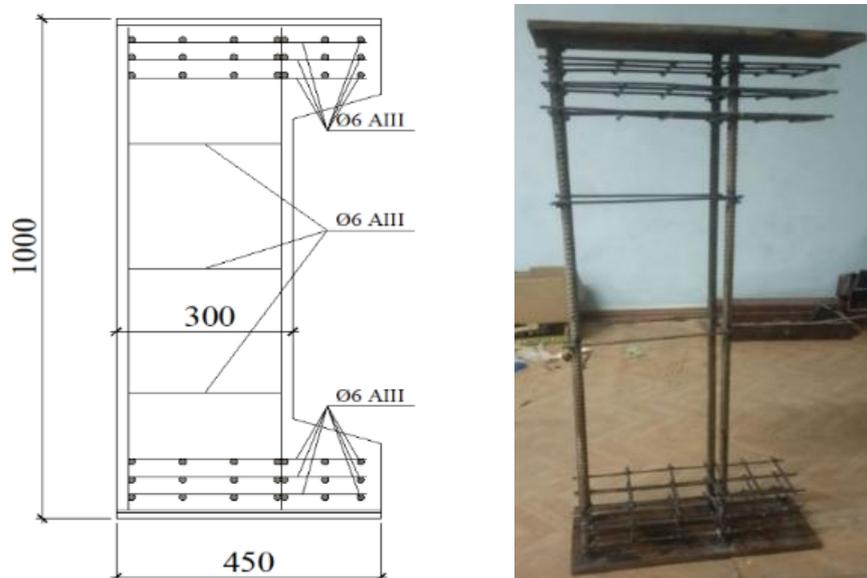
## DISSERTATSIYANING MAZMUNI

**Kirish** qismida tadqiqotning dolzarbligi asoslangan, muammoning o‘rganilganlik darajasi, tadqiqotning maqsad va vazifalari hamda tadqiqot ob‘yektini va predmeti keltirilgan. Shuningdek, tadqiqotning ilmiy yangiligi, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot natijalarining ishlab chiqarishga joriy etilganligi, ularning aprobatyasi va dissertatsiya mavzusiga oid chop etilgan ilmiy ishlar, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi to‘g‘risida ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Mavzuni o‘rganilganlik holati va masalaning qo‘yilishi**” deb nomlangan birinchi bobida, mavzu bo‘yicha turli tadqiqotchilar tomonidan chop etilgan ilmiy ishlarning tahlili va ilmiy yangiliklarining sharhlari keltirilgan. Fibrobeton tartibli yoki tartibsiz taqsimlangan holda tsement massasi - matritsada tolalarni o‘z ichiga olgan kompozit materialdir. Fibrobetonning mustahkamlik ko‘rsatkichlari, shubhasiz, tola turi, uning geometriyasi, tolaning tarkibi, tolaning yo‘nalishi va taqsimlanishi, yirik va mayda to‘ldiruvchilarning shakli va o‘lchamlariga bog‘liq bo‘ladi. Fibrobeton bo‘yicha tadqiqotlarni rivojlanishiga Xitoy, Avstraliya, Germaniya, Kanada AQSh, Rossiya va boshqa rivojlangan mamlakatlarning olimlari salmoqli hissa qo‘shganlar. Tolalar bilan dispers armaturalashda beton massa-matritsasining xossalari kompozit tuzilishiga bog‘liq. Tolalar bilan dispers armaturalangan mayda toshli beton uchun tsement massa-matritsa boshqa odatiy mayda toshli betonlardan farq qilmaydi va u tsement, qum, to‘ldiruvchi va suvdan tarkib topadi. Fibrobetonda tolaning miqdori tsement massasiga yoki betonning hajmiga nisbatan qo‘shilishi mumkin. Tola va tsement toshining o‘zaro ta‘siri, shuningdek tola bilan armaturalangan materialning tuzilishi va kompozit materialning tavsiflariga ta‘sir qiluvchi muhim xususiyatlardir. Fibrobetonning yuk ko‘tarish qobiliyati beton matritsada tolaning hajmiy ulushiga bog‘liq bo‘ladi. Fibrobeton tsement matritsada taqsimlangan kalta tolalardan iborat bo‘ladi.

Dissertatsiyaning “**Fibrobetondan tayyorlangan siqiluvchi temir beton elementlarni sinash metodikasi**” deb nomlangan ikkinchi bobida eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish dasturi, tajriba namunalarini tayyorlash, o‘tkaziladigan eksperimental tadqiqotlar uchun xom ashyo materiallari hamda ularning xossalari, fibrobeton tayyorlash uchun bazalt tolalarining asosiy ko‘rsatkichlari, tajribada qo‘llaniladigan B20 klassdagi betonning tarkibi, temir beton ustunlar tayyorlashda

qo‘llaniladigan armaturalarning xarakteristikalari, temir beton ustunlarni tayyorlash va ularni saqlash jarayoni, temir beton ustunlarni qisqa muddatli yuklamalarga sinash orqali ularning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligini aniqlash metodikasi yoritilgan.



**1-rasm. Namuna uchun tayyorlangan ustun karkasining ko‘rinishi**

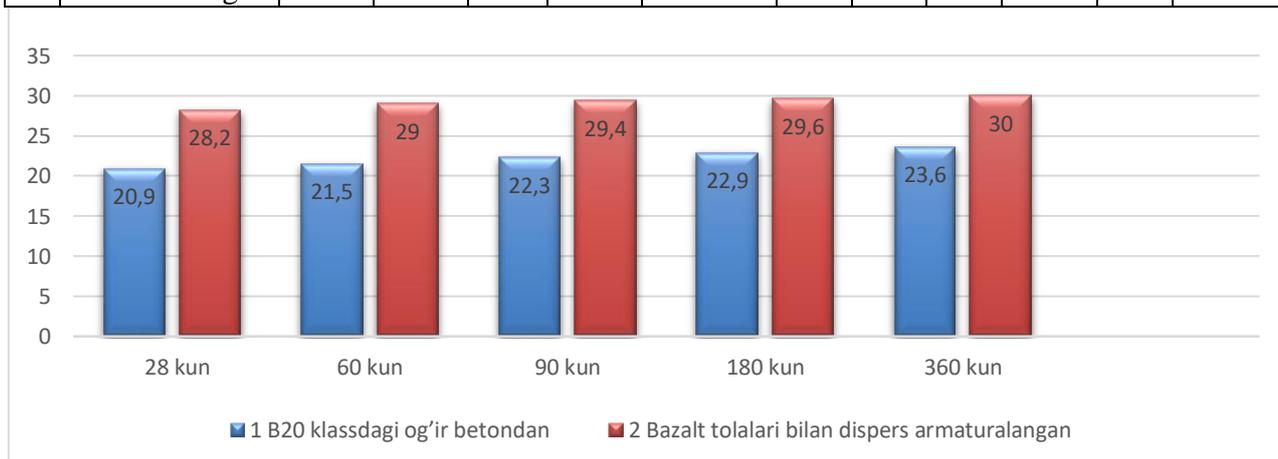
Tadqiqot o‘tkazish obyekti sifatida ko‘ndalang kesim tomonlari  $160 \times 300$  mm, uzunligi 1000 mm bo‘lgan temir beton ustunlar qabul qilindi (1-rasm). Mazkur ustunlarni armaturalashda ishchi armatura sifatida diametri 14 mm bo‘lgan A-III klassdagi sterjen armaturalardan foydalanildi. Temir beton ustunlar uchun armaturabop karkaslarni tayyorlashdan oldin har bir partiyadagi armaturadan uzunligi 1000mm bo‘lgan 5 tadan sterjen tanlab olindi. Nazorat sterjenlari Uz.RST 30062-93.ga asosan cho‘zilishga sinaldi. Qoliplash vaqtida armaturaning loyihaviy holatini saqlash va betonning himoya qatlamini ta‘minlash maqsadida armaturabop karkasga plastmassadan tayyorlangan maxsus fiksatorlar mahkamlandi. Armaturadagi deformatsiyalarni o‘lchash uchun ularga diametri 12 mm bo‘lgan metall shtirlar payvandlandi. Ustunlarni qisqa muddatli yuklamalarda sinash uchun ularni qolipdan olingandan keyin 28 sutkagacha normal sharoitda saqlandi. Ustunlarning 12 tasi bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton, qolgan 6 tasi esa B20 klassdagi og‘ir betondan tayyorlandi. Tajriba namunalari 3 xil ekstsentrisitet bilan ( $0,2h_0$ ;  $0,5h_0$ ;  $0,8h_0$ ) kuchlanganlik deformatsiya holatining barcha bosqichlarida buzilishgacha sinaldi. Yuklama oralig‘i, kutilayotgan buzuvchi yuklamaning 0,05 ulushiga teng miqdorda oshirib borildi. Darzlar hosil bo‘lgandan keyin esa 0,1 ulushicha yuklama orttirib borildi. Yuklama berilgan har bir bosqichdan keyin ustundagi sirpanish deformatsiyasini aniqlash maqsadida 30 minutdan kutib turildi. Sinovlar davrida beton va armaturaning nisbiy deformatsiyalari, darzlarning ochilish eni hamda cho‘ziluvchi zonadagi solqiliklar o‘lchab borildi. Ustunning balandligi bo‘ylab deformatsiyalar 50 mmli bazada soat ko‘rinishidagi indikatorlar bilan o‘lchandi. Darzlarning ochilish eni esa 24 barobar kattalashtirib ko‘rsatuvchi mikroskop yordamida o‘lchandi.

Temir beton ustunlar bilan bir xil tarkibdan tomonlari 100×100×100mm bo‘lgan kub namunalari tayyorlandi. Ushbu namunalar ustunga qo‘llanilgan B20 klassdagi beton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetondan iborat bo‘lib, ular 28, 60, 90, 180 va 360 sutkalik muddatlarda B20 klassdagi beton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonlardan tayyorlangan namunalardan iborat edi. Yuqorida ko‘rsatilgan har bir muddat uchun 10 tadan B20 klassdagi og‘ir beton hamda 10 tadan bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobeton tayyorlandi. Tayyorlangan barcha namunalar bir xil sharoitlarda saqlandi. Kub namunalarni sinashda PM-250 markadagi gidravlik pressdan foydalanib, Uz.RST 10180-18 talablariga mos keluvchi uslubda sinaldi. Har bir muddat uchun 20 tadan namuna sinaldi.

Dissertatsiyaning **“Bazalt tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning mustahkamligi va deformatsiyalanuvchanligi”** deb nomlangan uchinchi bobida B20 klassdagi og‘ir beton hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning mustahkamligi va deformatsiyalanuvchanlik xossalari aniqlandi.

**1-jadval. B20 klassdagi og‘ir betondan va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betonlarning kubikaviy mustahkamligining vaqt davomida o‘zgarishi.**

№	Dispers armaturalanish holati	Bazalt tola qo‘shilgan betonning kubikaviy mustahkamligi (MPa), sutkalarda					Bazalt tola qo‘shilgan betonning turli vaqtlardagi ish sharoiti koeffitsiyenti					Tavsiya qilingan qiymat
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1.	B20 klassdagi og‘ir betondan	20.9 100	21.5 103	22.3 107	22.9 110	23.6 113	1,35	1,39	1,41	1,44	1,44	1,4
2.	Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan	28.2 135	29 139	29.4 141	29.6 142	30 144						



**2-rasm. B20 klassdagi og‘ir betondan va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betonlarning kubikaviy mustahkamligining vaqt davomida o‘zgarishi**

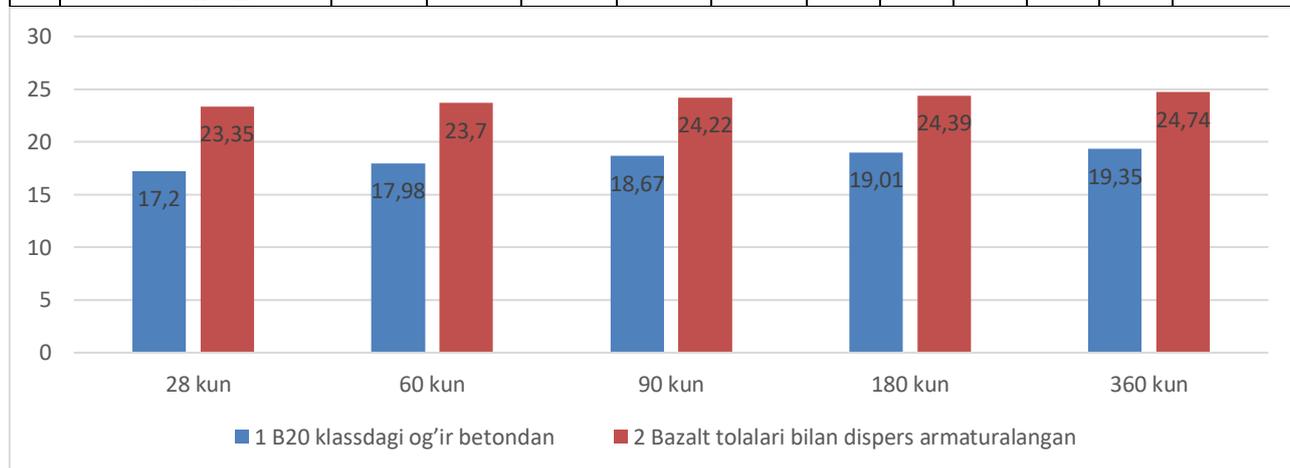
Ularning vaqt davomida mustahkamligi va deformatsiya modulining o‘zgarishini aniqlash uchun 28, 60, 90, 180 va 360 sutkalardagi kubikaviy va prizmatik mustahkamligi, kub namunalarni sinash orqali aniqlandi.

