

**FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJA BERUVCHI PHD.03/07.06.2024.T.106.06 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**KIMSANOV BAXROMJON IKROMJON O‘G‘LI**

**KOMPOZIT ARMATURALANGAN SIQILUVCHI ELEMENTLARNING  
MUSTAHKAMLIK VA KUCHLANGANLIK-  
DEFORMATSIYALANGANLIK HOLATI**

**05.09.01–“Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar”**

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

**Farg‘ona–2025**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya  
avtoreferati mundarijasi**

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

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

**Kimsanov Baxromjon Ikromjon o‘g‘li**

Композит armaturalangan siqiluvchi elementlarning mustahkamlik va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati.....3

**Кимсанов Бахромжон Икромжон угли**

Прочность и напряженно-деформированное состояние композитных армированных сжатых элементов.....23

**Kimsanov Bakhromjon Ikromjon ugli**

Strength and stress-strain state of composite reinforced compressed elements  
.....43

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....48

**FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJA BERUVCHI PHD.03/07.06.2024.T.106.06 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**KIMSANOV BAXROMJON IKROMJON O‘G‘LI**

**KOMPOZIT ARMATURALANGAN SIQILUVCHI ELEMENTLARNING  
MUSTAHKAMLIK VA KUCHLANGANLIK-  
DEFORMATSIYALANGANLIK HOLATI**

**05.09.01–“Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar”**

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

**Farg‘ona–2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/T4518 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Doktorlik dissertatsiyasi Farg‘ona davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)), Ilmiy kengashning veb–sahifasida ([www.fstu.uz](http://www.fstu.uz) va “ZiyoNet” Axborot - ta’lim portalida [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Akramov Xusnitdin Axrarovich**  
texnika fanlari doktori, professor.

**Rasmiy opponentlar:**

**Zulpuyev Abdivali Momunovich**  
texnika fanlari doktori, professor.

**Rahmonov Abduvali Abduqodirovich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent.

**Yetakchi tashkilot:**

**Qoraqalpoq davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Farg‘ona davlat texnika universiteti huzuridagi Ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/07.06.2024.T.106.06 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil “5” sentabr soat 10<sup>00</sup> dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: Farg‘ona viloyati, Farg‘ona shahar, Farg‘ona ko‘chasi, 86 - uy. Tel.: (99873) 241-12-06; e-mail: [info@fstu.uz](mailto:info@fstu.uz)).

Dissertatsiya bilan Farg‘ona davlat texnika universiteti Axborot - resurs markazida tanishish mumkin (№ 291–raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: Farg‘ona shahar, Farg‘ona ko‘chasi, 86 - uy. Tel.: (99895) 028–42–20; faks: (99895) 028 42 20, e–mail: [fstuarm@edu.uz](mailto:fstuarm@edu.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil “20” avgust kuni tarqatildi.  
(2025 yil “18” avgustdagi № 1/2025-1 raqamli reestr bayonnomasi).

**S.F. Ergashev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi  
texnika fanlari doktori, professor

**Sh.A. Umarov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent

**X.A. Akramov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda zamonaviy qurilish amaliyotining jadal rivojlanishi sababli bino va inshootlarning yuk ko'taruvchi konstruksiyalarida po'lat armatura o'rnini bosuvchi yuqori korroziyaga chidamli va dielektrik xususiyatli kompozit armaturalarni qo'llashga ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Jahon qurilish bozori yetakchilaridan AQSH, Yaponiya, Kanada hamda MDH davlatlarida kompozit polimer armaturalarni ishlab chiqarish va qurilish sohasida qo'llash hajmi 2024 yilda 765,9 mln AQSH dollari tashkil etgan va ushbu ko'rsatgich 2030 yilga kelib 1,01 mlrd AQSH dollariga etishi kutilmoqda, bu esa o'rtacha yillik 5,7 % o'sishni ko'rsatadi.<sup>1</sup> Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, metall zaxiralarini tejash, energiyatejamkorlikka erishish imkoniyatlarini beruvchi mahalliy materiallar va xom ashyodan foydalanib ishlab chiqilgan yengil, mustahkam, korroziyaga chidamli kompozit armaturalarni agressiv muhitda ishlaydigan yuk ko'taruvchi konstruksiyalarda qo'llashga alohida e'tibor qaratish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Jahonda hozirgi kunda, turli tarkibli kompozit armaturalardan foydalanib, bino va inshoot konstruksiyalarining ustuvorligini, mustahkamligi, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini o'rganishga qaratilgan fundamental, ilmiy-amaliy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada yuqori mustahkam va agressiv muhitga chidamli shisha tolali kompozit armaturalardan foydalanib konstruksiyalarda po'lat armatura sarfini muayyan darajada kamaytirish, kombinatsiyalashgan po'lat-kompozit armaturali siqilishga ishlovchi ustun konstruksiyalarining mustahkamligi, hamda kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati bo'yicha tadqiqotlar olib borish, kompozit armaturali konstruksiyalarning agressiv muhit sharoitidagi bino va inshootlarning ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirish va ta'mirlashlar orasidagi muddatlarni uzaytirish hisobiga ularning umrboqiyiligini oshirish dolzarb hisoblanadi.

Respublikamizda qurilish sohasini rivojlantirish va qurilishda innovatsion zamonaviy kompozit materiallarni qo'llab, konstruksiyalarning xususiy og'irligini kamaytirish, metall zaxiralarini tejash, bino va inshoot konstruksiyalarining ishonchliligini ta'minlash, hamda ularning yangi konstruktiv yechimlarini ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda. "Yangi kompozit qurilish materiallarini turli xil tashqi ta'sirlarda sinash va ularning mexanik ko'rsatkichlarini aniqlash."<sup>2</sup> Mazkur vazifalarni amalga oshirishda, jumladan shisha tolali kompozit armaturalangan siqiluvchi beton konstruksiyalarning kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilish, mustahkamligi bo'yicha hisoblash va ularni konstruksiyalashga doir amaliy tavsiyalarni ishlab chiqish dolzarb vazifalardan hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 maydagi PQ-4335-son "Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-

<sup>1</sup> <https://www.goldenpages.uz/uz/rubrics/?Id=108743>

<sup>2</sup> 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 qarori.

tadbirlar” to‘g‘risida, 2023 yil 16 maydagi PQ–4198–son “Qurilish materiallari sanoatini tubdan takomillashtirish va kompleks rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024 yil 10 yanvardagi VM–18–son “Sanoatni rivojlantirish jamg‘armasi to‘g‘risidagi nizomni tasdiqlash haqida”gi qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli me‘yoriy - huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III. «Tabiiy resurslardan samarali foydalanish, ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish muammolari» ustuvor yo‘nalishlari doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi konstruksiyalarning mustahkamlik, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini o‘rganishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar bilan jahonning yetakchi ilmiy markazlari, universitetlari va ilmiy tadqiqot institutlarining taniqli olimlari, jumladan: A.A.Gvozdev, V.F.Stepanova, Y.V.Chinenkov, R.R.Xusainov, K.V.Mixaylov, N.A.Moshanskiy, V.G.Xozin, O.Y.Berg, N.P.Frolov, V.R.Falikman, A.R.Gizdatullin, N.M.Krasinikova, T.A.Muxamediyev, K.D.Kulyakov, A.V.Buchkin, E.Y.Yurin, A.Y.Lapshinov, S.A.Madatyev, D.A.Oreshkin, Y.V.Bondarenko, K.V.Spirande, M.M.Molskiy, G.Kretsis, Y.M.Vildavskiy, L.G.Aslanova, S.H.Alsayed, V.Gribniak, H.Y.Leung, M.A.Adam, M.Said, A.A.Mahmoud, A.S.Shanour, C.Mias, A.Turon, L.Torres, Y.H.Park, M.Guadagnini, D.Shantha Kumar, R.Rajkumar, C.E.Bakis, A.Nanni, J.A.Terosky, S.W.Koehler, Y.J.You, H.Y.Kim, J.S.Park, K.T.Park, D.W.Seo, J.H.Hwang, G.Wu, Z.S.Wu, Y.B.Luo, Z.Y.Sun, X.Q.Hu, M.J.Henneke, Z.Wang, M.M.S.Cheung, T.K.C.Tsang, Y.Goto va boshqalar shug‘ullanib, ushbu tadqiqotlar yo‘nalishida salmoqli ilmiy ishlarni bajarishgan hamda masalalarni hal qilishda ilmiy va amaliy natijalarga erishishgan.

Yurtimiz olimlari B.A.Asqarov, A.A.Xodjayev, X.A.Akramov, A.A.Rahmonov, A.I.Adilxodjayev, A.A.Ashrabov, S.R.Razzaqov, S.S.Shaumarov, V.F.Usmonov, S.A.Xolmirzayev, P.T.Mirzayev, S.S.Xasanov, X.X.Kamilov, A.M.Zulpiyev, S.J.Razzakov, Y.M.Mahkamov, Sh.A.Umarov, Sh.M.Davlyatov va boshqalar siqiluvchi konstruksiyalar va kompozit armaturali konstruksiyalarning mustahkamlik, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tadqiq qilish bo‘yicha bir qator tadqiqotlar olib borib, turli yillarda o‘z tadqiqotlari asosida muhim ilmiy va amaliy natijalarga erishishgan. Ushbu olimlarning ilmiy izlanishlari natijalaridan foydalanilgan holda, kompozit polimer armaturalarni beton konstruksiyalarda qo‘llanilishi bo‘yicha O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi tomonidan ShNQ 2.03.14-18 “Kompozit polimer armaturali beton konstruksiyalar” nomli me‘yoriy hujjat ishlab chiqildi va qurilishga joriy etishda o‘z o‘rnini topdi.

Bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlarning tahlili, bino va inshootlarni loyihalash va qurish tajribasi shuni ko‘rsatdiki, kompozit polimer armaturani beton konstruksiyalarda qo‘llash bo‘yicha bir qator takliflar ishlab chiqilgani amalda o‘z isbotini topgan. Ammo kompozit armaturalarni, siqiluvchi elementlarda qo‘llash

bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari yetarli darajada o'rganilmaganligini va yanada kengroq ilmiy izlanishlarni talab etayotganini ko'rsatdi.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Farg'ona politexnika institutining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq 25/2022 "Mavjud bino va inshootlar konstruksiyalarining seysmik mustahkamligini oshirishda optimal yechimlarni tadqiq qilish" (2022–2023) mavzusidagi loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi elementlarning mustahkamlik va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini baholashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

O'zbekistonda ishlab chiqarilayotgan shisha tolali kompozit armaturalarning mexanik xossalari va mustahkamlik ko'rsatkichlarini o'rganish;

siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit hamda po'lat armaturali beton ustunlarning statik yuk ta'sirida kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash;

siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit hamda po'lat armaturali beton ustunlarning statik yuk ta'sirida kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilish orqali ko'ndalang armaturaning maqbul turi va qadamini tanlash;

siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit hamda po'lat armaturali beton ustunlarni loyihalashda xomutlarning materiali va qadamini tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish;

siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustunlarni hisoblash usullarini, shisha tolali kompozit armaturaning parametrlarini inobatga olgan holda takomillashtirish;

nazariy hamda eksperimental tadqiqot natijalarini taqqoslab, ustunlarda shisha tolali kompozit armaturalarni qo'llashning iqtisodiy samaradorligini asoslash.

**Tadqiqotning obyekt**i sifatida shisha tolali kompozit va po'lat armaturalar bilan armaturalangan siqiluvchi beton ustunlar olingan.