Sinov natijalaridan ko‘rinib turibdiki, 360 sutka davomida bir xil sharoitda saqlangan B20 klassdagi og‘ir beton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan

fibrobetonning mustahkamligi aniqlanib, o‘zaro solishtirilganda fibrobetonning kubikaviy va prizmatik mustahkamliklari 40%ga ortganligi aniqlandi. Og‘ir beton bilan bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning mustahkamligini o‘zaro farqlari 360 sutkada ham 28 sutkadagi mustahkamliklari farqlaridan deyarli o‘zgarmadi. Ta’kidlash joizki, tayyorlanganiga bir yil muddat o‘tgandan keyin ham fibrobeton og‘ir betonga qaraganda mustahkamligi yuqoriligi saqlanib qoladi.

**2-jadval. B20 klassdagi og‘ir beton hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan beton namunalarning prizmatik mustahkamligini vaqt davomida o‘zgarishi**

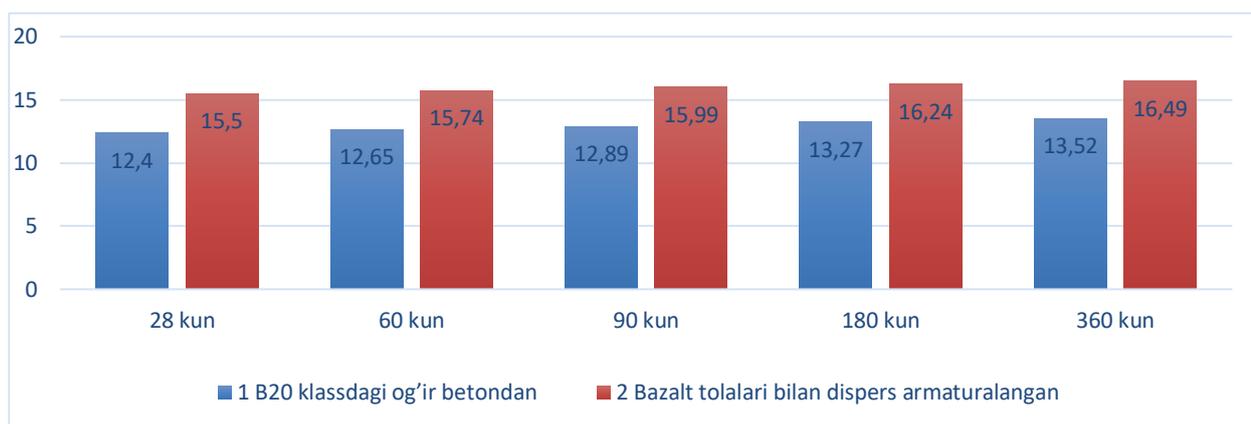
№	Dispersarmatura lanish holati	Bazalt tola qo‘shilgan betonning prizmatik mustahkamligi (MPa) sutkalarda					Bazalt tola qo‘shilgan betonning turli vaqtlardagi ish sharoiti koeffitsiyenti.					Tavsiya qilingan qiymat
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1.	B20 klassdagi og‘ir betondan	$\frac{17.2}{100}$	$\frac{17.98}{105}$	$\frac{18.67}{109}$	$\frac{19.01}{111}$	$\frac{19.35}{113}$	1,35	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
2.	Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betondan	$\frac{23.35}{135}$	$\frac{23.7}{137}$	$\frac{24.22}{140}$	$\frac{24.39}{141}$	$\frac{24.74}{143}$						



**3-rasm. B20 klassdagi og‘ir beton hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan beton namunalarning prizmatik mustahkamligini vaqt davomida o‘zgarishi.**

**3-jadval. B20 klassdagi og‘ir beton hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan beton namunalarning deformatsiya modulini vaqt davomida o‘zgarishi  $E_b \cdot 10^{-3}$ (MPa)**

№	Dispers armaturalanish holati	B20 klassdagi og‘ir beton va bazalt tolalar bilan dispers armaturalangan betonning deformatsiya moduli (sutkalarda)					Turli muddatlarda bazalt tola qo‘shilgan beton deformatsiya modulining ish sharoiti koeffitsiyenti (sutkalarda)					Tavsiya qilingan qiymat $\beta_b$
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1	B20 klassdagi og‘ir betondan	$\frac{12.4}{100}$	$\frac{12.65}{102}$	$\frac{12.89}{104}$	$\frac{13.27}{107}$	$\frac{13.52}{109}$	1,25	1,25	1,27	1,27	1,3	1,3
2	Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betondan	$\frac{15.5}{125}$	$\frac{15.74}{127}$	$\frac{15.99}{129}$	$\frac{16.24}{131}$	$\frac{16.49}{133}$						



**4-rasm. B20 klassdagi og'ir beton hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobeton namunalarning deformatsiya modullarini vaqt davomida o'zgarishi.**

Eksperimental tadqiqot natijalarining ko'rsatishicha, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning deformatsiya moduli B20 klassdagi og'ir betonning deformatsiya modulidan 25-30% ko'proqdir. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning deformatsiya modulini quyidagi formula bilan aniqlash tavsiya qilinadi:

$$E_b = 3130 \cdot \rho \cdot \sqrt[3]{R} \cdot \beta_B \quad (1)$$

bu yerda:  $\rho$  - betonning o'rtacha zichligi,  $t/m^3$ ;  $R$  - betonning kubikaviy mustahkamligi, MPa;  $\beta_B$  - bazalt tola qo'shilgan betonning deformatsiya modulini ortishini hisobga oluvchi koeffitsient.

Ushbu koeffitsientning qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\beta_B = \frac{E_{bf}}{E_b} \quad (2)$$

bu yerda:  $E_{bf}$  - bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan namunalarning deformatsiya moduli;  $E_b$  - bazalt tola qo'shilmagan beton namunalarning deformatsiya moduli.

**4-jadval. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betonning mustahkamligi va deformatsiyalarining vaqt davomida o'zgarishi**

Dispers armaturalanganlik holati	Betonni saqlangan muddati	Hajmiy og'irligi $kgs/m^3$	$R$ , MPa	$R_v$ , MPa	$K_{vs}$	$E_v$ MPa	$\epsilon_{vs} \cdot 10^{-5}$
Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobeton	28	2410	28,2	23,35	0,82	13000	190
	60	2405	29	23,7	0,82	13800	194
	90	2390	29,4	24,22	0,83	15300	197
	180	2390	29,6	24,39	0,83	15800	208
	360	2390	30,0	24,74	0,84	16100	215
B20 klassdagi og'ir beton	28	2340	20,9	16,3	0,72	12400	205
	60	2320	21,5	17,1	0,79	12500	205
	90	2300	22,3	17,7	0,79	12500	241
	180	2280	22,9	18,0	0,81	13200	237
	360	2280	23,6	18,4	0,77	14000	259

Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy deformatsiyalaridan biroz boshqacharoq xulosalar chiqarish mumkin. Fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligi uning qotish sharoitiga bog'liq. Tajriba natijasida olingan 2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan

fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligi B20 klassdagi og‘ir beton namunalarnikiga qaraganda 11% ko‘proqdir.

**5-jadval. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligini vaqt davomida o‘zgarishi**

t/r	Betoning turi	B20 klassdagi og‘ir beton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligining vaqt davomida o‘zgarishi				
		28	60	90	180	360
1	Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobeton	196	202	209	227	236
2	B20 klassdagi ogir beton	202	210	219	237	249

Jadvaldagi qiymatlardan ko‘rinib turibdiki, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligi uning saqlangan muddatiga ham bog‘liq. Uning o‘shishi bilan chegaraviy siqiluvchanlik ortib boradi. Ushbu tadqiqotlarning natijasiga ko‘ra, chegaraviy siqiluvchanlik bilan bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan betonning boshlang‘ich deformatsiya moduli orasida bog‘liqlik mavjudligini aniqlash mumkin. Chegaraviy siqiluvchanlik to‘g‘risidagi sinov natijalarini tahlil qilinganda, chegaraviy deformatsiyalar yig‘indisi shartli ravishda elastik va noelastik tashkil etuvchilarga bo‘linadi.

Bundan tashqari, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligi uning saqlangan muddatiga ham bog‘liq. Uning o‘shishi bilan chegaraviy siqiluvchanlik ortib boradi. Ushbu tadqiqotlarning natijasiga ko‘ra, chegaraviy siqiluvchanlik bilan bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning boshlang‘ich deformatsiya moduli orasida bog‘liqlik mavjudligini aniqlash mumkin. Chegaraviy siqiluvchanlik to‘g‘risidagi sinov natijalarini tahlil qilinganda, chegaraviy deformatsiyalar yig‘indisi shartli ravishda elastik va noelastik tashkil etuvchilarga bo‘linadi.

Tajribalarning ko‘rsatishicha, bazalt tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning chegaraviy siqiluvchanligini amaldagi qiymati bazalt tola qo‘shilmagan betonnikiga nisbatan katta bo‘lib, ushbu qiymat uning mustahkamligi hamda yuklama qo‘yilgan vaqtiga bog‘liqdir. Bazalt tolalar bilan dispers armaturalangan betonning chegaraviy siqiluvchanligining o‘zgarishi 2-jadvalda keltirilgan. Chegaraviy siqiluvchanlikning o‘rtacha qiymatlarini o‘zgarishi betonning yuk qo‘yilgan vaqtdagi yoshi va qotish sharoiti bilan birgalikda ko‘rish lozimligini ifodalaydi. Ular orasidagi bog‘liqlikni quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\varepsilon_b \cdot 10^{-3} = 36,1 \cdot \sqrt[3]{R^2} \quad (3)$$

bu yerda:  $R$  – yuklama qo‘yilgan vaqtdagi betonning mustahkamligi; MPa.

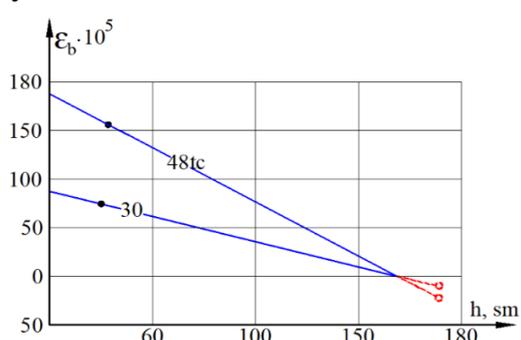
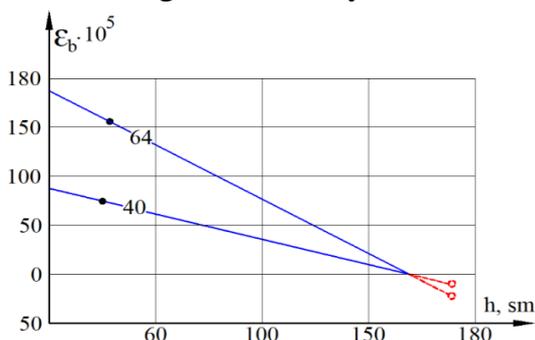
Ushbu ifoda chegaraviy siqiluvchanlik bilan uning mustahkamligi orasidagi bog‘lanish borligini tasdiqlaydi. O‘tkazilgan nazariy hisoblar ularning tajribaviy qiymatga yaqin ekanligini ko‘rsatdi. Bunda tajribaviy qiymat bilan nazariy hisoblarning nisbati 1,05 ekanligini ko‘rsatganligi uchun (3) formulani amalda qo‘llash mumkin ekanligini tasdiqlaydi.

Dissertatsiyaning **Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton ustunlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligi** deb

nomlangan to'rtinchi bobida uch xil ekstsentrissetlar ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$ ) bilan buzilishgacha sinalgan B20 klassdagi og'ir betondan tayyorlangan temir beton ustunlar va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarning eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan.

Darzlar hosil bo'lgunga qadar, cho'ziluvchi armatura va betonning siqiluvchi zonasidagi armaturalarning deformatsiyalari deyarli bir xil bo'ladi. Yuklamaning qiymatini orttirib borilgan sari, ayniqsa darzlar hosil bo'lgandan keyin cho'ziluvchi armatura va siqiluvchi betondagi deformatsiyalar ortib boradi. Ustunlarga  $e_0=0,2h_0$  ekstsentrisset bilan  $0,5 \cdot N_u$  intensivlikdagi yuklama qo'yilganda, cho'ziluvchi armaturalarning deformatsiyalari: dispers armaturalanmagan ustunlarda  $21,9 \cdot 10^{-5}$  (5-rasm), bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarda esa  $15,1 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ularning qiymati 30-35% ga farq qiladi, ya'ni ustunlarni dispers armaturalash ularning deformatsiyalanishini kamaytiradi. Ustunning chetki siqiluvchi tolasidagi deformatsiyalar dispers armaturalanmagan ustunlarda  $126 \cdot 10^{-5}$ , dispers armaturalangan ustunlarda esa  $190 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ular orasidagi farq o'rtacha 40-45% ni tashkil qiladi, ya'ni bunda ham dispers armaturalangan ustunlarning deformatsiyalanuvchanligi kamayadi.

Ustunlarga  $e_0=0,5h_0$  ekstsentrisset bilan  $0,5 \cdot N_u$  intensivlikdagi yuklama berilganda, cho'ziluvchi armaturalarning deformatsiyalari: dispers armaturalanmagan ustunlarda  $26,7 \cdot 10^{-5}$  (6 rasm), bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarda esa  $19,4 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ularning qiymati 33-39% ga farq qiladi, ya'ni ustunlarni dispers armaturalash ularning deformatsiyalanishini kamaytiradi. Ustunlarning chetki siqiluvchi tolasidagi deformatsiyalar dispers armaturalanmagan ustunlarda  $224 \cdot 10^{-5}$ , dispers armaturalangan ustunlarda esa  $154 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ular orasidagi farq o'rtacha 30-40% ni tashkil qiladi, ushbu holda ham dispers armaturalangan ustunlarning deformatsiyalanuvchanligi kamayadi.



**5-rasm. Yuklama  $e_0=0,2h_0$  va  $e_0=0,5h_0$  ekstsentrissetlar bilan ta'sir qilgan bazalt tolali fibrotemirbeton ustunlardagi beton va armaturaning deformatsiyalari** • - betonning deformatsiyasi -----cho'zilish o- armaturaning deformatsiyasi \_\_\_\_ siqilish

Ustunlarga  $e_0=0,8h_0$  ekstsentrisset bilan  $0,5 \cdot N_u$  intensivlikdagi yuklama berilganda, cho'ziluvchi armaturalarning deformatsiyalari: dispers armaturalanmagan ustunlarda  $38,6 \cdot 10^{-5}$  (7-rasm), bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarda esa  $27,4 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ularning qiymati 30-35% ga farq qiladi, ya'ni ustunlarni dispers armaturalash ularning deformatsiyalanishini kamaytiradi. Ustunning chetki siqiluvchi tolasidagi deformatsiyalar dispers armaturalanmagan ustunlarda  $231 \cdot 10^{-5}$ ,

dispers armaturalangan ustunlarda esa  $182 \cdot 10^{-5}$  ni tashkil qilib, ular orasidagi farq oortacha 25-30%ni tashkil qiladi, bunday ekstsentrismet bilan yuklama berilganda, dispers armaturalangan ustunlarning deformatsiyalanuvchanligi kamayadi.

Eksperimental tadqiqot natijalariga ko'ra, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton ustunlarning darzbardoshligi o'rtacha 40-60% ortishi aniqlandi. Shuningdek, ekspluatatsiyaviy yuklamalarda darzlarning ochilish eni 1,5-1,8 barobar kamayishi aniqlandi.

Dispers armaturalanmagan temir beton ustunlarda darzlarning ochilish enining ShNQ 2.03.01-24 bo'yicha hisoblangan nazariy qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

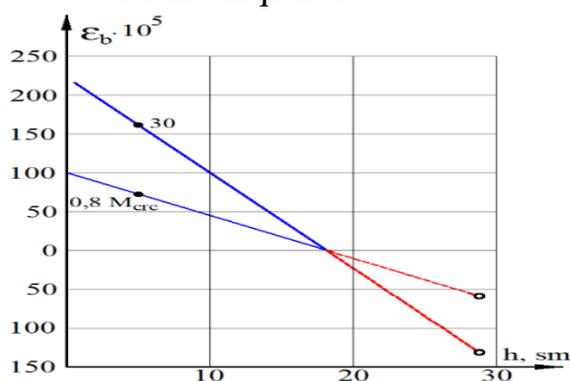
$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 20 (3.5 - 100 \mu) (\sigma_s / E_s)^{3/4} \sqrt{d} \quad (4)$$

bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarda esa

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 14 (3.5 - 100 \mu) (\sigma_s / E_s)^{3/4} \sqrt{d} \quad (5)$$

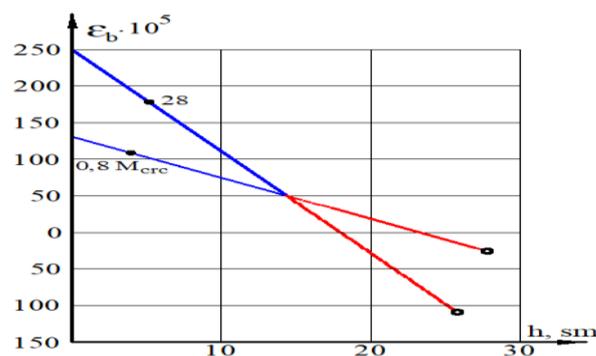
Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlardagi darzlarning ochilish enini (5) formula bilan hisoblangan qiymati sinov natijalari bilan solishtirilgandagi farq qoniqarli darajada ekanligi aniqlandi.

Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton ustunlarning mustahkamligini aniqlashda B20 klassdagi og'ir betondan tayyorlangan temir beton ustunlar hamda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarning mustahkamligi o'zaro solishtirilib, natijalar tahlil qilindi. Natijalardan ko'rinib turibdiki,  $e_0=0,2h_0$  ekstsentrismet bilan bo'yama kuch ta'sir qilganda bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarning mustahkamligi 30-35%,  $e_0=0,5h_0$  va  $e_0=0,8h_0$  ekstsentrismetlar bilan yuklama ta'sir qilganda esa mos ravishda 25-30% va 40-45% ortishi aniqlandi.



**6-rasm.** Yuklama  $e_0=0,8h_0$  ekstsentrismet bilan ta'sir qilgan bazalt tolali fibrotemirbeton ustunlardagi beton va armaturaning deformatsiyalari.

● - betonning deformatsiyasi, ----- cho'zilish,  
○ - armaturaning deformatsiyasi, — siqilish.



**7-rasm.** Yuklama  $e_0=0,8h_0$  ekstsentrismet bilan ta'sir qilgan dispers armaturalanmagan temir beton ustunlardagi beton va armaturaning deformatsiyalari.

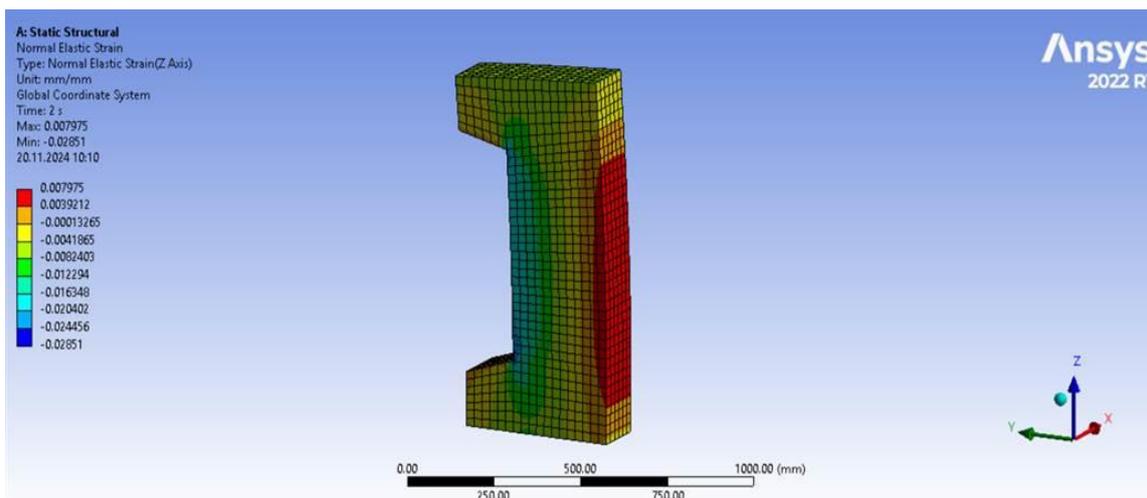
● - betonning deformatsiyasi, ----- cho'zilish,  
○ - armaturaning deformatsiyasi, — siqilish.

ANSYS dasturiy ta'minotida eksperimental namunalarni modellashtirish.

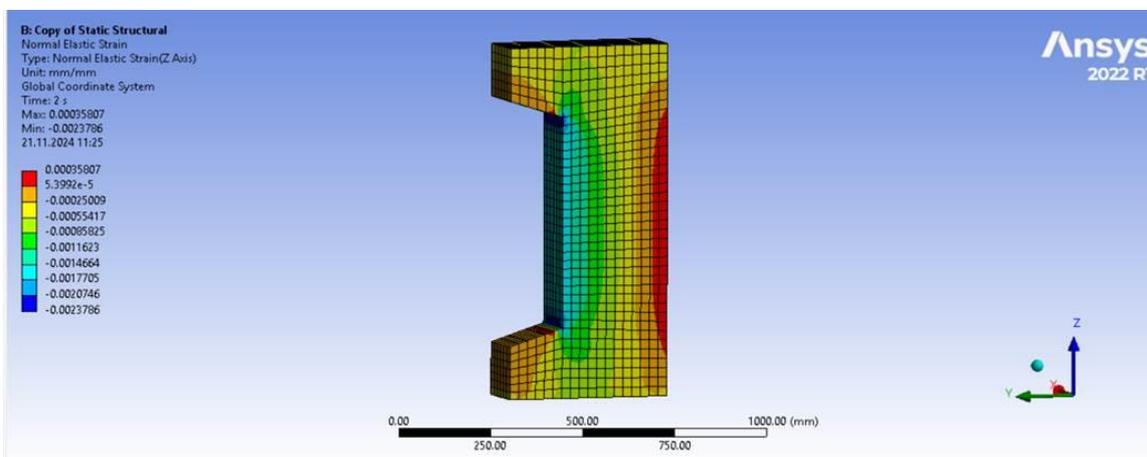
Raqamli tadqiqot davomida tajriba namunalari bilan bir xil bo'lgan 3 turdagi temir beton va 3 turdagi bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton ustunlar modellashtirildi.

ANSYS dasturiy ta'minotida beton va fibrobeton ustunlarni tajriba namunalari bilan bir hil o'lchamlarda modellashtirishdi. Ustunlar uchun armatura, beton va fibrobetonning mexanik xususiyatlari laboratoriya sinovlari orqali aniqlandi va ANSYS dasturida material hosil qilish uchun foydalanildi. Tayyorlangan nomarkaziy siqiluvchi ustunlardagi xususiy hol uchun chekli elementlarning umumiy soni bitta ustunda 6908 tani tashkil etdi. Temir beton va fibrotemirbeton ustunlarga yuklamalar turli nisbiy eksentrisitet  $e_0/h_0$  holatlarida, ya'ni 5.4, 13.5 va 21.6 sm masofalarda berildi.

Oddiy temir beton ustunlarda yuklamalarni berishda nisbiy eksentrisitet 5.4 sm bo'lganda, ya'ni K-1 seriyadagi ustunlarda buzuvchi kuchning miqdori 432 kN ni tashkil etdi. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarda K-7 seriyadagi namunalarda esa bu ko'rsatkich 590 kN ni tashkil etdi. Nisbiy eksentrisitet 13.5 sm bo'lganda, ya'ni K-2 seriyadagi oddiy temir beton ustunlarda buzuvchi kuchning miqdori 330 kN ni tashkil etgan bo'lsa, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarda ya'ni K-8 seriyadagi ustunlarda 420 kN ni tashkil qildi. Oddiy temir beton ustunlarda nisbiy eksentrisitet 21.6 sm bo'lganda ya'ni K-3 seriyadagi ustunlarda buzuvchi kuchning miqdori 160 kN ni tashkil etdi. K-9 seriyadagi ustunlarning yuk ko'tarish qobiliyati 240 kN tashkil qildi.



8-rasm. Oddiy temirbeton ustundagi nisbiy deformatsiyaning ko'rinishi.



9-rasm. Fibrotemirbeton ustundagi nisbiy deformatsiyaning ko'rinishi.

Oddiy temir beton va bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlardagi buzuvchi kuchning miqdorlari 10-rasmda keltirilgan.