**Tadqiqotning predmet**ini siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturalar bilan armaturalangan beton ustunlarda yoriqlarning hosil bo'lishi, mustahkamligi va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatlari tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiyada shisha tolali kompozit armaturali beton siqiluvchi elementlarni statik yuklar ta'siriga sinash, optimal konstruktiv yechimlarni aniqlash, tajriba-sinov natijalarini qayta ishlash, tahlil qilish hamda taqqoslash usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

shisha tolali kompozit armaturalarning mexanik xossalarini nazariy hamda eksperimental baholash orqali ularni siqilishga ishlovchi beton ustun konstruksiyalarida bo'ylama ishchi armatura sifatida qo'llash yuk ko'tarish imkoniyatlari asoslab berilgan;

siqilishga ishlovchi beton ustunlarda shisha tolali kompozit armaturalarni qo'llash tashqi statik kuchlar ostida beton hamda armaturalarda paydo bo'ladigan kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik holatida beton yadrosidagi ichki zo'riqish

kuchlarining o'zgarish qonuniyatiga ko'ra mustahkamlikning oshirishi aniqlangan; siqilishga ishlovchi ustunlarda bo'ylama shisha tolali kompozit hamda ko'ndalang po'lat armatura xomutli karkaslarni qo'llash natijasida ularning yuk ko'tarish qobiliyati xomuti shisha tola kompozit armaturali namunalarga nisbatan betondagi xalqa samarasi sababli 1,1 marta ortganligi aniqlangan;

siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustunlarni hisoblash usullari shisha tolali kompozit armaturaning ko'ndalang armaturalash foiziga, siqilish va cho'zilishdagi me'yoriy va hisobiy qarshiliklarini inobatga olgan holda takomillashtirilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

beton ustunlarni shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalash bo'yicha hisoblash formulalari shisha tolali kompozit armaturaning xossalari inobatga olgan holda takomillashtirilgan;

ustun konstruksiyalarni armaturalashda kompozit xomut o'rniga, po'lat xomutlardan foydalanish va ularning qadamini kamaytirish, konstruksiyaning yuk ko'tarish qobiliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi asoslangan;

shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan ustunlarni hisoblashning ishlab chiqilgan amaliy usullarini avtomatlashtirish imkonini beruvchi hisoblash dasturlari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** tadqiqotlar zamonaviy uslub va vositalardan foydalangan holda o'tkazilganligi, nazariy hisoblarning qurilish me'yorlari va qoidalari asosida amalga oshirilganligi, tajriba natijalari me'yoriy hujjatlarda keltirilgan natijalar bilan taqqoslanganligi, tajriba va nazariy tadqiqot natijalarining o'zaro mutanosibliigi hamda amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shisha tolali kompozit armaturali beton siqiluvchi elementlarni hisoblashni avtomatlashtirish, kompozit armaturalar bilan armaturalangan markaziy va nomarkaziy siqiluvchi elementlarni hisoblash usulini takomillashganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, siqiluvchi elementlarning kompozit armaturalaridagi zo'riqlashlarni real baholash, kompozit armaturali siqiluvchi beton elementlarni belgilangan nuqtalaridagi kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash imkonini beruvchi me'yoriy ko'rsatma va hisoblash usulini loyihalash amaliyotida qo'llash natijasida, elementlarni yuk ko'tartish qobiliyatini ta'minlash bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi elementlarning mustahkamlik va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tadqiq etish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

shisha tolali kompozit armaturalarning mexanik xossalari nazariy hamda eksperimental baholash orqali ularni siqilishga ishlovchi beton ustun konstruksiyalarida bo'ylama ishchi armatura sifatida qo'llash yuk ko'tarish imkoniyatlari asoslab berilganligi hamda siqilishga ishlovchi beton ustunlarda shisha tolali kompozit armaturalarni qo'llash tashqi statik kuchlar ostida beton hamda armaturalarda paydo bo'ladigan kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik

holatida beton yadrosidagi ichki zo‘riqish kuchlarining o‘zgarish qonuniyatiga ko‘ra mustahkamlikning oshirishi aniqlangan yuzasidan takliflar Farg‘ona viloyati Qurilish va uy - joy kommunal xo‘jaligi sohasida hududiy nazorat qilish inspeksiyasi tomonidan Farg‘ona shahar Mash‘al MFY Farobiy ko‘chasidagi sakkiz qavatli turar-joy binosini barpo etishda joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 21-oktyabrdagi 24-06/11005-son ma‘lumotnomasi). Natijada loyihalash hamda hisoblash jarayonlariga sarflanadigan vaqtning 15% gacha tejalishiga erishilgan;

siqilishga ishlovchi ustunlarda bo‘ylama shisha tolali kompozit hamda ko‘ndalang po‘lat armatura xomutli karkaslarni qo‘llash natijasida ularning yuk ko‘tarish qobiliyati xomuti shisha tola kompozit armaturali namunalarga nisbatan betondagi xalqa samarasi sababli 1,1 marta ortganligi aniqlanganligi siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustunlarni hisoblash usullari shisha tolali kompozit armaturaning ko‘ndalang armaturalash foiziga, siqilish va cho‘zilishdagi me‘yoriy va hisobiy qarshiliklarini inobatga olgan holda takomillashtirilgan oid takliflar “Farg‘onafuqaroloyiha” MChJ tomonidan Farg‘ona shahar, Qirguli mavzesi, Yangi asr ko‘chasida etti qavatli birinchi va ikkinchi qavatlarini savdo va maishiy xizmat ko‘rsatish shaxobchalari yuqori qavatlarini turar-joy obyekti qurilishida joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 21-oktyabrdagi 24-06/11005-son ma‘lumotnomasi). Natijada konstruksiyalarda shisha tolali kompozit armaturani qo‘llashda po‘lat armaturaga nisbatan 33% iqtisodiy samaradorlikka erishilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy - amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 18 ta ilmiy ish chop etilgan bo‘lib, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, jumladan, 7 tasi respublika va 4 tasi xorijiy jurnallarda nashr qilingan. O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligidan EHM uchun dasturiy ta‘minotga №DGU 42292 va №DGU 42293 raqamli mualliflik huquqini belgilovchi guvohnomalar olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 118 sahifani tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Dissertatsiyaning kirish qismida** bajarilgan dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlarga mosligi, tadqiqotning maqsadi va vazifalari hamda tadqiqot obyekti va predmeti keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va olingan natijalarning ilmiy - amaliy ahamiyati ifodalangan, tadqiqot ishi natijalarining ishlab chiqarishga tadbiq etilganligi ta‘kidlangan, tadqiqot ishlari natijalarining aprobatsiyasi haqida ma‘lumotlar va dissertatsiya mavzusi bo‘yicha

chop etilgan ilmiy maqolalar, shuningdek, dissertatsiya strukturasi va hajmi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Kompozit va po'lat armaturali siqiluvchi elementlarning mustahkamligi va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati bo'yicha o'tkazilgan ilmiy - tadqiqot ishlar tahlili”** deb nomlangan birinchi bobida ilmiy - texnik adabiyotlar, mahalliy va xorijiy nashrlar, qurilish amaliyotida kompozit polimer armaturalarni ishlab chiqish va qo'llashning bugungi holati va rivojlanishi hamda siqilishga ishlovchi konstruksiyalarda kompozit materiallardan foydalanish bo'yicha jahon va yurtimizda olib borilgan ilmiy ishlarning nazariy asoslari va amaliy usullari tahlil qilingan.

Ilmiy ishlarning tahlili shuni ko'rsatdiki, kompozit polimer armaturali siqiluvchi elementlarni o'rganish bo'yicha tadqiqotlar etarli emas. Shisha tolali kompozit armaturalarni siqilishga ishlaydigan elementlarda bo'ylama ishchi armatura sifatida qo'llash muhim va echimini topmagan masala hisoblanadi. Shunday bo'lsa-da, o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ko'ndalang armatura qadami kamayishi bilan namunalarning mustahkamligi ortadi. Shu sababli, ko'ndalang armatura qadamini kamaytirishning kompozit armatura bilan armaturalangan elementlarning mustahkamligi va deformatsiyalanishiga ta'sirini tadqiq qilish ma'lum darajada dolzarb hisoblanadi.

Kompozit armaturalangan siqiluvchi elementlarning mustahkamlik va kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilish va bajariladigan tadqiqotlar doirasida belgilangan vazifalarni amalga oshirish uchun quyidagi **ishchi gipoteza** shakllantirildi. Kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi beton elementlarning yuk ko'tarish qobiliyati va deformatsiya holatini aniqlashda kompozit armatura elastiklik moduli va beton bilan tishlashish parametrlarini inobatga olgan holda, shisha tolali kompozit armatura xomutlari qadamini kamaytirish orqali takomillashtirish.

Dissertatsiyaning **“Shisha tolali kompozit armaturali siqiluvchi elementlarni hisoblash”** deb nomlangan ikkinchi bobida, shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi beton elementlarni hisoblash keltirilgan.

Me'yorlarga asosan tasodifiy  $e_0$  yelka  $\frac{h}{30}$  yoki  $\frac{1}{600}e$  nisbatlaridan kattasiga teng qilib olinadi. Siqiluvchi elementning ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakli shaklida  $e_0 \leq 20h$  va  $e_0 = e_0 \leq \frac{h}{30}$  bo'lsa, u holda markaziy siqilishga ishlovchi element deb faraz qilib, quyida keltirilgan shart bo'yicha hisoblash mumkin:

$$N = \eta\varphi [R_b A + R_{sc} (A_s + A'_s)] \quad (1)$$

bu yerda N — bo'ylama siqiluvchi kuch;  $A = bh$  - elementning ko'ndalang kesimi yuzasi;  $\eta$  - ish sharoiti koeffitsiyenti; agar  $h \geq 30$  sm bo'lsa,  $\eta = 1$  agar  $h < 30$  sm bo'lsa,  $\eta = 0,8$   $\varphi$  - bo'ylama egilish koeffitsiyenti

Shisha tolali kompozit armaturadagi hisobiy qarshilikni quyidagicha belgilash mumkin:

$$R_{shka} = \varepsilon_{sh,max} \cdot E_{shka} \quad (2)$$

bu yerda:  $R_{shka}$  - ShKAning hisobiy qarshiligi,  $\varepsilon_{sh,max}$  - ShKAning nisbiy

deformatsiyasi,  $E_{shka}$  - ShKAning elastiklik moduli.

Natijada, shisha tolali kompozit armaturali markaziy siqiluvchi elementning yuk ko‘tarish qobiliyatini quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$N_{shka} = \eta\varphi \left[ R_b A + \varepsilon_{sh,max} \cdot E_{shka} (A_{shka} + A'_{shka}) \right] \quad (3)$$

bu yerda:  $R_b$ —betonning siqilishdagi hisobiy qarshiligi,  $A = bh$  - elementning ko‘ndalang kesimi yuzasi;  $\eta$  - ish sharoiti koeffitsiyenti,  $\varphi$  – bo‘ylama egilish koeffitsiyenti,  $\varepsilon_{sh,max}$  – ShKAning nisbiy deformatsiyasi,  $E_{shka}$  - ShKAning elastiklik moduli,  $A_{shka}, A'_{shka}$  - siqilish va cho‘zilishga ishlovchi armaturalar kesim yuzasi.