**Temir beton va fibrotemirbeton ustunlardagi buzuvchi kuchning miqdori**



**10-rasm. Buzuvchi kuch grafi.**

## YAKUNIY XULOSALAR

1. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning kubikaviy va prizmatik mustahkamligi oddiy betonnikiga qaraganda 30÷40 % yuqori ekanligi aniqlandi.
2. Uzunligi 15 mm bo‘lgan bazalt tolalar bilan dispers armaturalangan fibrobetonning cho‘zilishdagi mustahkamligi oddiy beton namunalarga nisbatan 30÷35 % ortishi aniqlandi.
3. Ma‘lumki ShNQ 2.03.01-24 bo‘yicha betonning prizmatik mustahkamlik koeffitsienti  $R_b/R=(0,77-0,00125R)$  formuladan aniqlanishi va uning qiymati  $R_b/R=0,783$  qabul qilingan. O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar ushbu qiymat bazalt tolali fibrobetonlar uchun  $R_b/R=0,82$ dan kam bo‘lmasligi asoslandi.
4. Nomarkaziy siqilishda fibrobetonning deformatsiyalanuvchanligi kamayadi. Uning qiymati dispers armaturalanmagan betonga qaraganda o‘rtacha 45% ni tashkil qiladi.
5. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrobetonning boshlang‘ich deformatsiya moduli o‘rtacha 30% yuqori bo‘lib, uning qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E_b = \frac{520000 \cdot R_b}{100 + R_b}$$

6. Eksperimental tadqiqot natijalariga ko‘ra, bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan temir beton ustunlarning darzbardoshligi o‘rtacha 40-60% ortishi aniqlandi. Shuningdek ekspluatatsiyaviy yuklamalarda darzlarning ochilish eni 1,5-1,8 barobar kamayishi isbotlandi.
7. Temir beton ustunlarda darzlarni ochilish enining ShNQ 2.03.01-24 bo‘yicha hisoblangan nazariy qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 20(3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^3 \sqrt{d}$$

Eksperimental tadqiqot va ularning natijalarini qayta ishlash orqali bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan ustunlarda esa darzlarning ochilish enini aniqlash uchun quyidagi formula ishlab shiqildi:

$$a_{crc} = \delta\eta\phi_l 14 (3.5 - 100\mu)(\sigma_s/E_s)^{\sqrt[3]{d}}$$

8. Bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarning mustahkamligi va darzbardoshligini aniqlashda betonning deformatsiyalanish diagrammasini hisobga olgan holda soddalashtirilgan usuli ishlab chiqildi.

9. Bazalt tolalarini betonga qo'shilishi tufayli sinov ustunlarining buzilish bosqichi oddiy temir beton elementlardagi kabi mo'rt emas, balki darzlar hosil bo'lgan joylardagi bazalt tolalarining qarshiligi tufayli plastik xarakterga ega bo'lishi asoslandi. Bazaltli fibrotemirbeton ustunlarning yuk ko'taruvchanligi oddiy temir betondan tayyorlangan ustunlarnikiga qaraganda 15-20% yuqori bo'lishi aniqlandi.

10. Oddiy temir beton o'rniga bazalt tolalari bilan dispers armaturalangan fibrotemirbeton ustunlarni qo'llanilishi natijasida 1m<sup>3</sup> beton uchun iqtisodiy samaradorlik 29000 so'mni tashkil etadi. Yiliga 25000 m<sup>3</sup> temir beton ishlab chiqaradigan korxonaga uchun iqtisodiy samaradorlik yiliga 725000000 so'mni tashkil qiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/01.04.2023.Т.90.02  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
НАМАНГАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ГУЛАМИДДИНОВ САРВАРЖОН ГАЙРАТЖАНОВИЧ**

**ДЕФОРМАТИВНОСТЬ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ  
СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ФИБРОБЕТОНА**

**05.09.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения**

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

**Наманган– 2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером В2023.3.PhD/Т4012.**

Диссертация выполнена в Наманганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)), размещён на веб-странице Научного Совета ([www.nammqi.uz](http://www.nammqi.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz)).

**Научный руководитель:** Холмирзаев Саттар Абдужаббарович  
кандидат технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Зулпуев Абдивап Момунович  
доктор технических наук, профессор

Абдуллаев Иброхим Нуманович  
кандидат технических наук, профессор

**Ведущая организация:** Наманган ООО «Коммуналтаъмирлойиха».

Защита диссертации состоится «12» ноябрь 2025 г. в 11<sup>00</sup> часов на заседании Научного Совета PhD.03/01.04.2023.Т.90.02 Наманганского технического университета по присуждению ученых степеней (Адрес: 160103, г. Наманганская область, Уйчинский район, МСГ «Октош» ул Темурмалик, дом 1. Тел/Факс: (998 69-484-12-51), e-mail: [namdtu\\_info@edu.uz](mailto:namdtu_info@edu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского государственного технического университета (зарегистрирован за №75 ). Адрес: 160103, г. Наманган, улица Ислама Каримова, дом 12. Тел/Факс: (998 69-234-15-23), e-mail: [namdtu\\_info@edu.uz](mailto:namdtu_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «29» октября 2025 г.  
(реестр протокола рассылки № 1/2025-2 «21» июнь 2025 г.)



**В.Р.Ходжибаев**  
Председатель Научного Совета по  
присуждению ученых степеней, д.ф-м.н.,  
профессор

**Х.Л.Алимов**  
Ученый секретарь Научного Совета по  
присуждению ученых степеней, к.т.н.,  
доцент

**Р.Х.Солиев**  
Председатель Научного семинара по  
присуждению ученых степеней, д.т.н.,  
профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В связи с резким ростом спроса на энергоэффективные, экологически чистые и высокопрочные строительные конструкции, стремительное развитие строительной промышленности в мире занимает одно из ведущих мест в вопросе повышения прочности бетонных и железобетонных конструкций. В мировом масштабе ежегодно используется более 3 миллиарда кубометров бетонных и железобетонных конструкций. Поэтому с помощью дисперсного армирования железобетонных конструкций требуется повышение их прочности и долговечности, а также внедрение полученных результатов в практику. В этом плане важное значение имеет использование энергосберегающих методов в производстве железобетонных конструкций.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по производству фибробетона и фиброжелезобетонных конструкций для обеспечения прочности и надежности зданий и сооружений. Проведенные в этом направлении научные исследования в основном посвящены вопросам улучшения прочностных и деформационных свойств фибробетонных и фиброжелезобетонных конструкций, изготовленных дисперсным армированием на основе базальтовых волокон изгибаемых железобетонных элементов, повышения их прочности, снижения прогибов изгибаемых элементов достигнуты определенные успехи. Одной из важных задач является проведение научных исследований в области изучения деформативности, трещиностойкости и прочности сжатых железобетонных элементов из фибробетона с дисперсным армированием на основе базальтовых волокон. В то время как на ранних стадиях применения фибробетона основное внимание уделялось дисперсного армирования стальными волокнами, а в настоящее время особое внимание уделяется изучению прочностных и деформативных свойств железобетонных конструкций, дисперсно армированного базальтовыми волокнами.

В нашей республике реализуются широкомасштабные меры по развитию строительной отрасли, обеспечению прочности и надежности зданий и сооружений и применяемых в них конструкций с применением инновационных технологий, эффективному использованию сырьевых ресурсов, изготовлению новых строительных материалов и конструкций, позволяющих применять при производстве отечественные материалы. В связи с этим в Новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы, в том числе «Совмещение научных исследований в архитектурно-строительной сфере в ВУЗах с практикой», «Разработка нормативных документов по вновь созданным и внедренным в практику строительным материалам»<sup>1</sup>, Кроме того, в Указе Президента

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УФ-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

Республики Узбекистан PF-158, о стратегии «Узбекистан-2030» от 11 сентября 2023 года определены важные задачи по эффективному использованию отечественной сырьевой базы и развитию промышленности, основанной на передовых технологиях. При реализации этих задач, в частности, предусматривается производство дисперсно армированных фиброжелезобетонных конструкций на основе базальтовых волокон, производимых компанией «Bazalt Uzbekistan», расположенной в Фаришском районе Джизакской области, изучение напряженно-деформированного состояния фиброжелезобетонных конструкций, применяемых в зданиях», а также совершенствование методов расчета прочности, деформативности и трещиностойкости конструкций.

Постановлению ПК-161 Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2024 года «О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности» осуществлению приоритетных задач в области изучения и применения их свойств, испытания различных фибробетонных и базальтовых арматурных строительных конструкций и разработки научно обоснованных рекомендаций по критериям. Научные результаты диссертационного исследования в значительной мере служат осуществлению поставленной задачи.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развитие науки и технологии республики II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** С проблемами исследования деформативности, трещиностойкости и прочности сжатых железобетонных элементов, изготовленных из фибробетона на основе базальтовых волокон, занимались ведущие мировые исследователи в том числе: К.Л. Кудяков, Z.M.Yasmin, M.A. Haneen, P.P. Nihal, Sh. Shinu, J. Kraccowska, A. Лапко, Li Shiping, Yibei Zhang, Wujun Chen, M. Aathithya Raja, G. Saravanan, V.S Satheesh и другие внесли значительный вклад на развитие этого направления.

Ведущие ученые в области железобетонных конструкций Республики Узбекистан Х.А.Акрамов, Б.А.Аскарлов, А.А.Ашрабов, А.Б.Ашрабов, Ч.Р.Раупов, С.С.Шаумаров, Ш.Ш Шожалилов, Ш.Р.Низомов, С.Ж.Раззаков, В.Ф.Усманов, П.Т.Мирзаев, А.А.Ходжаев, С.А.Холмирзаев, Б.Ш.Ризаев и другие проводили ряд исследований по изучению напряженно-деформированного состояния изгибаемых и сжатых железобетонных элементов, прочности и трещиностойкости железобетонных элементов и добились значительных научных и практических результатов на основе своих исследований в разные годы

Анализ научных исследований показывает, что в связи с недостаточным изучением фиброжелезобетонных конструкций с дисперсным армированием на основе базальтовых волокон в сжатых железобетонных конструкциях необходимо проводить научные исследования в этой области.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационная работа выполнена в соответствии реализованного проекта кафедры «Строительство зданий и сооружений» Наманганского государственного технического университета на тему: «Исследование композитного и дисперсно армированного бетона и фибробетона в условиях Узбекистана, моделирование и испытание изгибаемых бетонных и фибробетонных конструкций а также определение долговечности конструкции (2022-2026 гг.)».

**Цель исследования:** изучение деформативности, трещиностойкости и прочности сжатых железобетонных элементов из фибробетона.

**Задачи исследования:**

с помощью экспериментальных исследований определить напряженно-деформированное состояние фиброжелезобетонных колонн с дисперсным армированием на основе базальтовых волокон, сравнивать их с напряженно-деформированного состояния колонн из обычного железобетона, анализировать результаты и сделать выводы;

определение трещиностойкости сжатых фиброжелезобетонных колонн, нагруженных различными эксцентриситетами, сопоставление их с трещиностойкости железобетонных колонн из обычного тяжелого бетона, анализировать результаты и сделать выводы;

определение несущей способности фиброжелезобетонных колонн, с помощью экспериментальных исследований, нагруженных тремя видами эксцентриситетов ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) и анализ результатов по сравнению с несущей способностью обычных железобетонных колонн;

с помощью экспериментальных исследований определить ширину раскрытия трещин в фиброжелезобетонных колоннах, нагруженных двумя видами больших эксцентриситетов ( $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) и усовершенствовать расчетные формулы по сравнению с их теоретическими значениями;

с помощью экспериментальных исследований определить прогибы фиброжелезобетонных колонн, нагруженных с большими эксцентриситетами, сопоставление их значений с прогибами обычных железобетонных колонн и анализировать их результаты;

выполнить виртуальное моделирование обычных и фиброжелезобетонных колонн с помощью компьютерной программы ANSYS Workbench, а также определение их прочностных и деформативных свойств, сопоставление полученных результатов и анализ напряженно-деформированного состояния;

определение экономической эффективности применения фиброжелезобетонных колонн с дисперсным армированием;

**В качестве объекта исследования** приняты фиброжелезобетонные колонны, дисперсно армированного базальтовыми волокнами.

**Предметом исследования** является прочность, деформативность и трещиностойкость сжатых фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами.

### **Методы исследования.**

В процессе исследования применены методы испытания фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами под воздействием статических нагрузок, расчета по методу предельных состояний, анализа и сравнения результатов экспериментов.

### **Научная новизна исследования заключается в следующем:**

по результатам экспериментальных исследований установлено, что коэффициент призмной прочности фибробетонов, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, отличается от коэффициента призмной прочности тяжелого бетона, значение которого должно быть принято  $R_b/R = 0,82$ ;

усовершенствована формула для определения модуля деформации фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами с учетом того, что модуль деформации на 30% выше, чем у тяжелого бетона;

по результатам экспериментальных исследований установлено, что прочность фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами нагруженных с малыми эксцентриситетами ( $e_0=0,2h_0$ ), 40-45% больше по сравнению с железобетонными колоннами из тяжелого бетона, а прочность фиброжелезобетонных колонн нагруженных с большими эксцентриситетами ( $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) на 30-35% больше по сравнению с железобетонными колоннами из тяжелого бетона;

установлено, что при расчете фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами по первой группе предельных состояний нагруженного с малыми эксцентриситетами ( $e_0=0,2h_0$ ) призмная прочность фибробетона ( $R_b$ ) определяется умножением на коэффициент условия работы бетона  $\gamma_{b1}=1,4$ , а при больших эксцентриситетах ( $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) этот коэффициент принимается  $\gamma_{b1}=1,3$ .

### **Практические результаты исследования:**

экспериментальными исследованиями установлено, трещиностойкость сжатых фиброжелезобетонных колонн, нагруженных с различными эксцентриситетами;

экспериментальными исследованиями установлено, значение несущей способности фиброжелезобетонных колонн нагруженных с тремя видами относительных эксцентриситетов ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ );

с помощью экспериментальных исследований усовершенствованы формулы для определения величины усилий при образовании трещин в фиброжелезобетонных колоннах, нагруженных двумя видами больших эксцентриситетов ( $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) и формулы по определению ширины раскрытия трещин;

фиброжелезобетонные колонны виртуально смоделированы с помощью компьютерной программы ANSYS Workbench, а также определены их прочностные и деформативные свойства.

**Достоверность результатов исследования** объясняется тем, что исследования проводились с использованием современных методов и средств,

теоретические расчеты и экспериментальные исследования осуществлялись на основе строительных норм и правил, результаты экспериментальных и теоретических исследований а также результаты, полученные на основе компьютерной программы, соответствуют между собой и внедрены в практику.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается тем, что усовершенствованы формулы для расчета фиброжелезобетонных колонн по первой и второй группе предельных состояний.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что обоснованы возможности применения сжатых фиброжелезобетонных колонн в многоэтажных зданиях с дисперсным армированием из базальтовых волокон и определена их экономическая эффективность.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных результатов, полученных в рамках темы «Деформативность, трещиностойкость и прочность сжатых железобетонных элементов из фибробетона»:

внедрена в практику в ООО «Bunyodkor-3» технология использования фибробетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами в процессе производства сжатых железобетонных элементов (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 25 декабря 2024 года № 2406/13800);

В результате установлено, что прочность фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами, на 40-45% выше, чем у обычного бетона. Этот показатель служит важным фактором повышения несущей способности и надежности нового материала. Также по результатам исследований были определены значения предельной деформации фибробетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами установлено, что предельная деформация при сжатии на 15-20% больше, а при растяжении на 20-25% чем у обычного тяжелого бетона.

Методика расчета прочности сжатых фиброжелезобетонных элементов, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, внедрена в практику частным предприятием «Фаргона Рахматжон топограф» в процессе проектирования учебного здания и спортивного зала на 330 мест, расположенного на территории общеобразовательной школы № 32 Фуркатского района. (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 25 декабря 2024 года № 2406/13800);

В результате достигнута экономическая эффективность до 15%;

результаты научных исследований по деформативности, трещиностойкости и прочности сжатых железобетонных элементов из фибробетона внедрены АО «Ogirsanoatloyiha» в проектирование, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 25 декабря 2024 года № 2406/13800). По результатам экспериментальных исследований было установлено, что деформация фибробетона дисперсно армированного

базальтовыми волокнами связана с напряжением, и по результатам экспериментальных исследований средняя плотность дисперсно армированного фибробетона базальтовыми волокнами составила 2000-2100 кг/м<sup>3</sup>, что привело к уменьшению его массы на 15-20% и указаны возможности экономии затрат;

Моделирование фиброжелезобетонных колонн с помощью программы ANSYS Workbench проводилось на основе расчетов и усовершенствованных формул и результатов экспериментов. Данные методы исследований и расчетов внедрены территориальным управлением строительства и жилищно-коммунального хозяйства Ферганской области для применения в практических проектных и вычислительных работах (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 25 декабря 2024 года № 2406/13800). В результате деформативность фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами снизилась в среднем на 30%, а модуль упругости увеличился в среднем на 30%

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований доложены 6 международных и в 3 Республиканских научно-практических конференциях

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 4 статьи в зарубежных научных журналах с высоким импакт-фактором и 2 статьи в республиканских журналах, рекомендованных ОАК.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения 4 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 100 страниц.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

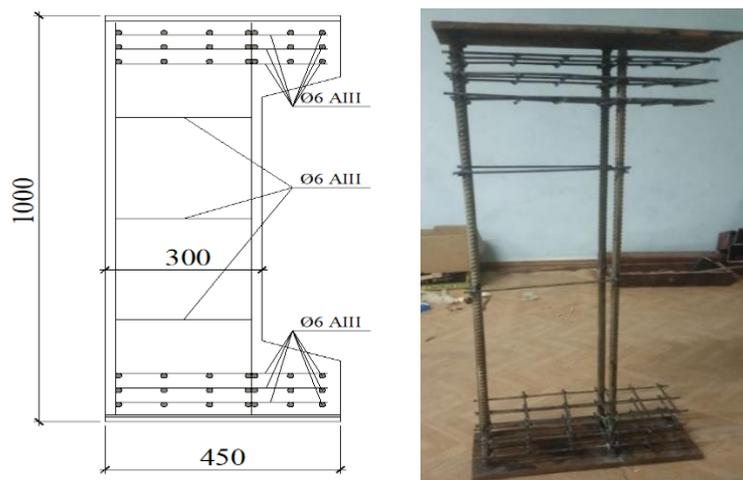
**Во введении** обоснована актуальность исследования, приведены цели и задачи исследования и объект исследования, предмет исследования, а также освещена научная новизна и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследований в производство, апробация результатов и опубликованные научные работы по теме диссертации, структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации, под названием: **“Состояния изученности проблемы и постановка задачи”** приведены анализы, опубликованных научных работ и научные новизны различных исследователей по данной теме. Фибробетон представляет собой композиционный материал, содержащий волокна в матрице цементной массы с упорядоченным или неравномерным распределением. Показатели прочности фибробетона, несомненно зависят от вида волокна, его геометрии, состава волокна, направления и распределения волокна, формы и размеров крупных и мелких заполнителей. Ученые из Китая, Австралии, Германии, Канады, США, России и других развитых стран внесли значительный вклад в развитие исследований по фибробетону.

При дисперсном армировании базальтовыми волокнами свойства бетонной массы зависят от композиционной структуры. Для мелкозернистого бетона,

дисперсно армированного базальтовыми волокнами, масса-матрица цемента ничем не отличается от других обычных мелкозернистых бетонов и состоит из цемента, песка, заполнителя и воды. Количество волокна в фибробетоне может быть добавлено относительно к цементной массе или к объему бетона. Взаимодействие волокна и цементного камня а также структура материала, армированного волокном, и существенные свойства, влияющие на характеристики композитного материала. Несущая способность фибробетона зависит от объемной доли волокна в бетонной матрице. Фибробетон состоит из коротких волокон, распределенных в цементной матрице.

Во второй главе диссертации под названием «**Методика испытаний сжатых железобетонных элементов из фибробетона**» приведена программа проведения экспериментальных исследований, подготовка опытных образцов, сырьевых материалов для проведения экспериментальных исследований и их свойства, основные показатели базальтовых волокон для изготовления фибробетона, состав бетона класса В20 используемого в эксперименте, характеристики арматуры, применяемой при изготовлении железобетонных колонн, процесс изготовления и хранения железобетонных колонн, методика определения деформативности, трещиностойкости и прочности железобетонных колонн путем испытания их на кратковременные нагрузки.



**Рис.1 Вид арматурного каркаса для железобетонных колонн.**

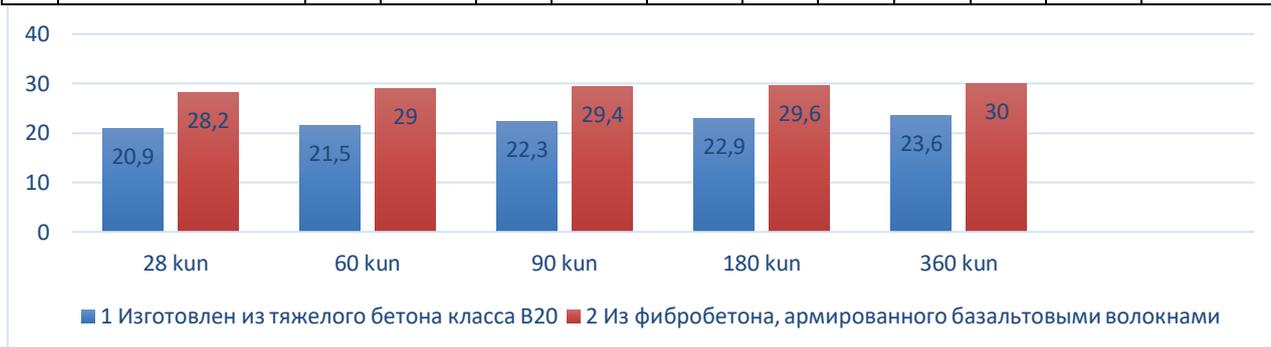
В качестве объекта для проведения исследования были приняты железобетонные колонны длиной 1000 мм с размерами поперечного сечения 160x300 мм. При армировании этих колонн в качестве рабочей арматуры использовались стержневые арматуры класса А-III диаметром 14 мм. Перед изготовлением арматурных каркасов для железобетонных колонн из каждой партии арматуры было отобрано по 5 стержней длиной 1000 мм. Контрольные образцы были проверены на растяжение в соответствии с Uz.RST 30062-93. В целях сохранения проектного положения арматуры и обеспечения защитного слоя бетона в процессе формовки к арматурному каркасу были прикреплены специальные пластмассовые фиксаторы. Для измерения деформации арматуры на них были сварены металлические штиры диаметром 12 мм. Для испытания колонн на кратковременные нагрузки образцы хранились в нормальных

условиях до 28 суток после распалубки. 12 колонн были изготовлены из фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами, а остальные 6 колонн были изготовлены из тяжелого бетона класса В20. Испытания образцов проводились во всех стадиях напряженно-деформированного состояния с тремя видами эксцентриситетов ( $0,2 h_0$ ;  $0,5 h_0$ ;  $0,8 h_0$ ) до разрушения.

Нагрузки прикладывались ступенями. До образования трещин увеличения нагрузки составляли 0,05 доли от разрушающей нагрузки. После образования трещин, нагрузки на каждой ступени увеличивались 0,1 доли от разрушающей. Для определения деформации ползучести интервал на каждой ступени составляла по 30 мин. В процессе испытаний измерялись относительные деформации бетона, деформации арматуры в сжатой и растянутых зонах с помощью индикаторов часового типа на базе 500 мм. Кроме того измерялись прогибы в растянутых зонах с помощью прогибомера по системе Максимова. Ширину раскрытия трещин в растянутой зоне колонн измерялись микроскопом марки ТС410 с 24 кратным увеличением.

**Таблица 1. Изменение кубиковой прочности во времени образцов из тяжелого бетона класса В20 и бетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами.**

№	Условие дисперсного армирования	Кубиковая прочность бетона с базальтовой фиброй (МПа), в сутках					Коэффициент условия работы фибробетона армированного базальтовыми волокнами в различных сроках хранения					Рекомендуемое значение
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1.	Изготовлен из тяжелого бетона класса В20	20.9 100	21.5 103	22.3 107	22.9 110	23.6 113	1,35	1,39	1,41	1,44	1,44	1,4
2.	Фибробетон дисперсно армированного базальтовыми волокнами	28.2 135	29 139	29.4 141	29.6 142	30 144						



**Рис.2. Изменение кубиковой прочности тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем**

Из того же состава, что и железобетонные колонны, изготовлены образцы кубы размерами ребра 100x100x100 мм. Эти образцы были изготовлены из фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами и из тяжелого бетона класса В20. Образцы подвергались к испытанию в 28, 60, 90, 180 и 360 суточных возрастах. На каждый вышеуказанный период были изготовлены по 10 кубов из тяжелого бетона класса В20 и по 10 кубов фибробетонов дисперсно

армированного базальтовыми волокнами. Все изготовленные образцы хранились в одинаковых условиях. Испытания образцов кубов проводились на гидравлическом прессе марки ПМ-250 в соответствии с требованиями Uz.RST 10180-98. Для каждого срока подвергались к испытанию по 20 образцов.

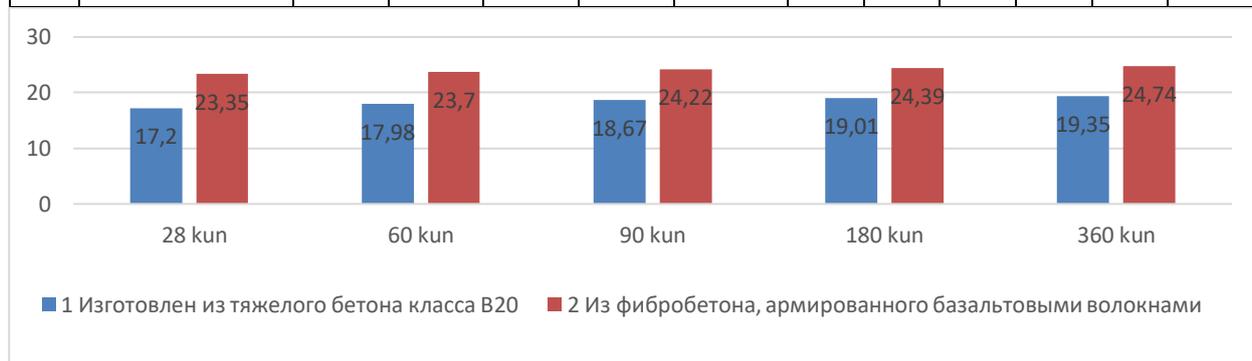
В третьей главе диссертации под названием «Прочность и деформативность фибробетона, дисперсно-армированного базальтовыми волокнами» определены прочностные и деформативные свойства тяжелого бетона В20 и фибробетона, дисперсно-армированного базальтовыми волокнами.

Для определения изменения прочности и модуля упругости тяжелого бетона и фибробетона образцы кубы подвергались испытанию в 28, 60, 90, 180 и 360 суточных возрастах.

По результатам испытаний была установлена, что призмные и кубиковые прочности фибробетона армированного базальтовыми волокнами на 40% выше чем прочность тяжелого класса В20, хранившихся в одинаковых условиях в течение 360 суток. Разница между прочностью фибробетона и тяжелого бетона практически не изменилась даже за 360 дней по сравнению прочности 28 суточного возраста.