Nomarkaziy siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustunlarga ta’sir qiluvchi kuch yelkasi  $e_0$ , ustunlarda kuch ta’sirida hosil bo‘ladigan M va N epyuralaridan topiladi. Siqiluvchi elementning kesim yuzasi to‘g‘ri to‘rtburchakli bo‘lganda quyidagicha topiladi:

$$A_b = bx, \quad N_b = R_b bx, \quad Z_b = h_0 - 0,5x \quad (4)$$

Nomarkaziy siqilishga ishlovchi to‘g‘ri to‘rtburchak kesim yuzali elementlarning yuk ko‘tarish qobiliyati shartini quyidagi yozishimiz mumkin:

$$N = \frac{R_b \cdot bx(h_0 - 0,5x) \pm R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{e} \quad (5)$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib shisha tolali kompozit armaturali nomarkaziy siqiluvchi elementning yuk ko‘tarish qobiliyatini quyidagi ifoda bilan tasvirlash mumkin:

$$N_e = \gamma_{bt} R_b h_0^2 \xi (1 - 0,5\xi) + \varepsilon_{sh,max} E_{shka} A_{shka} (h_0 - a') \quad (6)$$

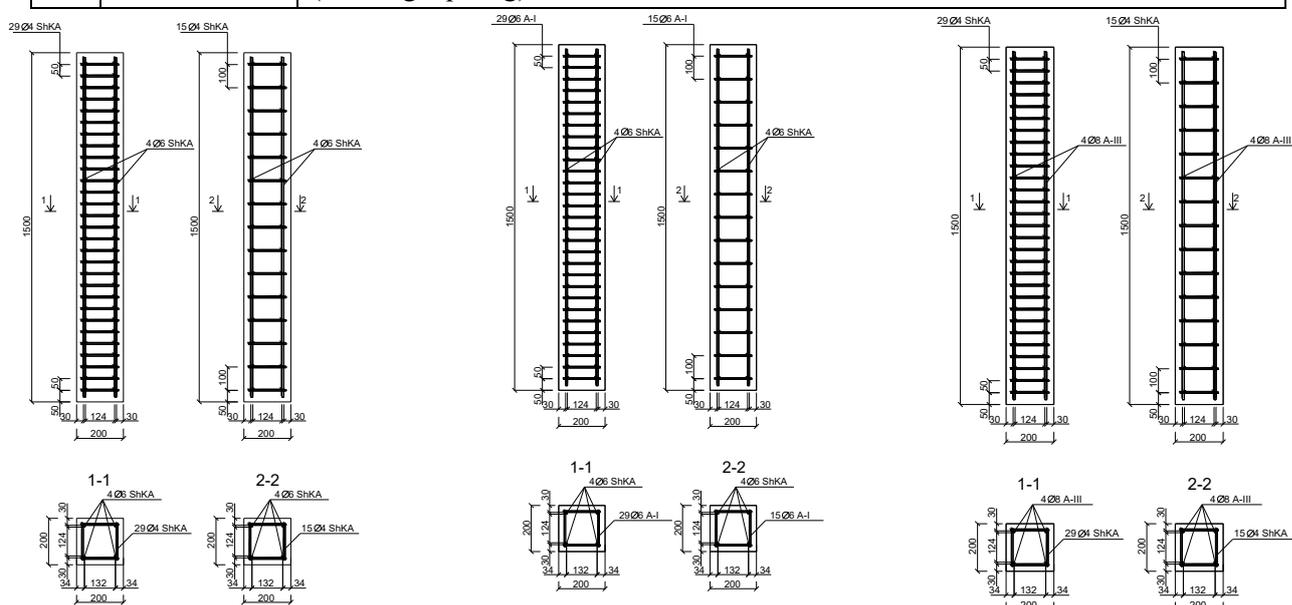
bu yerda:  $\gamma_{bt}$  – betonning ishlash sharoitini hisobga oluvchi koeffitsiyent,  $R_b$  – betonning hisobiy qarshiligi,  $h_0$  - namuna chetidan ishchi armaturagacha bo‘lgan masofa,  $\xi$  - siqilish zonasining balandligi,  $\varepsilon_{sh,max}$  – ShKAning nisbiy deformatsiyasi,  $E_{shka}$  - ShKAning elastiklik moduli,  $A_{shka}$  - ShKA kesim yuzasi.

Dissertatsiyaning “**Shisha tola kompozit armaturali ustunlarning yuk ko‘tarish qobiliyati va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini eksperimental tadqiq etish**” deb nomlangan uchinchi bobida eksperimental tadqiqotlarning vazifalari, sinov qurilmalari, vositalari va o‘lchov asboblari, sinov modellarini tayyorlash natijalari keltirilgan.

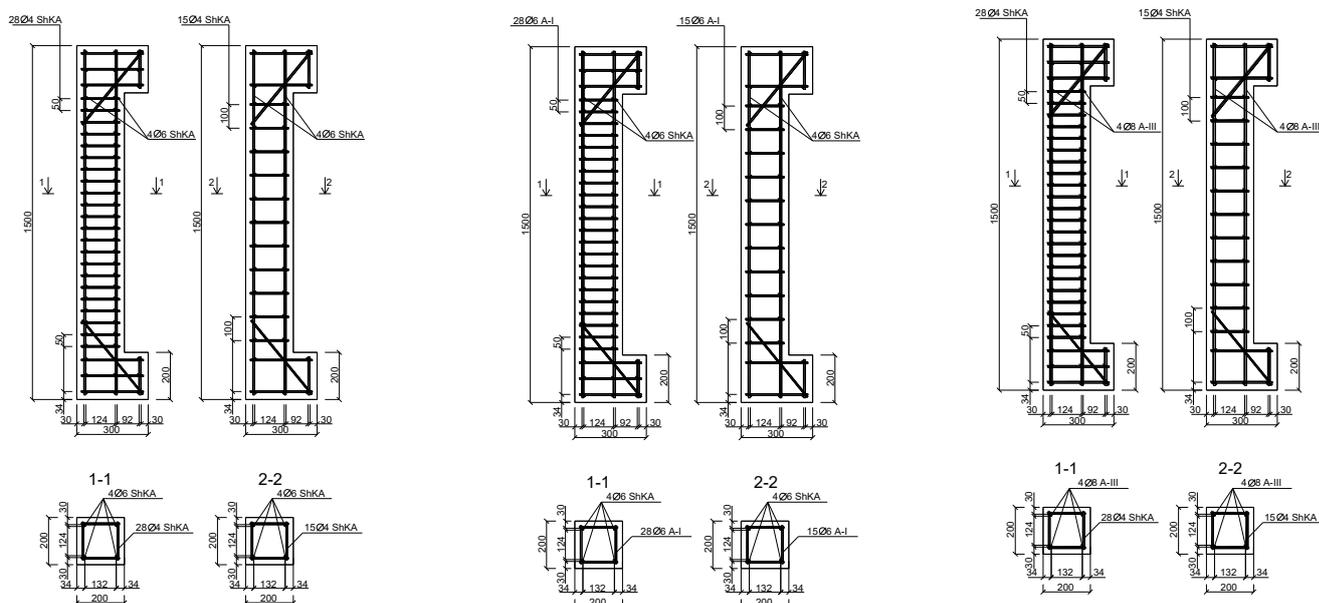
Eksperimental tadqiqotlar uchun ko‘p qavatli binoning kesim yuzasi 40x40 sm, uzunligi  $l=300$  sm bo‘lgan o‘rta qator ustunlarini 1/2 nisbatda modellashtirib, ko‘ndalang kesim yuzasi  $b \times h = 20 \times 20$  sm, uzunligi  $l_0 = 150$  sm bo‘lgan namuna ustunlar tayyorlandi. Ishchi armatura sifatida bo‘ylama armaturalarga 4Ø6ShKA va 4Ø8A400, ko‘ndalang xomutlar uchun esa Ø4ShKA va Ø6A240 po‘lat armaturalardan foydalanildi. Namunalarning armaturalash foizi shisha tolali kompozit armaturalar uchun 0,28 % va po‘lat armaturalar uchun 0,5 % ni tashkil qildi. Xomutlar qadami mos ravishda konstruktiv talablarga ko‘ra 50 mm hamda 100 mm qilib olindi.

### Namuna seriyalarining nomlanishi

t/r	Seriyalar	Nomlanishi
1	MShKA I	Markaziy siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustun (2-rasmga qarang).
2	MPSHKA II	Markaziy siqilishga ishlovchi ishchi armaturasi shisha tolali kompozitdan, xomuti po'latli ustun (2-rasmga qarang).
3	MPA III	Markaziy siqilishga ishlovchi po'lat armaturali ustun (2-rasmga qarang).
4	NShKA IV	Nomarkaziy siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustun (3-rasmga qarang).
5	NPSHKA V	Nomarkaziy siqilishga ishlovchi ishchi armaturasi shisha tolali kompozitli, xomuti po'latli ustun 3-rasmga qarang).
6	NPA VI	Nomarkaziy siqilishga ishlovchi po'lat armaturali ustun (3-rasmga qarang).



**1-rasm. MShKA I, MPSHKA II, MPA III namunalarining geometrik o'lchamlari**



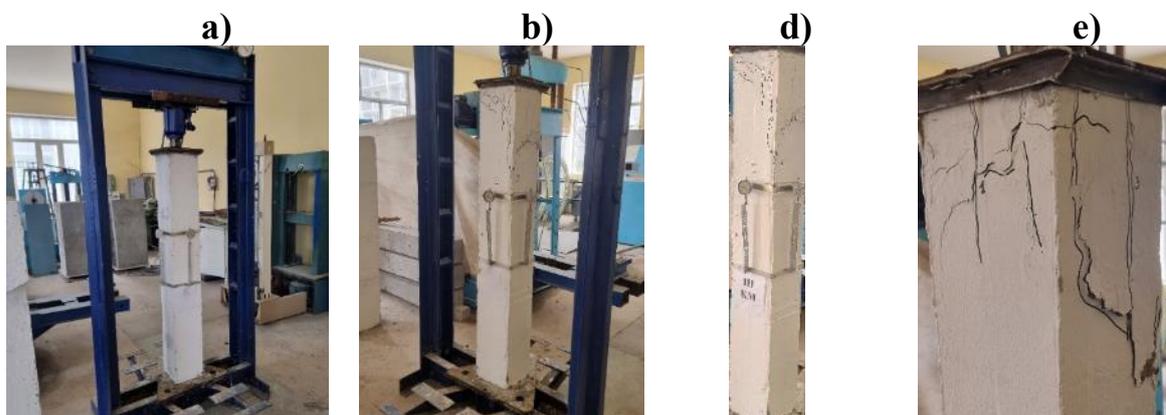
**2-rasm. NShKA IV, NPSHKA V va NPA VI namunalarining geometrik o'lchamlari**

Namunalar Farg‘ona politexnika instituti “Bino va inshootlar qurilishi” kafedrasining o‘quv-ilmiy laboratoriyasida sinovdan o‘tkazildi. Sinovlar boshlanishidan oldin namunalardagi barcha o‘lchov asboblari bo‘yicha boshlang‘ich o‘lchovlar yozib olindi. Bu ko‘rsatkichlar “Shartli nol” sifatida qabul qilindi.

Yuklash sekinlik bilan bir necha bosqichda berildi. Bosqich yuki hisobiy buzuvchi yukning taxminan 10% ini tashkil etdi. Har bir bosqichda yuk berib bo‘lingandan so‘ng, 5–10 minutgacha uning muvozanatlashishi kutib turildi. Har bir bosqich so‘ngida o‘lchov asboblari bo‘yicha ko‘rsatkichlar yozib olindi.

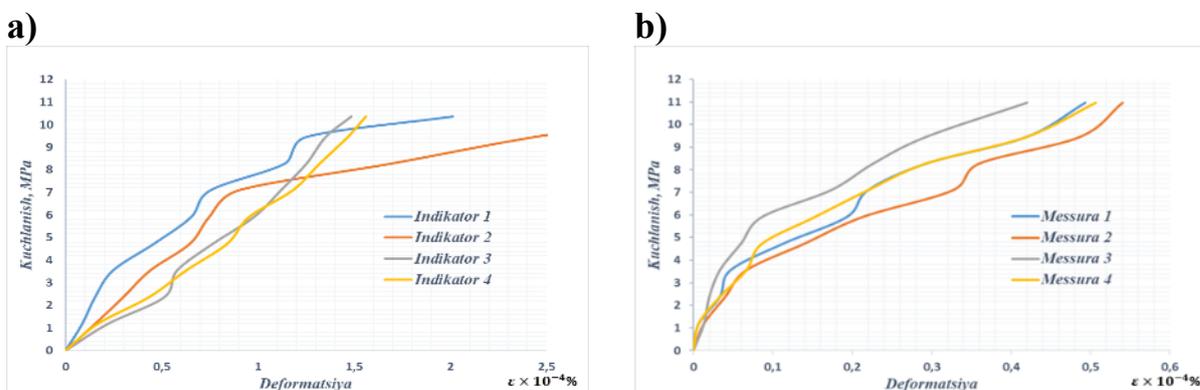
Dissertatsiyaning “**Markaziy va nomarkaziy siqilishga ishlovchi shisha tola kompozit armaturali beton ustunlarning mustahkamlik, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati tahlili**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida shisha tolali kompozit va po‘lat armaturali ustun namunalari mustahkamlik, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash uchun o‘tkazilgan eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan.

**MShKA I** (markaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama va ko‘ndalang armaturalari shisha tolali kompozit armaturadan tayyorlangan ustun) - seriyali ushbu seriyadagi 6 dona ustun namunalari 4Ø6ShKA ishchi armaturaga, Ø4ShKA xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.