**Таблица 2.Изменение призмной прочности образцов тяжелого бетона класса В20 и фибробетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, с течением времени**

№	Условие дисперсного армирования	Модуль деформации тяжелого бетона класса В20 и бетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами (в сутках)					Коэффициент условия работы модуля деформации базальтофибро бетона в разных сроках хранения (в сутках)					Рекомендуемое значение $\beta_b$
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1	Изготовлен из тяжелого бетона класса В20	17.2	17.98	18.67	19.01	19.35	1,55	1.3	1,4	1,4	1,4	1,3
		100	105	109	111	113						
2	Из бетона, армированного базальтовыми волокнами	23.35	23.7	24.22	24.39	24.74						
		135	137	140	141	143						



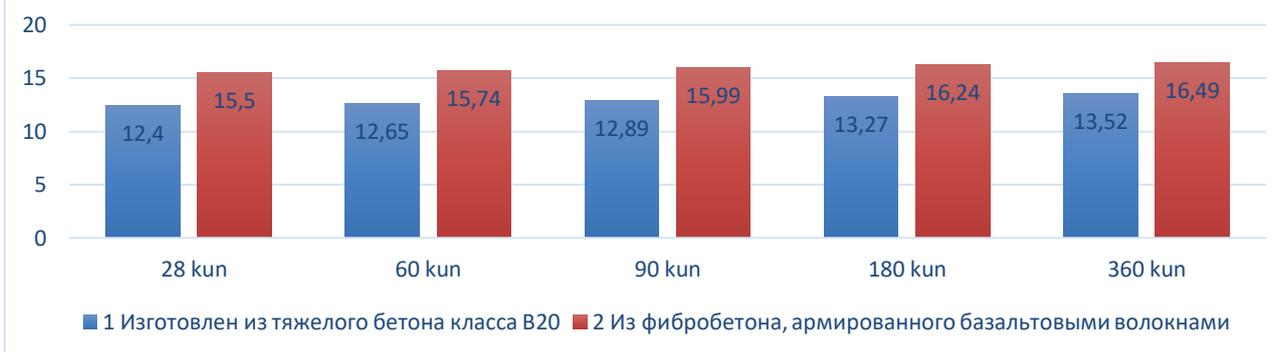
**Рис.3 Изменение призмной прочности тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем**

Результаты экспериментальных исследований свидетельствует, что модуль упругости фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами на 25-30% больше по сравнению модулями упругости тяжелого бетона класса В20. Кроме того, из значений в таблице видно, что предельная

сжимаемость фибробетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, также зависит от срока его хранения. С его ростом возрастает предельная сжимаемость. По результатам этих исследований можно определить, что существует взаимосвязь между предельной сжимаемостью фибробетона и начальным модулем фибробетона. При анализе результатов испытаний предельной сжимаемости фибробетона установлено, что сумма предельных деформаций условно делится на упругие и неупругие составляющие.

**Таблица 3. Изменение модуля деформации во времени тяжелого бетона класса В20 и образцов бетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами  $E_b \cdot 10^{-3}$  (МПа)**

№	Условие дисперсного армирования	Модуль деформации тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами (в сутках)					Коэффициент условия модуля деформации базальтофибробетона в различных сроках хранения (в сутках)					Рекомендуемое значение $\beta_b$
		28	60	90	180	360	28	60	90	180	360	
1	Изготовлен из тяжелого бетона класса В20	$\frac{12.4}{100}$	$\frac{12.65}{102}$	$\frac{12.89}{104}$	$\frac{13.27}{107}$	$\frac{13.52}{109}$	1,25	1,25	1,27	1,27	1,3	1,3
2	Из фибробетона, армированного базальтовыми волокнами	$\frac{15.5}{125}$	$\frac{15.74}{127}$	$\frac{15.99}{129}$	$\frac{16.24}{131}$	$\frac{16.49}{133}$						



**Рис.4 Изменение модулей деформации тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем**

**Таблица 4. Изменение прочности и деформативности тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем.**

Состояния дисперсного армирования	Срок хранения бетона	Объемный вес кгс/м <sup>3</sup>	$R$ , Мпа	$R_{с}$ , Мпа	$K_{сс}$	$E_{с}$ Мпа	$\varepsilon_{сс} \cdot 10^{-5}$
Фибробетон дисперсноармированного базальтовыми волокнами	28	2410	28,2	23,35	0,82	13000	190
	60	2405	29	23,7	0,82	13800	194
	90	2390	29,4	24,22	0,83	15300	197
	180	2390	29,6	24,39	0,83	15800	208
	360	2390	30,0	24,74	0,84	16100	215
Из тяжелого бетона класса В20	28	2340	20,9	16,3	0,72	12400	205
	60	2320	21,5	17,1	0,79	12500	205
	90	2300	22,3	17,7	0,79	12500	241
	180	2280	22,9	18,0	0,81	13200	237
	360	2280	23,6	18,4	0,77	14000	259

Модуль деформации фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами рекомендуется определять по формуле :

$$E_b = 3130 \cdot \rho \cdot \sqrt[3]{R} \cdot \beta_b \quad (1)$$

здесь:  $\rho$  - средняя плотность бетона, т/м<sup>3</sup>;  $R$  - кубиковая прочность бетона МПа;  $\beta_b$  – коэффициент учитывающий увеличения модуля деформации фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами  
Значение этого коэффициента определяется по формуле:

$$\beta_b = \frac{E_{bt}}{E_b} \quad (2)$$

здесь:  $E_{bt}$  - модуль деформации фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами.  $E_b$  – модуль деформации тяжелого бетона.

Несколько другой вывод вытекает из предельной сжимаемости фибробетона армированного базальтовыми волокнами. Предельная сжимаемость фибробетона зависит от условия твердения. По результатам экспериментальных исследований (табл.2) установлено, что предельная сжимаемость фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами на 11% больше чем предельной сжимаемости тяжелого бетона класса В20

Экспериментальные исследования показывают, что предельная сжимаемость фибробетона, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, выше, чем у обычного тяжелого бетона что зависит от его прочности и от времени приложения нагрузки. Изменение предельной сжимаемости фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами приведено в таблице 5.

**Таблица 5. Изменение предельной сжимаемости тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем.**

№	Вид бетона	Изменение предельной сжимаемости тяжелого бетона класса В20 и фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами со временем				
		28	60	90	180	360
1	Фибробетон дисперсно армированного базальтовыми волокнами	196	202	209	227	236
2	Тяжелый бетон класса В20	202	210	219	237	249

Изменение средних значений предельной сжимаемости означает, что для определения предельной сжимаемости фибробетона следует учитывать возраст фибробетона за время приложения нагрузки и условия твердения фибробетона. Взаимосвязь между ними определяется следующим образом:

$$\varepsilon_b \cdot 10^{-3} = 36,1 \cdot \sqrt[3]{R^2} \quad (3)$$

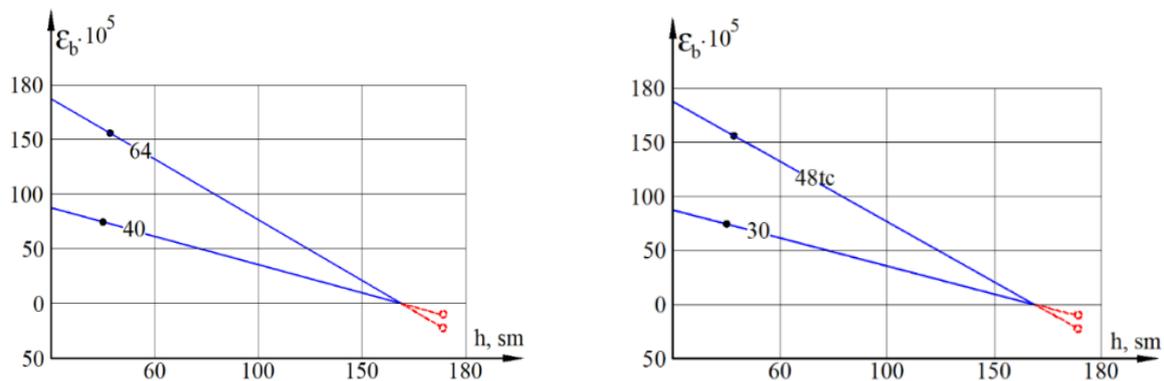
здесь:  $R$  – прочность бетона за время приложения нагрузки; МПа.

Это выражение подтверждает, что существует связь между предельной сжимаемостью и ее прочностью. Проведенные теоретические расчеты показали, что они близки к результатам испытаний. При этом установлено, что

соотношение теоретических расчетов с экспериментальными значениями составляет 1,05, что подтверждает практическое применение формулы (3).

В четвертой главе диссертации под названием «Деформативность, трещиностойкость и прочность фиброжелезобетонных колонн, дисперсно армированного базальтовыми волокнами» приведены результаты экспериментальных исследований колонн из тяжелого бетона и фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами с тремя видами эксцентриситетов приложения нагрузки ( $e_0=0,2h_0$ ,  $e_0=0,5h_0$  и  $e_0=0,8h_0$ ) во всех стадиях напряженно-деформированного состояния до разрушения. До образования трещин деформации растянутой арматуры и арматуры расположенной в сжатой зоне будут одинаковыми. По мере увеличения нагрузки, особенно после образования трещин увеличивается деформации растянутой арматуры и в сжатой зоне бетона.

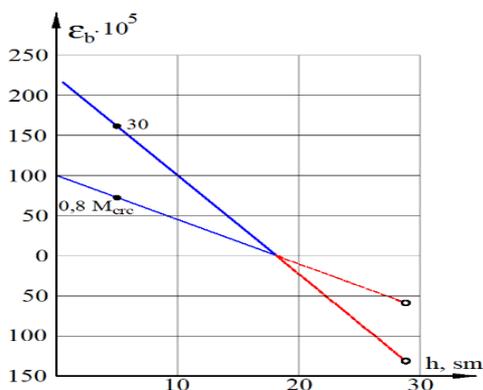
При приложении нагрузки колоннам интенсивностью  $0,5 \cdot N_u$  и с относительным эксцентриситетом  $e_0=0,2h_0$  относительные деформации арматуры в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $21,9 \cdot 10^{-5}$  (рис.5), а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами составляет  $15,1 \cdot 10^{-5}$ , разница между ними составляет 30-35%, то есть дисперсное армирование колонн приводит к уменьшению деформации арматуры. Деформации крайнего сжатого волокна бетона в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $126 \cdot 10^{-5}$  а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами это значение составляет  $190 \cdot 10^{-5}$  Разница деформации между ними составляет 40-45%, то есть дисперсное армирование приводит к уменьшению деформации крайнего сжатого волокна бетона.



**Рис.5.** Деформации фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами при приложении нагрузки с эксцентриситетами  $e_0=0,2h_0$  и  $e_0=0,5h_0$ . • деформации бетона -----растяжения о- деформации арматуры \_\_\_ сжатие

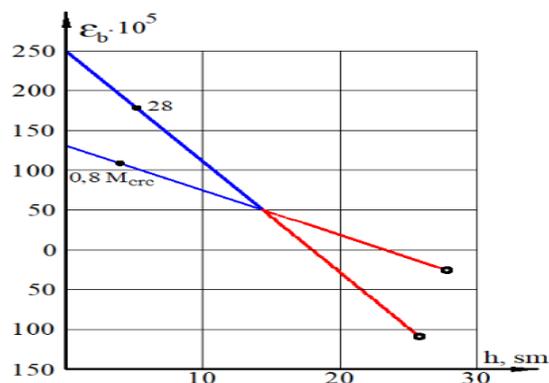
При приложении нагрузки колоннам интенсивностью  $0,5 \cdot N_u$  и с относительным эксцентриситетом  $e_0=0,5h_0$  относительные деформации арматуры в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $26,7 \cdot 10^{-5}$  (рис.6), а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами составляет  $19,4 \cdot 10^{-5}$ , разница между ними составляет 33-39%, то есть дисперсное армирование колонн приводит к уменьшению деформации арматуры.

Деформации крайнего сжатого волокна бетона в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $224 \cdot 10^{-5}$  а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами это значение составляет  $154 \cdot 10^{-5}$ . Разница деформации между ними составляет 30-40% то есть дисперсное армирование приводит к уменьшению деформации крайнего сжатого волокна бетона.



**Рис.6 Деформации фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами при приложении нагрузки с эксцентриситетом  $e_0=0,8h_0$ .**

●- деформации бетона -----растяжения  
○- деформации арматуры \_\_\_\_\_ сжатие



**Рис.7 Деформации железобетонных колонн из класса бетона В20 при приложении нагрузки с эксцентриситетами  $e_0=0,8h_0$ .**

●- деформации бетона -----растяжения  
○- деформации арматуры \_\_\_\_\_ сжатие

При приложении нагрузки колоннам интенсивностью  $0,5 \cdot N_u$  и с относительным эксцентриситетом  $e_0=0,8h_0$  относительные деформации арматуры в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $38,6 \cdot 10^{-5}$  (рис.7), а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами составляет  $27,4 \cdot 10^{-5}$ , разница между ними составляет 33-39%, то есть дисперсное армирование колонн приводит к уменьшению деформации арматуры. Деформации крайнего сжатого волокна бетона в колоннах из обычного тяжелого бетона составляет  $231 \cdot 10^{-5}$ , а в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами это значение составляет  $182 \cdot 10^{-5}$ . Разница деформации между ними составляет 25-30% то есть дисперсное армирование приводит к уменьшению деформации крайнего сжатого волокна бетона.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что трещиностойкость фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами увеличивается на 40-60%. Также установлено, что при эксплуатационных нагрузках ширина раскрытия трещин уменьшается в 1,5-1,8 раза. В железобетонных колоннах из обычного бетона расчетное теоретическое значение ширины раскрытия трещин по ШНК 2.03.01-24 определяется по формуле:

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_1 20 (3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^3 \sqrt{d} \quad (4)$$

По результатам экспериментальных исследований для фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами ширина раскрытия трещин рекомендуется определить по формуле:

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 14 (3.5 - 100\mu) (\sigma_s / E_s)^{3/4} \sqrt{d} \quad (5)$$

Установлено, что расчетное значение ширины раскрытия трещин в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами определяемое по формуле(5) удовлетворительно согласуется с результатами испытаний.

Моделирование экспериментальных образцов в программе ANSYS.

В ходе численного исследования были смоделированы железобетонные колонны с дисперсным армированием из 3 типов армированного бетона и 3 типов базальтового волокна, идентичные экспериментальным образцам.

Бетонные и фибробетонные колонны были смоделированы в программе ANSYS с теми же размерами, что и экспериментальные образцы. Механические свойства арматуры, бетона и фибробетона для колонн были определены в ходе лабораторных испытаний и использованы для генерации материалов в программе ANSYS. Общее количество конечных элементов для частного случая подготовленных внецентренно сжатых колонн составило 6908 в одной колонне. Нагрузки на железобетонные и фибробетонные колонны задавались при различных относительных эксцентриситетах  $e_0/h_0$ , т.е. на расстояниях 5,4, 13,5 и 21,6 см.

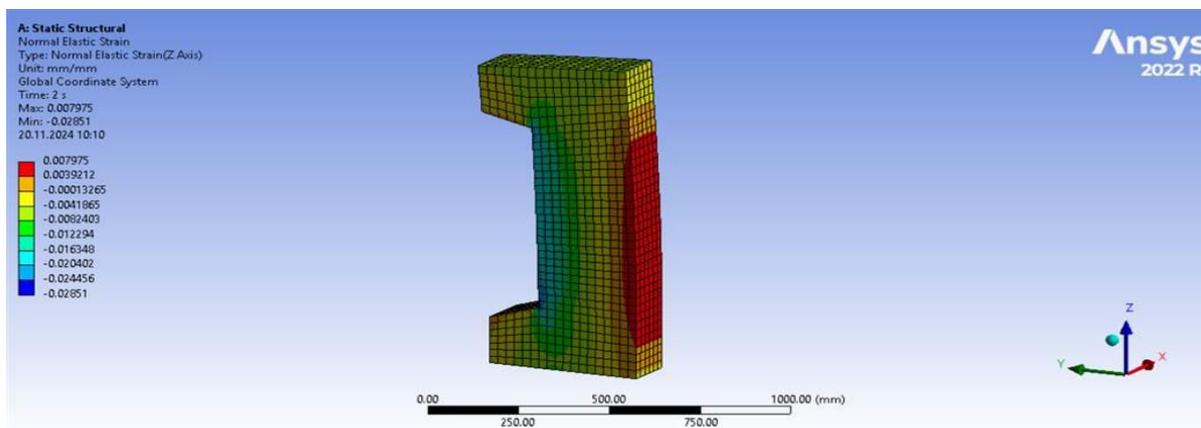


Рисунок 8. Вид относительной деформации железобетонной колонне из тяжелого бетона

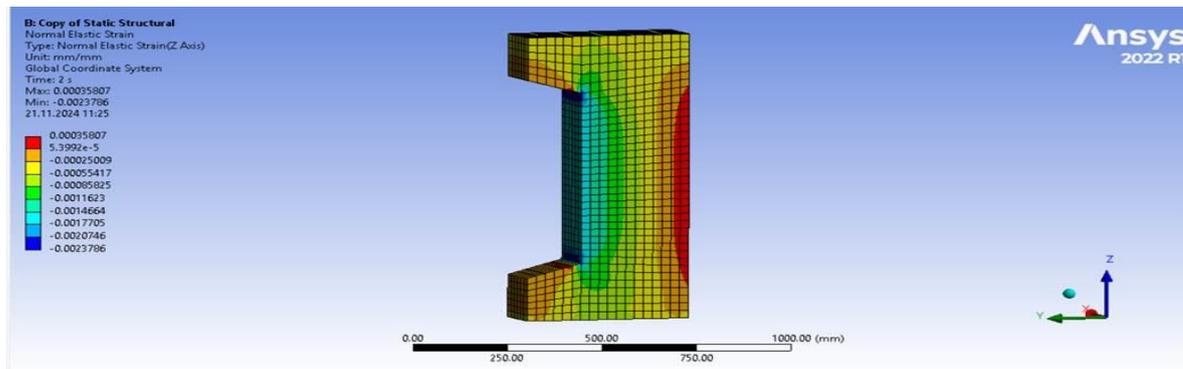


Рисунок 9. Вид относительной деформации в фиброжелезобетонной колонне

При приложении нагрузок к обычным железобетонным колоннам величина разрушающего усилия составила 432 кН при относительном эксцентриситете 5,4 см, то есть в колоннах серии К-1. В серии К-7 фиброжелезобетонных колонн с дисперсно армированного базальтовыми волокнами этот показатель составил 590 кН. При относительном эксцентриситете 13,5 см, то есть в обычных железобетонных колоннах серии К-2, величина разрушающего усилия составила 330 кН, а в серии К-8 фиброжелезобетонных колонн дисперсно армированного базальтовыми волокнами — 420 кН. При относительном эксцентриситете 21,6 см, то есть в колоннах серии К-3, величина разрушающего усилия составила 160 кН. Несущая способность колонн серии К-9 составила 240 кН.

Значения разрушающей нагрузки в обычных железобетонных и фиброжелезобетонных колоннах, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, представлены на рисунке 10.



Рисунок 10. График разрушающей нагрузки

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что кубиковая и призмная прочность фибробетона, армированного базальтовыми волокнами, на 30 ÷ 40% выше, чем у обычного бетона.

2. Установлено, что прочность фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами длиной 15 мм при растяжении увеличивается на 30 ÷ 35% по сравнению с обычными бетонными образцами.

3. Известно, что коэффициент призмной прочности бетона по ШНК 2.03.01-24 определяется по формуле  $R_b/R = (0,77 - 0,00125R)$  и его значение принимается  $R_b/R = 0,783$ . По результатам экспериментальных исследований установлено, что для фибробетонов дисперсно армированного базальтовыми волокнами это значение следует принимать не менее  $R_b/R = 0,82$ .

4. При внецентренном сжатии снижается деформация фибробетона. Его значение составляет в среднем 45% меньше по сравнению с обычным бетоном.

5. Начальный модуль деформации фибробетона, армированного базальтовыми волокнами, в среднем на 30% выше, и его значение рекомендуется определять по формуле:

$$E_b = \frac{520000 \cdot R_b}{100 + R_b}$$

6. По результатам экспериментальных исследований установлено, что трещиностойкость фиброжелезобетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами увеличивается в среднем на 40-60%. При этом ширина раскрытия трещин фиброжелезобетона при эксплуатационных нагрузках уменьшается в 1,5-1,8 раза

7. По градостроительным нормам и правилам (ШНК 2.03.01-24) в железобетонных колоннах ширина раскрытия трещин определяется по формуле:

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 20 (3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^{\frac{1}{3}} \sqrt{d}$$

По результатам экспериментальных исследований установлено, что в фиброжелезобетонных колоннах дисперсно армированного базальтовыми волокнами ширина раскрытия трещин рекомендуется определять по формуле:

$$a_{crc} = \delta \eta \varphi_l 14 (3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^{\frac{1}{3}} \sqrt{d}$$

8. При определении прочности и трещиностойкости фиброжелезобетонных колонн, дисперсно армированного базальтовыми волокнами, разработан упрощенный метод с учетом диаграммы деформирования бетона.

9. Стадия разрушения фиброжелезобетонных колонн, имеет пластический характер не столько из обычных железобетонных элементов, сколько из-за сопротивления базальтовых волокон в местах образования трещин. Установлено, что фиброжелезобетонные колонны дисперсно-армированного базальтовыми волокнами имеют несущую способность на 15-20% выше, чем у обычных колонн из тяжелого бетона.

10. Экономическая эффективность применения фибробетона дисперсно армированного базальтовыми волокнами на 1м<sup>3</sup> бетона составляет 29000сумов. Для предприятий мощностью 25000м<sup>3</sup> железобетонных изделий в год экономическая эффективность составляет 725000000сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/01.04.2023.T.90.02  
FOR AWARDING ACADEMIC DEGREES AT  
NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

---

**NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**G'ULAMIDDINOV SARVARJON G'AYRATJONOVICH**

**DEFORMABILITY, DURABILITY AND STRENGTH OF COMPREHENSIVE  
REINFORCED CONCRETE ELEMENTS MADE FROM FIBERCONCRETE**

**05.09.01 – Building constructions, buildings and structures**

**ABSTRACT**

**of the Doctor of Philosophy (PhD) Dissertation in Technical Sciences**

**Namangan– 2025**

**The topic of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation is registered under number B2023.3.PhD/T4012 by Supreme Attestation Commission at the Ministers of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.**

The dissertation was conducted at Namangan State Technical University.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)). It is available at the web page of the Scientific Council ([www.nammqi.uz](http://www.nammqi.uz)) and information-educational portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific advisor:** **Kholmirzaev Sattor Abdujabborovich**  
technique sciences candidate , professor

**Official opponents:** **Zulpuyev Abdivap Momunovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Abdullaev Ibroxim Numanovich**  
technique sciences candidate , professor

**Leading organization:** **Namangan "Kommunalta'mirloyiha" LLC.**

The defense of the dissertation will take place on «12» november, 2025 at 11<sup>00</sup>, at the Scientific Council PhD.03/01.04.2023.T.90.02, Namangan State Technical University. (address: 1, Temurmalik street, Oktosh MFY, Uychi district, Namangan region. Phone.: (99869) 484-12-51; Fax: (99869) 481-13-59; e-mail: [nammqi\\_info@edu.uz](mailto:nammqi_info@edu.uz)).

The dissertation is available at Information Resource Center of Namangan Engineering-Construction Institute (registered No.75). (address: 12, I.Karimov street, Yangi Namangan district, Namangan city, Namangan region. Phone.: (99869) 234-15-23; Fax: (99869) 234-14-30; e-mail: [nammqi\\_info@edu.uz](mailto:nammqi_info@edu.uz)).

The abstract of the dissertation was sent out on «29» october, 2025.  
(mailing report No. 1/2025-2, dated june 21th 2025).



**V.R.Khodjibayev**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding academic degrees, doctor of physics  
and mathematics, professor

**Kh.L.Alimov**  
Scientific secretary of the Scientific Council for  
awarding academic degrees, candidate of  
technical sciences, docent

**R.Kh. Soliyev**  
Chairman of the Scientific Seminar under the  
Scientific Council for the award, doctor of  
technical sciences, professor

## **INTRODUCTION (abstract of the dissertation of a doctor (PhD) of philosophy)**

**The purpose of the study:** to study the deformability, crack resistance and strength of compressed reinforced concrete elements made of fiber concrete

### **Research objectives:**

using experimental studies, to study the stress-strain state of fiber-reinforced concrete columns with dispersed reinforcement based on basalt fibers, to compare them with the stress-strain state of columns made of ordinary reinforced concrete, to analyze the results and draw conclusions;

Determine the crack resistance of compressed fiber-reinforced concrete columns loaded with various eccentricities, compare them with the crack resistance of reinforced concrete columns made of ordinary heavy concrete, analyze the results and draw conclusions; Determination of the bearing capacity of fiber-reinforced concrete columns loaded with three types of eccentricities ( $e_0=0.2h_0$ ,  $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) using experimental studies and analysis of the results in comparison with the bearing capacity of conventional reinforced concrete columns;

Using experimental studies to determine the crack opening width in fiber-reinforced concrete columns loaded with two types of large eccentricities ( $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) and improve the calculation formulas in comparison with their theoretical values;

Using experimental studies to determine the deflections of fiber-reinforced concrete columns loaded with large eccentricities, compare their values with the deflections of conventional reinforced concrete columns and analyze their results;

perform virtual modeling of conventional and fiber-reinforced concrete columns using the ANSYS Workbench computer program, as well as determining their strength and deformation properties, comparing the results obtained and analyzing the stress-strain state;

Determining the economic efficiency of using fiber-reinforced concrete columns with dispersed reinforcement;

**The object of the study** is fiber-reinforced concrete columns, dispersedly reinforced with basalt fibers

**The subject of the study is the strength**, deformability and crack resistance of compressed fiber-reinforced concrete columns dispersedly reinforced with basalt fibers.