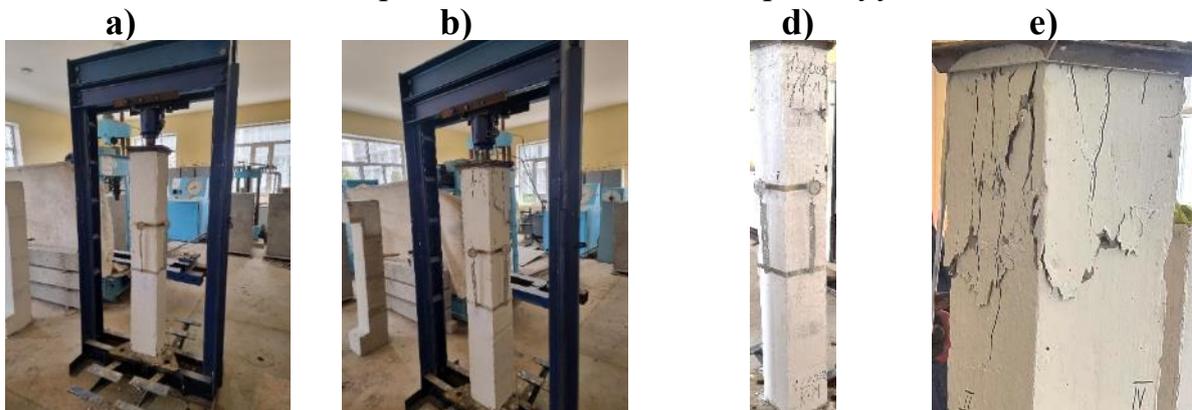
3-rasm. MShKA I seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi holati, b), d), e) sinovdan keyingi holati.

MShKA I seriyali namunalarning kuchlanganlik–deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiklarini qayta ishlash natijalariga ko‘ra, yuk qo‘yilish eksentrisiteti mos ravishda 1 va 2 seriyadagi 6 dona ustunlar uchun 0,5 smni tashkil etdi.



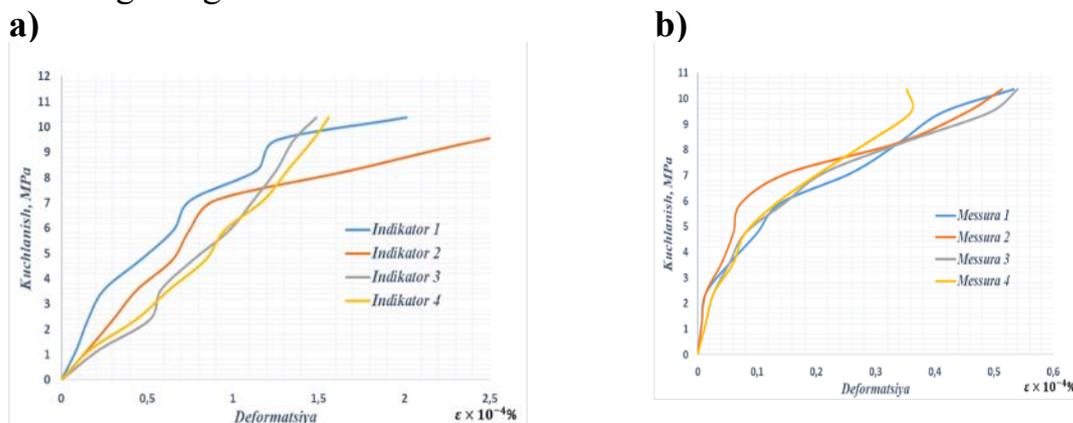
4-rasm. MShKA I-1 seriyali namunalar betoni a), va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafigi:  $\sigma$ -namuna ustunlariga ta’sir etayotgan kuchlanish (MPa);  $\epsilon$ - deformatsiya %.

**MPSHKA II** (markaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama armaturalari shisha tolali kompozit armaturadan xomutlari po‘latdan tayyorlangan ustun) - seriyali ushbu seriyadagi 6 dona ustun namunalariga Ø6ShKA ishchi armaturaga, Ø6A240 xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.



5-rasm. MPSHKA II–seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi holati, b), d), e) sinovdan keyingi holati.

MPSHKA II – seriyali namuna betonining kuchlanganlik–deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiklarini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, shisha tolali kompozit armaturali va po‘lat xomutli 2 ta namunalar uchun mos ravishda yukning qo‘yilish eksentrisiteti: 0,5 smni tashkil etdi. Bu nomarkaziy siqilishning 3–holatiga to‘g‘ri keladi.

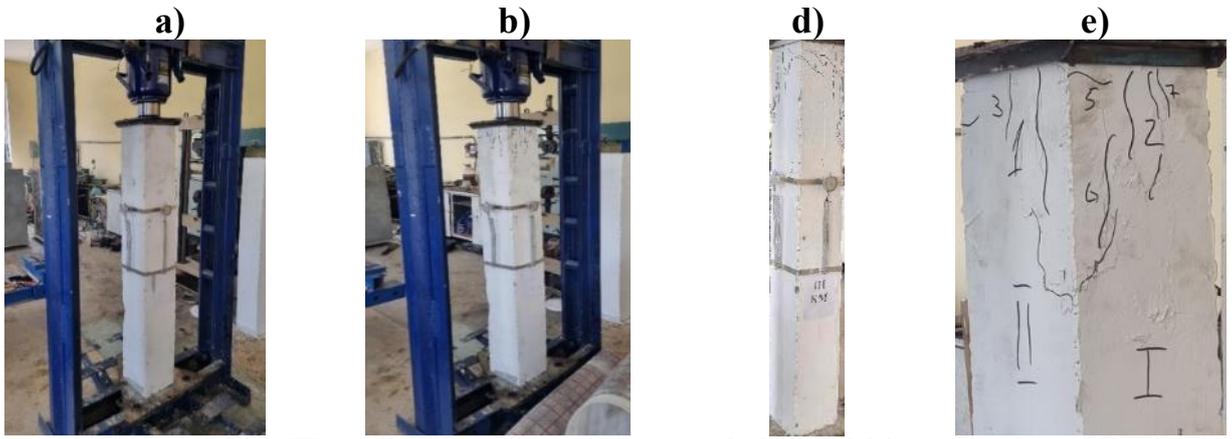


6-rasm. MPSHKA II-1 betoni a), va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiği:

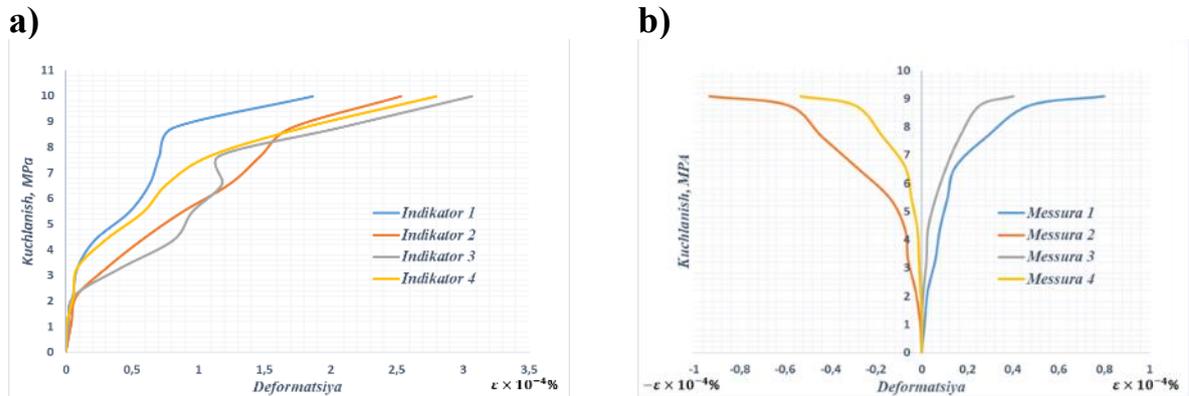
**MPA III** (markaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama va ko‘ndalang armaturalari po‘lat armaturadan tayyorlangan ustun) – ushbu seriyadagi markaziy siqiluvchi 6 dona ustun namunalariga Ø8A400 ishchi armaturaga, Ø6A240 xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.

MPA III – seriyali namuna betonining kuchlanganlik–deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiklarini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, po‘lat armaturali va po‘lat xomutli 6 ta namunalar uchun mos ravishda yukning qo‘yilish eksentrisiteti: 0,5 smni tashkil etdi. Bu nomarkaziy siqilishning 3–holatiga to‘g‘ri keladi.

MPA III – seriyadagi 6 ta namuna  $e_0/h \leq 0,17$  da (juda kichik eksentrisitet holati) buzilish holati aniqlangan. Himoya qatlamning buzilishi ustunning yuqori qismida sodir bo‘lgan. Ushbu hududda nomarkaziy siqilgan namunalarda ko‘ndalang yoriqlar paydo bo‘lishi qayd etilgan. Xuddi shu kesim yuzasida, siqilgan hududda namunaning buzilishi paytida kompozit armaturaning betonni yorib chiqib ketishi kuzatilgan.



7-rasm. MPA III –seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi holati. b), d), e) sinovdan keying holati



8-rasm. MPA III-1 betoni a), va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiqi:

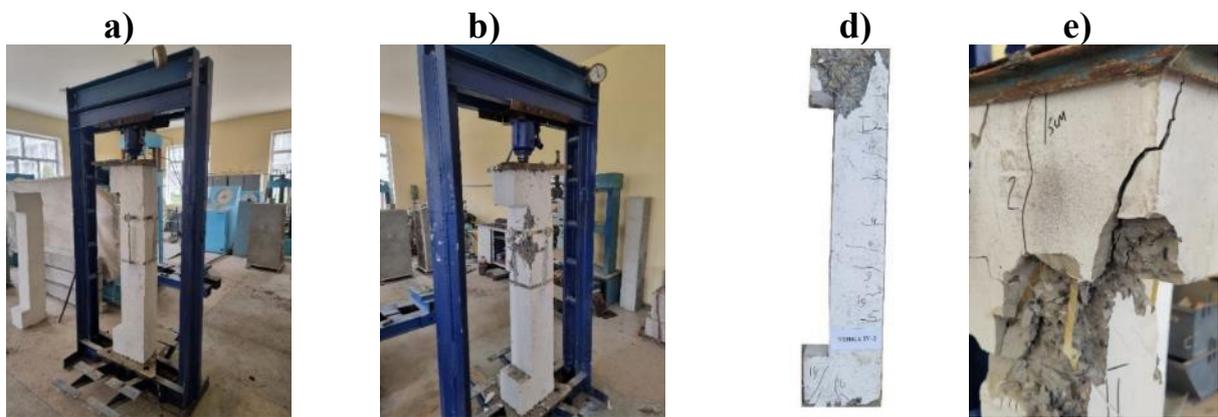
### O‘lchov vositalaridan olingan namuna betoni va armaturasidagi deformatsiyalar

Namuna seriyalari	$0,5 \times N_{buz}$		$0,8 \times N_{buz}$	
	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4
MShKA I	$\varepsilon = (0,5 \div 0,92) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,12 \div 0,11) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (1,1 \div 1,3) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,27 \div 0,28) \times 10^{-4}$
MPSHKA II	$\varepsilon = (0,4 \div 0,8) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,11 \div 0,09) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (1,12 \div 1,27) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,31 \div 0,29) \times 10^{-4}$
MPA III	$\varepsilon = (0,43 \div 0,52) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,14 \div -0,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,72 \div 1,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,29 \div -0,2) \times 10^{-4}$

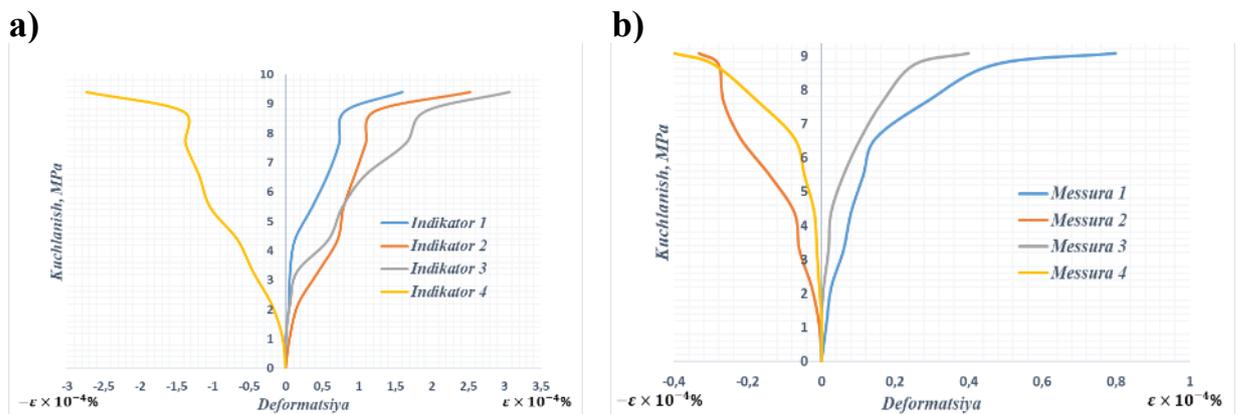
**NShKA IV** (nomarkaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama va ko‘ndalang armaturalari shisha tolali kompozit armaturadan tayyorlangan ustun) – seriyali – ushbu seriyadagi nomarkaziy siqiluvchi 6 dona ustun namunalari 4Ø6ShKA ishchi armaturaga, Ø4 ShKA xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.

NShKA IV – seriyali namuna betonining Kuchlanganlik–deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiqlarini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, kompozit armaturali va po‘lat xomutli 6 ta namunalar uchun mos ravishda yukning qo‘yilish eksentrisiteti: 7 smni tashkil etdi. Bu nomarkaziy siqilishning 1 – holatiga to‘g‘ri keladi.

Beton (indikator ko‘rsatkichlari bo‘yicha) va shisha tolali kompozit armaturaning (messura ko‘rsatkichlari bo‘yicha) deformatsiya miqdori ko‘rsatkichlarini taqqoslash quyidagilarni belgilashga imkon beradi:



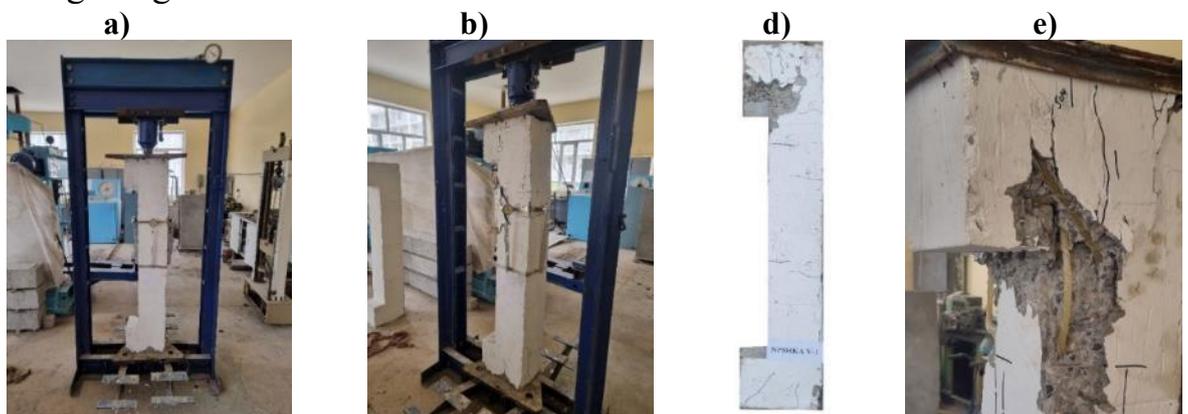
9-rasm. NShKA IV–seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi holati, b) sinovdan keyingi holati.



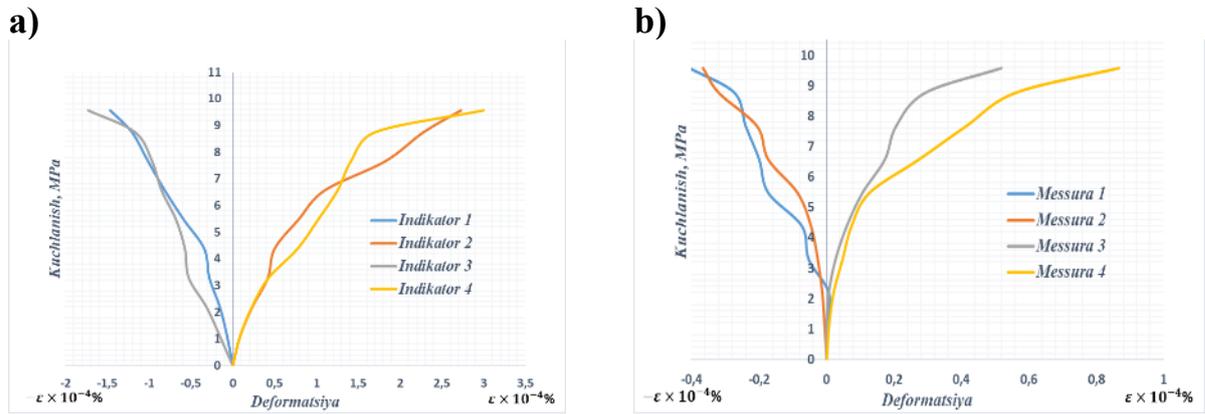
10-rasm. NShKA IV-1 betoni a) va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafi

NPShKA V (nomarkaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama armaturalari shisha tolali kompozit va ko‘ndalang armaturalari po‘latdan tayyorlangan ustun) -seriyali – ushbu seriyadagi nomarkaziy siqiluvchi 6 dona ustun namunalari Ø6ShKA ishchi armaturaga, Ø6A240 xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.

NPShKA V – seriyali namuna betonining kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiqlarini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, shisha tolali kompozit armaturalari va po‘lat xomutli 6 ta namunalar uchun mos ravishda yukning qo‘yilish eksentrisiteti: 7 smni tashkil etdi. Bu nomarkaziy siqilishning 1 –holatiga to‘g‘ri keladi.



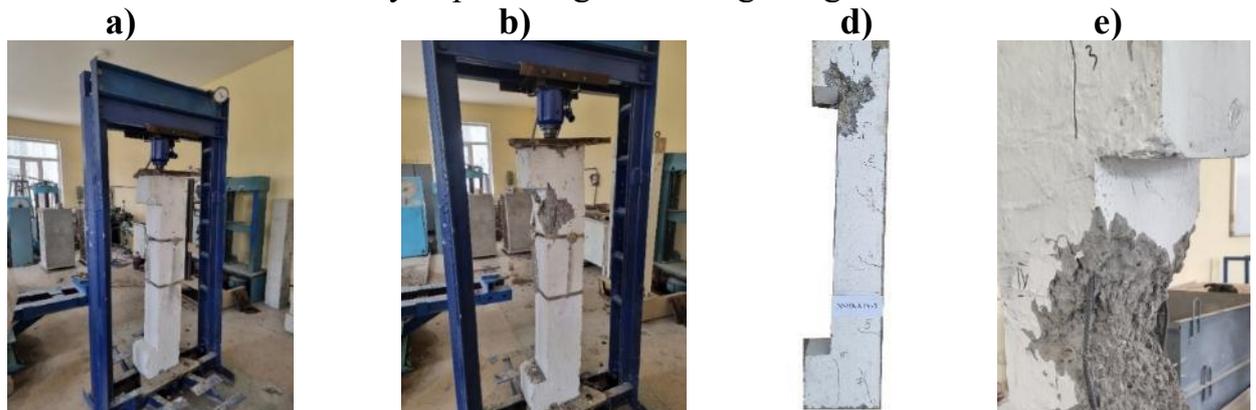
11-rasm. NPShKA V–seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi holati, b), d), e) sinovdan keyingi holati.



12-rasm. NPSHKA V -1 betoni a), va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiği

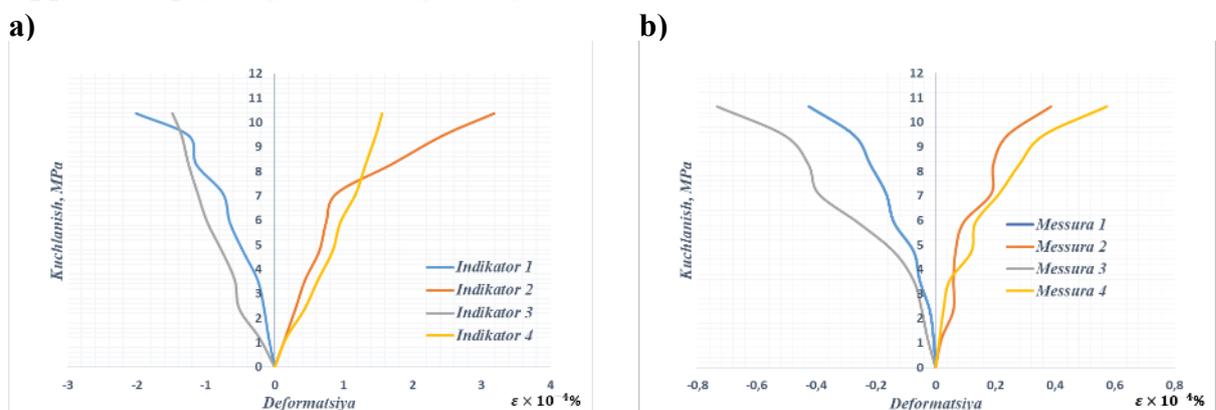
NPA VI (nomarkaziy siqilishga ishlovchi bo‘ylama va ko‘ndalang armaturalari po‘lat armaturadan tayyorlangan ustun) -seriyali – ushbu seriyadagi nomarkaziy siqiluvchi 6 dona ustun namunalari Ø8A400 ishchi armaturaga, Ø6A240 xomutni 50 va 100 mm qadam bilan karkas hosil qilib tayyorlash hisoblaniladi.

NPA VI – seriyali namuna betonining kuchlanganlik–deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiğlarini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, kompozit armaturali va po‘lat xomutli 6 ta namunalar uchun mos ravishda yukning qo‘yilish eksentrisiteti: 7 smni tashkil etdi. Bu nomarkaziy siqilishning 1 - holatiga to‘g‘ri keladi.



13-rasm. NPA VI –seriyali namunaning umumiy ko‘rinishi a) sinovdan oldingi, b), d), e) sinovdan keyingi holati

Beton (indikator ko‘rsatkichlari bo‘yicha) va kompozit armaturaning (messura ko‘rsatkichlari bo‘yicha) deformatsiya miqdori ko‘rsatkichlarini taqqoslash quyidagilarni belgilashga imkon beradi:



14-rasm. NPA VI -1 betoni a), va armaturasining b) kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik bog‘liqlik grafiği

## O'lchov vositalaridan olingan namuna betoni va armaturasidagi deformatsiyalar

Namuna seriyalari	$0,5 \times N_{buz}$		$0,8 \times N_{buz}$	
	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4
NShKA IV	$\varepsilon = (0,19 \div -1,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,16 \div -0,03) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,6 \div -1,5) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,38 \div -0,2) \times 10^{-4}$
NPShKA V	$\varepsilon = (-0,5 \div 1,0) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,14 \div 0,17) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-1,1 \div 1,4) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,24 \div 0,44) \times 10^{-4}$
NPA VI	$\varepsilon = (-0,5 \div 0,94) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,1 \div 0,16) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-1,1 \div 1,2) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,2 \div 0,24) \times 10^{-4}$

Yuqoridagi beton va armaturadagi kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik bog'liqlik grafiklarini tahlil qilish orqali beton va armaturada hosil bo'lgan deformatsiyalar qiymatlari me'yoriy ya'ni ruxsat etilgan qiymatlardan kichik ekanligi qayd etildi.