### **Research methods.**

The research used methods for testing fiber-reinforced concrete columns dispersed with basalt fibers under static loads, calculation using the limit state method, analysis and comparison of experimental results.

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

Experimental studies have shown that the prism strength coefficient of fiber-reinforced concrete dispersed with basalt fibers differs from the prism strength coefficient of heavyweight concrete, the value of which should be taken as  $R_b/R = 0.82$ ;

the formula for determining the deformation modulus of fiber-reinforced concrete dispersed with basalt fibers has been improved, taking into account that the deformation modulus is 30% higher than that of heavyweight concrete;

according to the results of experimental studies, it was established that the strength of fiber-reinforced concrete columns dispersedly reinforced with basalt fibers loaded with small eccentricities ( $e_0=0.2h_0$ ) is 40-45% greater than that of reinforced concrete columns made of heavy concrete, and the strength of fiber-reinforced concrete columns loaded with large eccentricities ( $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) is 30-35% greater than that of reinforced concrete columns made of heavy concrete;

it has been established that when calculating fiber-reinforced concrete columns dispersedly reinforced with basalt fibers according to the first group of limit states loaded with small eccentricities ( $e_0=0.2h_0$ ), the prismatic strength of fiber-reinforced concrete ( $R_b$ ) is determined by multiplying by the coefficient of concrete working conditions  $\gamma_{b1}=1.4$ , and for large eccentricities ( $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) this coefficient is taken as  $\gamma_{b1}=1.3$ .

**The practical results of the research** are as follows:

The joint resistance of compressive fiber-reinforced concrete columns loaded with different eccentricities was determined using experimental studies;

The load-bearing capacity of fiber-reinforced concrete columns loaded with three different eccentricities ( $e_0=0.2h_0$ ,  $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) was determined using experimental studies;

The formulas for determining the amount of stress and crack width in fiber-reinforced concrete columns loaded with two different large eccentricities ( $e_0=0.5h_0$  and  $e_0=0.8h_0$ ) were improved using experimental studies;

Fiber reinforced concrete columns were virtually modeled using the ANSYS Workbench computer program, and their strength and deformability properties were determined.

**Reliability of research results.** The reliability of the research results obtained is explained by the fact that the research was carried out using modern methods and tools, that theoretical calculations and experiments were carried out on the basis of construction standards and rules, that the results of experiments and theoretical research and the results obtained on the basis of a computer program for calculations are consistent with each other and are implemented in practice.

**Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the research results is explained by the fact that the calculation of fiber-reinforced concrete columns with dispersed reinforcement with basalt fibers has been improved for the first and second groups of limit states.

The practical significance of the research results is explained by the fact that the possibility of using compressive fiber-reinforced concrete columns with dispersed reinforcement with basalt fibers in multi-storey buildings has been substantiated and its economic efficiency has been determined.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained within the framework of the topic "Deformability, fracture toughness and strength of compressible reinforced concrete elements made of fiber concrete":

The technology of using dispersed fiber concrete reinforced with basalt fibers in the production of compressible reinforced concrete elements was put into practice at Bunyodkor-3 LLC (Reference No. 24-06/13800 of the Ministry of Construction and

Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated December 25, 2024). As a result, it was found that the compressive strength of dispersed fiber concrete reinforced with basalt fibers is 40–45% higher than that of traditional, ordinary (non-dispersed reinforced) concrete. This indicator is an important factor in increasing the load-bearing capacity and structural reliability of the new material. Also, based on the results of the study, the ultimate deformation values of fiber concrete reinforced with basalt fibers in axial compression were determined, confirming their high stability and resistance to deformation, and it was found that the ultimate deformations in compression are 15-20% higher than in ordinary concrete, and in tension - 20-25% higher;

The method of calculating the strength of compressive fiber-reinforced concrete elements reinforced with dispersed basalt fibers was put into practice by the private enterprise "Fergona Rahmatjon Topograf" in the process of designing an educational building and a gym for 330 seats located on the territory of secondary school No. 32 of the Furkat district. (Reference of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan No. 24-06/13800 dated December 25, 2024). As a result, economic savings of up to 15% were achieved;

The scientific results obtained on the basis of studies on the deformability, durability and strength of compressive reinforced concrete elements made of fiber concrete were introduced by JSC "Uzogirsanoatloyiha" into the design, reconstruction and operation of buildings and structures (Reference No. 24-06/13800 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated December 25, 2024). As a result, the relationship between deformation and stress in fiber concrete dispersed reinforced with basalt fibers was determined by experimental testing, and according to the experimental results, since the average density of fiber concrete dispersed reinforced with basalt fibers is 2000-2100 kg/m<sup>3</sup>, its mass is reduced by 15-20%, which indicates the possibility of saving material consumption.

Modeling of fiber-reinforced concrete columns using the ANSYS Workbench program, calculations and improved formulas, as well as experimental test results, were carried out. These studies and calculation methods were introduced by the Territorial Department of Construction and Housing and Communal Services of the Fergana region for use in practical design and calculation work (Reference No. 24-06/13800 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated December 25, 2024). As a result, it was found that the deformability of fiber-reinforced concrete dispersed with basalt fibers under non-central compression conditions decreased by an average of 30%, and the initial modulus of elasticity increased by an average of 30%

**Approbation of research results.** The research results on the topic of the dissertation were discussed at 4 international and 3 Republican scientific and practical conferences.

**Publication of research results.** A total of 13 scientific works has been published on the topic of the dissertation. In particular, 4 articles have been published

in foreign scientific journals with a high impact factor, and 2 articles have been published in republican journals recommended by the OAK.

**Structure and size of the dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The size of the dissertation is 100 pages.

## CONCLUSION

1. It has been established that the cubic and prismatic strength of fiber-reinforced concrete reinforced with basalt fibers is 30 ÷ 40% higher than that of conventional concrete.

2. It has been established that the strength of dispersed-reinforced fiber-reinforced concrete with 15 mm long basalt fibers under tension increases by 30 ÷ 35% compared to conventional concrete samples.

3. It is known that the coefficient of prismatic strength of concrete according to SHNK 2.03.01-24 is determined by the formula  $R_b/R = (0.77 - 0.00125R)$  and its value is taken as  $R_b/R = 0.783$ . Based on the results of experimental studies, it has been established that for fiber-reinforced concrete dispersed-reinforced with basalt fibers, this value should be taken as no less than  $R_b/R = 0.82$ .

4. Under eccentric compression, the deformability of fiber concrete decreases. Its value is on average 45% compared to concrete without dispersed reinforcement.

5. The initial modulus of deformation of fiber-reinforced concrete reinforced with basalt fibers is on average 30% higher, its value is recommended to be determined by the formula:

$$E_b = \frac{520000 \cdot R_b}{100 + R_b}$$

6. According to the results of experimental studies, it was found that the crack resistance of fiber-reinforced concrete dispersed with basalt fibers increases on average by 40-60%. In this case, the crack width of fiber concrete under operational loads decreases by 1.5-1.8 times

7. According to urban planning norms and rules (ShNK 2.03.01-24), the crack width in reinforced concrete columns is determined by the formula:

$$a_{crc} = \delta \eta \phi_l 20 (3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^3 \sqrt{d}$$

Based on the results of experimental studies of fiber-reinforced concrete columns dispersed with basalt fibers, the crack width is recommended to be determined by the formula:

$$a_{crc} = \delta \eta \phi_l 14 (3.5 - 100 \mu) \left( \frac{\sigma_s}{E_s} \right)^3 \sqrt{d}$$

8. A simplified method was developed to determine the strength and durability of fiber-reinforced concrete columns dispersedly reinforced with basalt fibers, taking into account the deformation diagram of concrete.

9. Due to the addition of basalt fibers to the concrete, the failure phase of the test columns is not brittle as in ordinary reinforced concrete elements, but plastic due to the resistance of basalt fibers in the places where cracks are formed. It was found that the

load-bearing capacity of basalt fiber-reinforced concrete columns is 15-20% higher than that of columns made of ordinary reinforced concrete.

10. As a result of the use of fiber-reinforced concrete columns with dispersed reinforcement with basalt fibers instead of ordinary reinforced concrete, the economic efficiency for 1m<sup>3</sup> of concrete is 29,000 soums. For an enterprise producing 25,000 m<sup>3</sup> of reinforced concrete per year, the economic efficiency is 725,000,000 soums per year.

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

**I bo'lim (chast I; part I)**

1. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Strength and deformability of bazalt fiber reinforced concrete// For Te Journal "The american journal of engineering and technology (ISSN – 2689-0984)" "For Te Research Title in Volume 06 Issue 10 October 2024.p. 164-168. <https://doi.org/10.37547/tajet/Volume06Issue10-18> (№35 CrossRef, №40 ResearchGate, №13 Bielefeld Academic Search Engine)
2. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov The Importance of Fibroconcrete in Building Construction// Miasto Przyszłości Kielce 2022 ISSN-L: 2544-980X p. 211-213. [The Importance of Fibroconcrete in Building Construction / Miasto Przyszłości](#) (№12 Index Copernicus, №13 Bielefeld Academic Search Engine, №14 ResearchBib)
3. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Bazalt fibrous fiber concrete and his properties learning// ISSN 2277-3630 (online), Published by International journal of Social Sciences & Interdisciplinary Research., under Volume: 11 Issue: 07 in July-2022.p. 84-89 [https://www.gejournal.net/index.php/IJSSIR\\_pp](https://www.gejournal.net/index.php/IJSSIR_pp). (№5 Global Impact Factor, №23 Scientific Journal Impact Factor)
4. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Temperature deformations of fibroconcrete// Web of Scientist: International Scientific Research Journal: ISSN: 2776-0979, Volume 4, Issue 12, December, 2023. p. 266-270. <https://wos.academiascience.org/index.php/wos/article/view/4581>. (№23 Scientific Journal Impact Factor, №14 ResearchBib, №17 Open Academic Journals Index)
5. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Ustundagi cho'ziluvchi armatura va betonning siqiluvchi chetki tolalarining deformatsiyalanuvchanligi // Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. ISSN 2181-7200, 2024 й. Махсус 29-сон. б. 60-67 (05.00.00 №20)
6. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Bazalt tola qo'shilgan betondan tayyorlangan ustunlarning deformatsiyalanuvchanligi, darzbardoshligi va mustahkamligi // Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. ISSN 2181-7200, 2024 й. Махсус 30-сон. б. 81-86 (05.00.00 №20)

**II bo'lim (chast II; part II)**

7. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov On a column made of fibroconcrete distribution of temperature and relative numidity// The theory of recent scientific esearch in the field of pedagogy International scientific-online conference Part 16 December 21st colletions of scientific works new Delhi 2023 p 36-39.
8. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Method of testing fiber concrete columns under short-term loads// The theory of recent scientific research in the field of pedagogy International scientific-online conference Part 16 December 21st Colletions of scientific works new Delhi 2023 p 40-43
9. S.A.Xolmirzayev, S.G'.G'ulamiddinov Temirbeton konstruksiyalarning siqilgan elementlarini mustahkamlash// Farg'ona politexnika instituti "Iqtidorli talabalar,

magistrantlar, katta ilmiy xodim-izlanuvchi va mustaqil tadqiqotchilar” ilmiy – amaliy anjuman. FarPI, Farg‘ona 2022 yil 21-22 iyun b.196-198

10. A.R Ahmedov, S.G‘.G‘ulamiddinov Bazalt tolaning bugungi kunda ishlatilishi holati//«Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari» Xorijiy olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. NamMQI, Namangan 9-iyun, 2023 yil b. 59-60

11. S.A.Xolmirzayev, A.R Ahmedov, S.G‘.G‘ulamiddinov Bazalt tolani afzalliklari va uni ishlab chiqarish jarayoni//«Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari» Xorijiy olimlar ishtirokidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. NamMQI, Namangan 9-iyun, 2023 yil b.63-65

12. S.A.Xolmirzayev, S.G‘.G‘ulamiddinov, B. Maqsud o‘g‘li Bazalt tolalar bilan disperst armaturalangan betondagi tolaning optimal miqdorini aniqlash // Toshkent arxitektura qurilish universiteti “Bino va inshootlarning seysmik xavfsizligi, energiya samaradorligi, zamonaviy qurilishda innovatsion texnologiyalar” xalqaro ilmiy-texnik Anjuman. TAQU, Toshkent 22-23 oktabr 2024-yil b. 454-458.

13. S.A.Xolmirzayev, A.R Ahmedov, S.G‘.G‘ulamiddinov Bazalt tolali betonning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari // “Курилища инновациялар, бинолар ва иншоотларнинг сейсмик хавфсизлиги” халқаро миқёсидаги илмий ва илмий-техник конференция. NamMQI, Namangan 27-28 ноябрь 2024-йил b. 431-435.







Avtoreferat «Qurilish va ta'lim»  
ilmiy-amaliy jurnal tahririyatidan o'tkazildi va  
matnlarning mosligi tekshirildi

Bosishga ruxsat etildi: 28.10.2025-yil.  
Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman» garniturasida.  
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 100. Buyurtma: № 28/10.  
Namangan shahar Hamroh ko'chasi 71<sup>A</sup> -uy.  
“Yashin sanoat” bosmaxonasida chop etildi.