2-jadval

### Barcha seriyali ustun namunalarning tajriba natijalari

Namuna shifri	Ustun namunalari uchun qabul qilingan betonning hisobiy qarshiligi $R_b$ (MPa)	Tadqiqot dagi buzuvchi kuch $N_{buz}$ (kN)	Siqilishdagi chegaraviy mustahkam $R_{son} = \frac{N_{buz}}{A_{son}}$ (MPa)	Yukning qo'yilgan eksentrisiteti $e_x$ (sm)	$\xi = \frac{x}{h_0}$	$\xi_P$	Yuk ko'tarish qobiliyati $N_T$ (kN)	$\frac{N_T}{N_{buz}}$	$(\frac{N_T}{N_{buz}})$	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Markaziy siqilishga ishlovchi ustunlar (18 dona namunalarning o'rtacha qiymatlari)</b>										
MShKA I-1	11,5	345	8,6	0,5	-	-	445	1,29	1,28	28
MShKA I-2	11,5	350	8,8	0,5	-	-		1,27		
MPSHKA II-1	11,5	387	9,7	0,5	-	-	461	1,19	1,21	21
MPSHKA II-2	11,5	373	9,3	0,5	-	-		1,23		
MPA III-1	11,5	429	10,7	0,5	-	-	482	1,12	1,14	14
MPA III-2	11,5	412	10,3	0,5	-	-		1,16		
<b>Nomarkaziy siqilishga ishlovchi ustunlar (18 dona namunalarning o'rtacha qiymatlari)</b>										
NShKA IV-1	11,5	330	8,3	7,0	0,636	0,392	412	1,25	1,28	28
NShKA IV-2	11,5	311	7,8	7,0	0,636	0,392		1,31		
NPShKA V-1	11,5	351	8,8	7,0	0,636	0,392	433	1,23	1,24	24
NPShKA V-2	11,5	345	8,6	7,0	0,636	0,392		1,25		
NPA VI-1	11,5	383	9,6	7,0	0,642	0,601	456	1,19	1,20	20
NPA VI-2	11,5	377	9,4	7,0	0,642	0,601		1,21		

Bajarilgan nazariy-eksperimental tadqiqotlar shisha tolali kompozit armaturalar beton bilan yaxshi birikishi, ya'ni ishonchli tishlashishini, kuchlar ostida ular to buzilguncha, birgalikda qarshilik ko'rsatishini aniqlash imkonini berdi. Shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan siqiluvchi beton konstruksiyalar ham xuddi, po'lat armatura bilan armaturalangan temirbeton elementlar singari aynan shunday kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatda bo'ladi va ishonchli mustahkamlikni ta'minlaydi. Amaldagi SHNQ 2.03.14.18 "Kompozit polimer armaturali beton konstruksiyalar"ga kompozit armaturalarni bino va inshootlarning yuk ko'taruvchi konstruksiyalarida qo'llanilishi bo'yicha taklif ishlab chiqildi. Buning natijasida katta miqdorda import qilinuvchi qimmat po'lat armaturani tejash imkoniyati yaratiladi va mahalliy xom ashyolardan ishlab chiqariladigan shisha tolali kompozit armaturaning qo'llanilishi natijasida iqtisodiyotda sezilarli samaradorlikka erishiladi.

Shisha tolali kompozit armaturali konstruksiyalarni po'lat armaturali konstruksiyalar bilan iqtisodiy jihatdan taqqoslash namunasi sifatida Farg'ona shahar Mash'al MFY Farobiy ko'chasidagi Sakkiz qavatli turar-joy binosi qurilishida, uning beton o'zaklarida (serdechnik), shuningdek sanoat obyektlaridagi turli muhandislik tarmoqlarini ko'tarib turuvchi estakadaning nomarkaziy siqiluvchi

ustunida shisha tolali kompozit armaturani qo‘llash orqali 33% iqtisodiy samaradorlikka erishildi (3 - jadval).

3-jadval

<b>Beton o‘zaklari (serdechnik) uchun sarflangan shisha tolali kompozit armatura miqdori va tannarxining po‘lat armatura bilan solishtirma jadvali</b>						
Armatura turi	Diametr, mm	Umumiy o‘g‘irligi, kg	1m dagi og‘irligi, kg	Armaturaning umumiy uzunligi, m	1m narxi, so‘m	Umumiy narxi, so‘m
ShKA	10	161,1	0,165	976,0	5200	5 075 200
Po‘lat armatura	12	866,9	0,888	976,0	7800	7 612 800
<b>Estakada ustuni uchun sarflangan shisha tolali kompozit armatura miqdori va tannarxining po‘lat armatura bilan solishtirma jadvali</b>						
ShKA	14	12,32	0,308	40,0	7 600	304 000
Po‘lat armatura	18	79,92	1,998	40,0	10 900	436 000

## XULOSALAR

“Kompozit armaturalangan siqiluvchi elementlarning mustahkamlik va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati” mavzusidagi doktorlik (PhD) dissertatsiyasi bo‘yicha bajarilgan eksperimental - nazariy tadqiqot natijalari asosida quyidagi umumiy xulosalar chiqarildi:

1. Shisha tolali kompozit armaturalar bilan armaturalangan beton ustunlarning yuklar ostida kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati xarakteri, ularda bo‘ylama yoriqlarning hosil bo‘lishi, rivojlanishi va ochilishi (kengayishi), bo‘ylama cho‘ziluvchi va siqiluvchi sohasida deformatsiyalarning rivojlanishi, chegaraviy holatlarning vujudga kelishi va konstruksiyalarning buzilish shakli va xarakteri po‘lat armaturali temirbeton ustunlar bilan sifat jihatidan bir xil bo‘lishi aniqlandi.

2. Shisha tolali kompozit armaturalarni siqilishga ishlovchi elementlarda qo‘llash orqali tashqi statik kuchlar ostida beton hamda armaturalarda paydo bo‘ladigan kuchlanganlik - deformatsiyalanganlik holatida beton yadrosidagi ichki zo‘riqish kuchlarining o‘zgarish qonuniyatiga ko‘ra yuk ko‘tarish qobiliyatini oshishi aniqlandi;

3. Eksperimental tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, mahalliy ishlab chiqarilgan shisha tolali kompozit armaturalarning fizik-mexanik xossalari xorijiy analoglarinikiga nisbatan o‘rtacha 18 % ga past ekani aniqlandi. Bu farq mahalliy ishlab chiqarishdagi texnologik sifat bilan izohlandi.

4. Siqilishga ishlovchi ustunlarda bo‘ylama shisha tolali kompozit hamda ko‘ndalang po‘lat armatura xomutli karkaslarni qo‘llash natijasida ularning yuk ko‘tarish qobiliyati xomuti shisha tola kompozit armaturali namunalarga nisbatan betondagi xalqa samarasi sababli 1,1 marta ortganligi aniqlandi.

5. Armaturalash foizi, armatura turi va xomut qadamining kamaytirilishi tajriba namunalarining mustahkamligi va deformatsiya xarakteristikalariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatdi. Ayniqsa, xomutlar qadami kamaytirilganda betonning chegaraviy deformatsiyalari ortdi va mo‘rtlik kamaydi.

6. Shisha tolali kompozit armatura bilan armaturalangan ustunlarda armatura va beton buzilishgacha birgalikda ishladi. Buzilishga yaqin bosqichda armaturaning siqilishdagi deformatsiyasi betondagidan katta bo'lib, bu himoya qatlaminin yorilishiga olib keldi.

7. Tadqiqot natijalariga asosan shisha tolali kompozit armaturalarni turar joy binolarining o'zaklarida va estakadalarning ustun konstruksiyalarida qo'llashga tavsiya etiladi.

8. Siqilishga ishlovchi shisha tolali kompozit armaturali ustunlarni hisoblash usullari shisha tolali kompozit armaturaning ko'ndalang armaturalash foiziga, siqilish va cho'zilishdagi me'yoriy va hisobiy qarshiliklarini inobatga olgan holda takomillashtirildi..

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/07.06.2024. Т.106.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ФЕРГАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи  
УДК 624.071.34

**КИМСАНОВ БАХРОМЖОН ИКРОМЖОН УГЛИ**

**ПРОЧНОСТЬ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ  
СОСТОЯНИЕ КОМПОЗИТНО-АРМИРОВАННЫХ СЖАТЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Фергана–2025**

**Тема диссертации на соискание учёной степени доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/T4518.**

Диссертация выполнена в Ферганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.fstu.uz](http://www.fstu.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ZiyoNet.uz](http://www.ZiyoNet.uz))

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Акромов Хуснитдин Ахрарович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Зулпуев Абдивали Момунович</b> доктор технических наук, профессор.  <b>Рахмонов Абдували Абдуқодирович</b> кандидат технических наук, доцент.
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Каракалпакский государственный университет</b>

Защита диссертации состоится «5» сентября 2025 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/07.06.2024.Т.106.06 при Ферганском государственном техническом университете по адресу: Ферганская.область, город Фергана, ул.Ферганская, дом 86. Тел./факс: (99873) 241-12-06/241-12-06, e-mail: [www.fstu.uz](http://www.fstu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ферганского государственного технического университета (зарегистрирован за № 291). (Адрес: г. Фергана, ул. Ферганская, 86. Тел./факс (99869) 234-15-23, e-mail: [fstuarm@edu.uz](mailto:fstuarm@edu.uz)).

Автореферат диссертации **разослан** “20” августа 2025 года.

(протокол рассылки № 1/2025-1 от “18” августа 2025 г.).

**С.Ф.Эргашев**

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

**Ш.А.Умаров**

Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии технических наук, доцент

**Х.А.Акромов**

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Актуальность и необходимость темы диссертации обусловлены стремительным развитием современной строительной практики в мире, что приводит к растущей потребности в использовании композитной арматуры с высокой коррозионной стойкостью и диэлектрическими свойствами в несущих конструкциях зданий и сооружений, заменяющей стальную арматуру. Объем производства и применения композитной полимерной арматуры в строительстве в таких странах-лидерах мирового строительного рынка, как США, Япония, Канада и страны СНГ, в 2024 году составил 765,9 млн долларов США, и ожидается, что к 2030 году этот показатель достигнет 1,01 млрд долларов США, что свидетельствует о среднем ежегодном росте в 5,7%.<sup>1</sup>

Принимая во внимание вышеизложенное, особое внимание уделяется использованию легкой, прочной, коррозионностойкой композитной арматуры, разработанной с использованием местных материалов и сырья, что позволяет экономить запасы металлической руды и достигать энергоэффективности, в несущих конструкциях, работающих в агрессивных средах.

В нашей Республике уделяется большое внимание развитию строительной отрасли, применению инновационных современных композитных материалов в строительстве с целью снижения собственного веса конструкций, экономии металлических ресурсов, обеспечения надёжности строительных конструкций зданий и сооружений, а также разработки новых конструктивных решений. Одним из актуальных направлений является: «Испытание новых композитных строительных материалов при различных внешних воздействиях и определение их механических характеристик».<sup>2</sup> В рамках реализации указанных задач особенно актуальными являются анализ напряжённо-деформированного состояния сжатых бетонных конструкций, армированных стеклокомпозитной арматурой, расчёт их прочности, а также разработка практических рекомендаций по их проектированию.

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует выполнению задач, определенных в постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4335 от 23 мая 2019 года “О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов” и № ПП-4198 от 16 мая 2023 года “О мерах по коренному совершенствованию и комплексному развитию промышленности строительных материалов”<sup>2</sup>, постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан № ВМ-18 от 10 января 2024 года “Об утверждении Положения о Фонде развития промышленности”, а также в соответствующих нормативно-правовых актах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в рамках III приоритетного направления развития науки и технологий в республике

1. <https://www.goldenpages.uz/uz/rubrics/?Id=108743>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № ПП-161 от 17 апреля 2024 года “О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности”.

«Проблемы эффективного использования природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды».

**Степень изученности проблемы.** Научными исследованиями, направленными на изучение прочности, деформационно-растяжимого состояния сжимаемых конструкций, армированных композитной арматурой, занимаются выдающиеся ученые ведущих мировых научных центров, университетов и научно-исследовательских институтов, в том числе: А.А.Гвоздев, В.Ф.Степанова, Ю.В.Чиненков, Р.Р.Хусаинов, К.В.Михайлов, Н.А.Мошанский, В.Г.Хозин, О.У.Берг, Н.Р.Фролов, В.Р.Фаликман, А.Р.Гиздатуллин, Н.М.Красиникова, Т.А.Мухамедиев, К.Д.Куляков, А.В.Бучкин, Е.У.Юрин, А.У.Лапшинов, С.А.Мадатян, Д.А.Орешкин, Ю.В.Бондаренко, К.В.Спиранда, М.М.Мольский, Г.Крецис, Ю.М.Вильдавский, Л.Г.Асланова, С.Н.Альсайед, В.Грибняк, Н.У.Люнг, М.А.Адам, М.Саид, А.А.Махмуд, А.С.Шанур, К.Миасский, А.Турон, Л.Торрес, Ю.Н.Парк, М.Гуаданьини, Д.Шанта Кумар, Р.Раджкумар, К.Е.Бакис, А.Нэнни, Дж.А.Терский, С.В.Келер, Ю.Д.Юу, Н.У.Ким, Дж.С.Парк, К.Т.Парк, Д.В.Сео, Дж.Н.Хван, Г.Ву, З.С.Бу, Ю.В.Ло, З.У.ВС, Х.В.Ну, М.Д.Хеннеке, З.Ван.

Отечественные ученые Б.А.Аскарлов, А.А.Ходжаев, Х.А.Акрамов, А.А.Рахмонов, А.И.Адилходжаев, А.А.Ашрабов, С.Р.Раззаков, С.С.Шаумаров, В.Ф.Усманов, С.А.Холмирзаев, П.Т.Мирзаев, С.С.Хасанов, Х.Х.Камилов, А.М.Зульпиев, С.Ж.Раззаков, Ю.М.Махкамов, Ш.А.Умаров, Ш.М.Давлятов и другие провели ряд исследований по изучению прочности и напряженно-деформированного состояния сжатых конструкций и конструкций с композитной арматурой, и на основе своих исследований в разные годы достигли важных научных и практических результатов. На основе результатов научных исследований этих ученых Министерством строительства Республики Узбекистан был разработан нормативный документ ШНК 2.03.14-18 "Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой", который нашел свое место во внедрении в строительство.

Анализ выполненных научно-исследовательских работ, а также опыт проектирования и строительства зданий и сооружений показал, что ряд предложений по применению композитной полимерной арматуры в бетонных конструкциях на практике доказал свою эффективность. Однако, научные исследования по применению композитной арматуры в сжимаемых элементах недостаточно изучены и требуют более широких научных изысканий.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта 25/2022 "Исследование оптимальных решений для повышения сейсмической устойчивости существующих зданий и сооружений" (2022-2023), в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ферганского политехнического института.

**Цель исследования:** оценка прочности и напряженно-деформированного состояния сжатых элементов, армированных стеклокомпозитной арматурой.

**Задачи исследования:**

Провести исследования механических свойств и показателей прочности стекловолоконной композитной арматуры, производимой в республике.

Определить напряженно-деформированное состояние бетонных колонн, работающих на сжатие, армированных стекловолоконной композитной и

стальной арматурой, под воздействием статической нагрузки.

Проанализировать напряженно-деформированное состояние бетонных колонн, работающих на сжатие, армированных стекловолоконной композитной и стальной арматурой, под воздействием статической нагрузки, с целью выбора оптимального типа и шага поперечной арматуры.

Разработка рекомендаций по выбору материала и шага хомутов при проектировании бетонных колонн, армированных стекловолоконным композитом и стальной арматурой, работающих на сжатие.

Совершенствование методов расчета колонн, армированных стекловолоконным композитом, работающих на сжатие, с учетом параметров стекловолоконной композитной арматуры.

Обоснование экономической эффективности применения стекловолоконной композитной арматуры в колоннах путем сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**В качестве объекта исследования** были взяты бетонные колонны, работающие на сжатие, армированные стекловолоконным композитом и стальной арматурой.

**Предметом исследования** являются образование трещин, прочность и напряженно-деформированное состояние бетонных колонн, армированных стекловолоконной композитной арматурой, работающей на сжатие.

**Методы исследования:** в диссертации использованы методы испытания сжатых элементов бетона со стеклокомпозитной арматурой на статические нагрузки, определения оптимальных конструктивных решений, обработки, анализа и сравнения результатов экспериментальных испытаний.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

На основе теоретической и экспериментальной оценки механических свойств стеклокомпозитной арматуры обоснована возможность её применения в качестве продольной рабочей арматуры в бетонных колоннах, работающих на сжатие;

установлено, что применение стеклокомпозитной арматуры в бетонных колоннах, работающих на сжатие, способствует повышению прочности за счёт закономерного изменения внутренних напряжений в бетонном ядре под действием внешних статических нагрузок в условиях напряжённо-деформированного состояния бетона и арматуры;

выявлено, что применение продольной стеклокомпозитной и поперечной стальной арматуры в виде хомутов в сжатых колоннах увеличивает их несущую способность в 1,1 раза по сравнению с образцами с хомутами из стеклокомпозитной арматуры, благодаря эффекту кольцевого обжатия бетона;

усовершенствованы методы расчета сжатых колонн со стеклокомпозитной арматурой с учетом процента поперечного армирования стеклокомпозитной арматурой, а также нормативных и расчетных сопротивлений при сжатии и растяжении.

**Практические результаты исследования:**

Усовершенствованы расчётные формулы для армирования бетонных колонн стекловолоконной композитной арматурой.

Обосновано, что использование стальных хомутов вместо композитных и уменьшение шага их установки при армировании колонных конструкций оказывает значительное влияние на несущую способность конструкции.

Разработаны расчётные программы, позволяющие автоматизировать разработанные практические методы расчёта колонн, армированных стекловолоконной композитной арматурой.

**Достоверность результатов исследования** объясняется тем, что исследования проводились с использованием современных методов и средств, теоретические расчеты выполнялись на основе строительных норм и правил, результаты экспериментов сопоставлялись с результатами, приведенными в нормативных документах, а также взаимосоответствием результатов экспериментальных и теоретических исследований и их внедрением в практику.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в автоматизации расчета сжатых бетонных элементов со стеклокомпозитной арматурой и усовершенствовании метода расчета центрально и внецентренно сжатых элементов, армированных композитной арматурой.

**Практическая значимость результатов исследования** объясняется обеспечением несущей способности элементов в результате применения в проектной практике нормативных указаний и метода расчета, позволяющих реально оценить напряжения в композитной арматуре сжатых элементов и определить напряженно-деформированное состояние в заданных точках сжатых бетонных элементов с композитной арматурой.

**Внедрение результатов исследований.** На основании научных результатов, полученных в ходе исследования прочности и напряженно-деформированного состояния сжатых элементов, армированных стеклокомпозитной арматурой, предложены следующие рекомендации:

обоснована несущая способность применения стеклокомпозитной арматуры в качестве продольной рабочей арматуры в бетонных колоннах, работающих на сжатие, посредством теоретической и экспериментальной оценки механических свойств стеклокомпозитной арматуры. Также установлено, что применение стеклокомпозитной арматуры в бетонных колоннах, работающих на сжатие, повышает прочность в соответствии с закономерностью изменения внутренних напряжений в ядре бетона в напряженно-деформированном состоянии бетона и арматуры под воздействием внешних статических сил.

Предложения были внедрены Инспекцией по территориальному контролю в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства Ферганской области при строительстве восьмиэтажного жилого дома по улице Фароби, МСГ "Машгал", город Фергана (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан № 24-06/11005 от 21 октября 2024 года). В результате достигнута экономия времени, затрачиваемого на процессы проектирования и расчета, до 15%.

Установлено, что применение продольного стеклокомпозита и поперечных стальных арматурных хомутов в колоннах, работающих на сжатие, увеличивает их несущую способность в 1,1 раза по сравнению с образцами с хомутами из стеклокомпозитной арматуры из-за кольцевого эффекта в бетоне. Предложены усовершенствованные методы расчета колонн, работающих на сжатие, с использованием стеклокомпозитной арматуры,

учитывающие процент поперечного армирования стеклокомпозитной арматурой, а также нормативные и расчетные сопротивления при сжатии и растяжении. Данные методы внедрены ООО "Ферганафукаролойиха" при строительстве семиэтажного объекта в городе Фергана, массив Киргули, улица Янги аср, с торговыми и бытовыми помещениями на первом и втором этажах и жилыми помещениями на верхних этажах (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан № 24-06/11005 от 21 октября 2024 года). В результате применения стеклокомпозитной арматуры в конструкциях достигнута экономическая эффективность в 33% по сравнению со стальной арматурой.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований по теме диссертации обсуждались на 4 международных и 2 республиканских научно - практических конференциях.

**Опубликованные результаты исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 7 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD). Получены свидетельства об авторском праве от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на программное обеспечение для ЭВМ №DGU 42292 и №DGU 42293.

**Структура и Объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключений, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации-118 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении диссертации обосновывается актуальность и необходимость проведенного диссертационного исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, приводятся цель и задачи исследования, а также объект и предмет исследования, выражается научная новизна исследования и научно-практическая значимость полученных результатов, подчеркивается внедрение результатов исследовательской работы в производство, приводятся сведения об апробации результатов исследовательской работы и опубликованных научных статьях по теме диссертации, а также информация о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации под названием **“Анализ научно-исследовательских работ по прочности и напряженно-деформированному состоянию сжатых элементов с композитной и стальной арматурой”** проанализированы научно-техническая литература, отечественные и зарубежные публикации, современное состояние и развитие разработки и применения композитной полимерной арматуры в строительной практике, а также теоретические основы и практические методы научных работ, проведенных в мире и в нашей стране по использованию композитных материалов в конструкциях, работающих на сжатие.

Анализ научных работ показал, что исследований сжимаемых элементов, армированных композитной полимерной арматурой, недостаточно. Использование стекловолоконной композитной арматуры в качестве

продольной рабочей арматуры в элементах, работающих на сжатие, является важной и нерешенной проблемой.

Тем не менее, проведенные исследования показывают, что с уменьшением шага поперечной арматуры прочность образцов увеличивается. Поэтому исследование влияния уменьшения шага поперечной арматуры на прочность и деформативность элементов, армированных композитной арматурой, в определенной степени актуально.

Для анализа прочности и напряженно-деформированного состояния сжатых элементов, армированных композитной арматурой, и реализации поставленных задач в рамках проводимых исследований была сформулирована следующая **рабочая гипотеза**. Усовершенствование определения несущей способности и деформационного состояния сжатых бетонных элементов, армированных композитной арматурой, с учетом коэффициента, а также модуля упругости композитной арматуры и параметров сцепления с бетоном, и путем уменьшения шага хомутов стекловолоконной композитной арматуры.

Во второй главе диссертации под названием **“Расчет сжатых элементов со стекловолоконной композитной арматурой”** представлено расчета сжатых бетонных элементов, армированных стекловолоконной композитной арматурой.

Согласно нормам, случайный эксцентриситет  $e_0$  принимается равным большему из соотношений  $\frac{h}{30}$  или  $\frac{1}{600}e$ . Если поперечное сечение сжимаемого элемента имеет прямоугольную форму с размерами  $e_0 \leq 20h$  и  $e_0 = e_0 \leq \frac{h}{30}$ , то, предполагая, что элемент работает на центральное сжатие, его можно рассчитать по условию, представленному ниже.

$$N = \eta\varphi \left[ R_b A + R_{sc} (A_s + A'_s) \right] \quad (1)$$

где:  $N$  - продольная сжимающая сила;  $A = bh$  - площадь поперечного сечения элемента;  $\eta$  - коэффициент, учитывающий условия работы; если  $h \geq 30$  см тогда  $\eta = 1$ , если  $h < 30$  см тогда  $\eta = 0,8$ ,  $\varphi$  - коэффициент продольного изгиба.

Расчетное сопротивление стекловолоконистой композитной арматуры можно определить следующим образом:

$$R_{shka} = \varepsilon_{sh,max} \cdot E_{shka} \quad (2)$$

где:  $R_{shka}$  - расчетное сопротивление СКА,  $\varepsilon_{sh,max}$  - относительная деформация СКА,  $E_{shka}$  - модуль упругости СКА.

В результате несущая способность центрально сжатого элемента со стекловолоконистой композитной арматурой определяется следующим выражением:

$$N_{shka} = \eta\varphi \left[ R_b A + \varepsilon_{sh,max} \cdot E_{shka} (A_{shka} + A'_{shka}) \right] \quad (3)$$

где:  $R_b$  - расчетное сопротивление бетона,  $A = bh$  - площадь поперечного сечения элемента;  $\eta$  - коэффициент, учитывающий условия работы,  $\varphi$  -

коэффициент продольного изгиба,  $\varepsilon_{sh,max}$  – относительная деформация СКА,  $E_{shka}$  – модуль упругости СКА,  $A_{shka}, A'_{shka}$  – площадь сечения арматуры, работающей на сжатие и растяжение.

Эксцентриситет  $e_0$ , действующее на колонны со стекловолокнистой композитной арматурой, работающие на внецентренное сжатие, определяется из эпюр М и N, создаваемых силами в колоннах. Для сжимаемого элемента с прямоугольным поперечным сечением оно определяется следующим образом:

$$A_b = bx, N_b = R_b bx, Z_b = h_0 - 0,5x \quad (4)$$

Условие несущей способности элементов прямоугольного сечения, работающих на внецентренное сжатие, можно представить следующим образом:

$$N = \frac{R_b \cdot bx(h_0 - 0,5x) \pm R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{e} \quad (5)$$

Исходя из вышеизложенного, несущую способность внецентренно сжатого элемента со стекловолокнистой композитной арматурой можно описать следующим выражением:

$$N_e = \gamma_{bt} R_b h_0^2 \xi (1 - 0,5\xi) + \varepsilon_{sh,max} E_{shka} A_{shka} (h_0 - a') \quad (6)$$

bu yerda:  $\gamma_{bt}$  – коэффициент, учитывающий условия работы бетона,  $R_b$  – расчетное сопротивление бетона,  $h_0$  – расстояние от края образца до рабочей арматуры,  $\xi$  – высота зоны сжатия,  $\varepsilon_{sh,max}$  – относительная деформация СКА,  $E_{shka}$  – модуль упругости СКА,  $A_{shka}$  – площадь поперечного сечения СКА.

В третьей главе диссертации, озаглавленной “**Экспериментальное исследование прочности и напряженно-деформированного состояния колонн, армированных стеклопластиковой композитной арматурой**” представлены задачи экспериментальных исследований, описаны испытательные установки, средства и измерительные приборы, а также приведены результаты изготовления экспериментальных моделей.

Для экспериментальных исследований были изготовлены модельные колонны со следующими параметрами: поперечное сечение 20x20 см и длина 150 см. Эти колонны моделировали средние колонны многоэтажного здания с сечением 40x40 см и длиной 300 см в масштабе 1/2. В качестве рабочей арматуры использовались продольные стержни 4Ø6ShKA и 4Ø8A400, а для поперечных хомутов – стальная арматура Ø4ShKA и Ø6A240. Процент армирования образцов составил 0,28% для стекловолоконной композитной арматуры и 0,5% для стальной арматуры. Шаг хомутов был принят равным 50 мм и 100 мм в соответствии с конструктивными требованиями. Образцы были испытаны в учебно-научной лаборатории кафедры "Строительство зданий и сооружений" Ферганского политехнического института. Перед началом испытаний были записаны начальные показания всех измерительных приборов на образцах. Эти показания были приняты за “Условный ноль”.

## Наименование серии образцов

п/н	Серия	Наименование
1	MShKA I	Центрально-сжатая колонна с арматурой из стекловолоконного композита. (смотри рис.2).
2	MPSHKA II	Центрально сжатая колонна с рабочей арматурой из стекловолоконного композита и стальными хомутами.(смотри рис.2).
3	MPA III	Центрально сжатая колонна со стальной рабочей арматурой (смотри рис.2).
4	NShKA IV	Колонна, работающая на внецентренное сжатие, армированная стекловолоконной композитной арматурой. (смотри рис.3).
5	NPSHKA V	Колонна, работающая на внецентренное сжатие, с рабочей арматурой из стекловолоконного композита и стальными хомутами. (смотри рис.3).
6	NPA VI	Колонна с рабочей стальной арматурой, работающая на внецентренное сжатие (смотри рис.3).

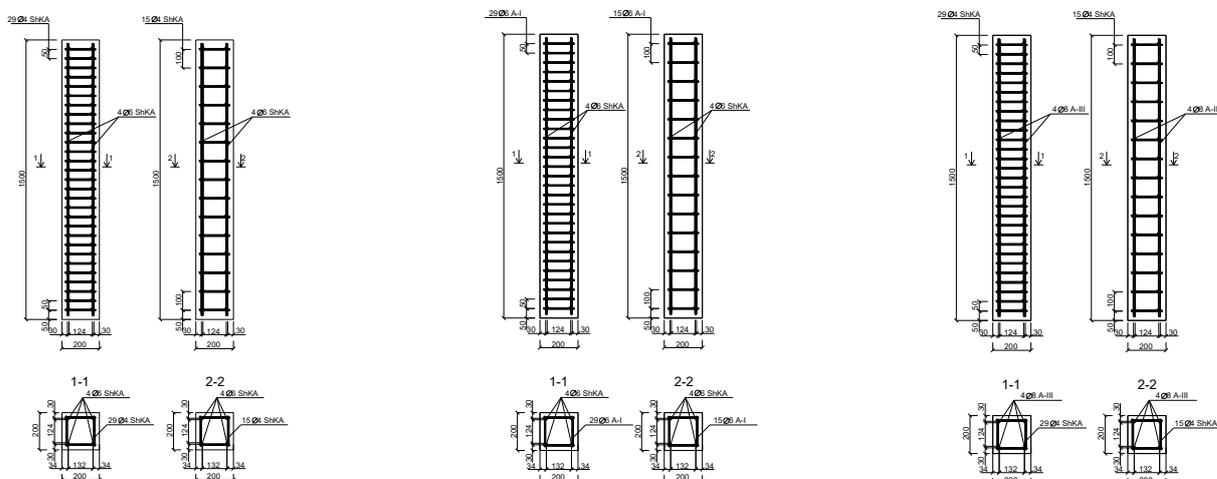


Рис.1. Геометрические размеры образцов MШКА I, МПШКА II, МПА III

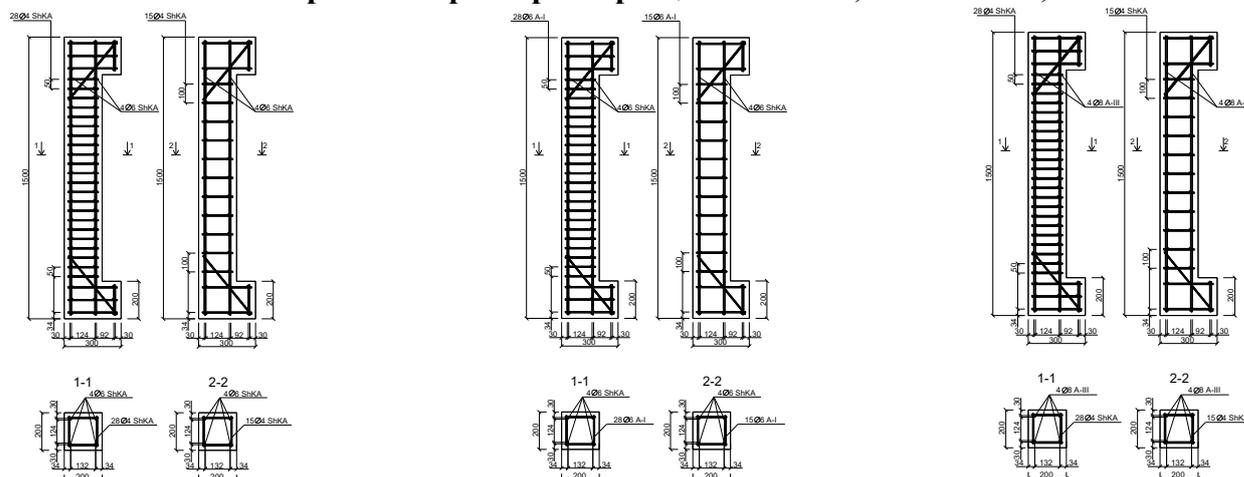


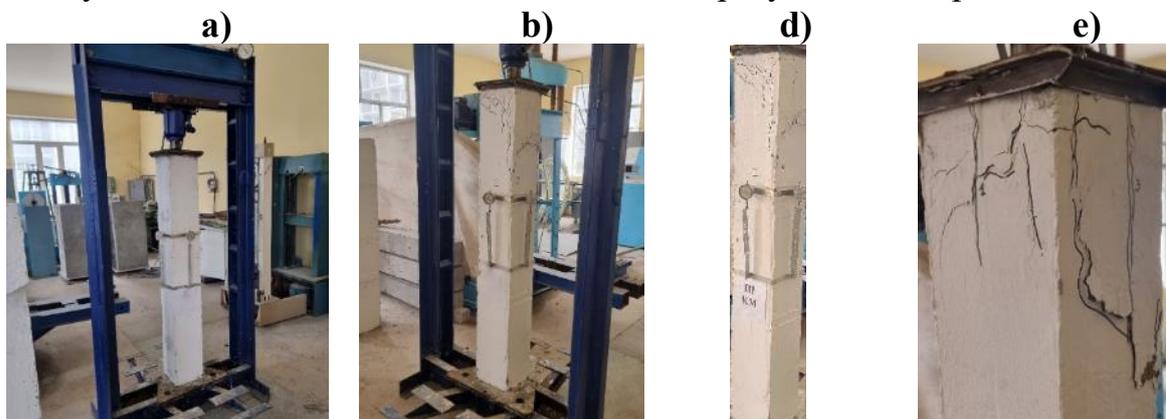
Рис.2. Геометрические размеры образцов NШКА IV, НПШКА V и NПА VI

Нагрузка прикладывалась медленно, в несколько этапов. Величина нагрузки на каждом этапе составляла примерно 10% от расчетной разрушающей нагрузки. После приложения нагрузки на каждом этапе выжидали 5-10 минут для стабилизации. В конце каждого этапа снимались показания измерительных приборов.

В четвертой главе диссертации под названием "Анализ прочности и напряженно-деформированного состояния бетонных колонн, работающих на центральное и внецентренное сжатие, армированных

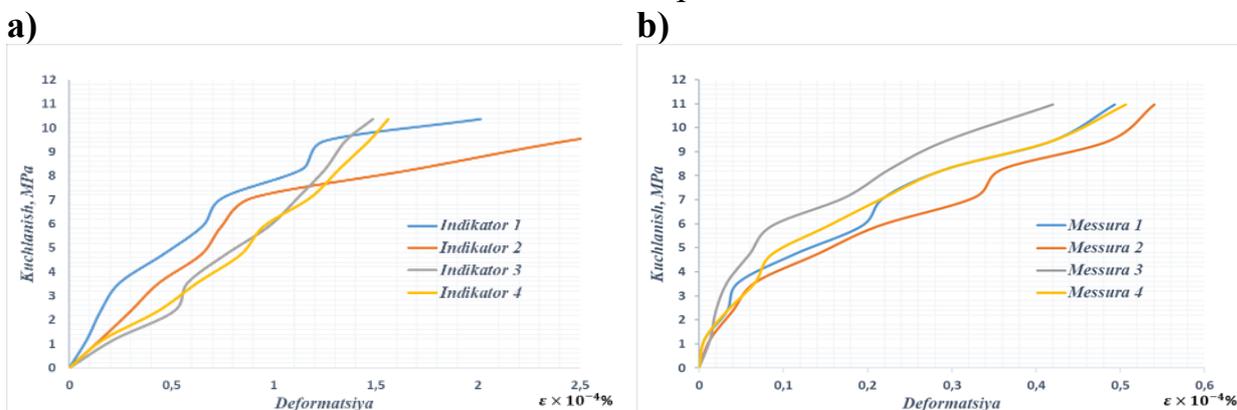
**стекловолоконной композитной арматурой"** представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных для определения прочности и напряженно-деформированного состояния образцов колонн, армированных стекловолоконной композитной и стальной арматурой.

МШКА I (колонна, работающая на центральное сжатие, с продольной и поперечной арматурой из стекловолоконной композитной арматуры) - серия, в которой 6 образцов колонн были изготовлены с рабочей арматурой 4Ø6ШКА и хомутами Ø4ШКА с шагом 50 и 100 мм, образующими каркас.



**Рис.3. Общий вид образца серии МШКА I: а) состояние до испытания, б), д), е) состояние после испытания.**

По результатам обработки графиков зависимости напряжения от деформации образцов серии MShKA I, эксцентриситет приложения нагрузки составил 0,5 см для 6 колонн в 1-й и 2-й сериях соответственно.



**Рис.4. MShKA I-1 образцы бетона серии а) и армирование б) график зависимости прочность-деформации:  $\sigma$ -напряжение действующее на образцы (MPa);  $\epsilon$ - деформация %.**

Серия MPSHKA II (колонна, работающая на центральное сжатие, с продольной арматурой из стекловолоконного композита и хомутами из стали) предполагает изготовление 6 образцов колонн этой серии с рабочей арматурой Ø6ШКА и хомутами Ø6A240, образующими каркас с шагом 50 и 100 мм.

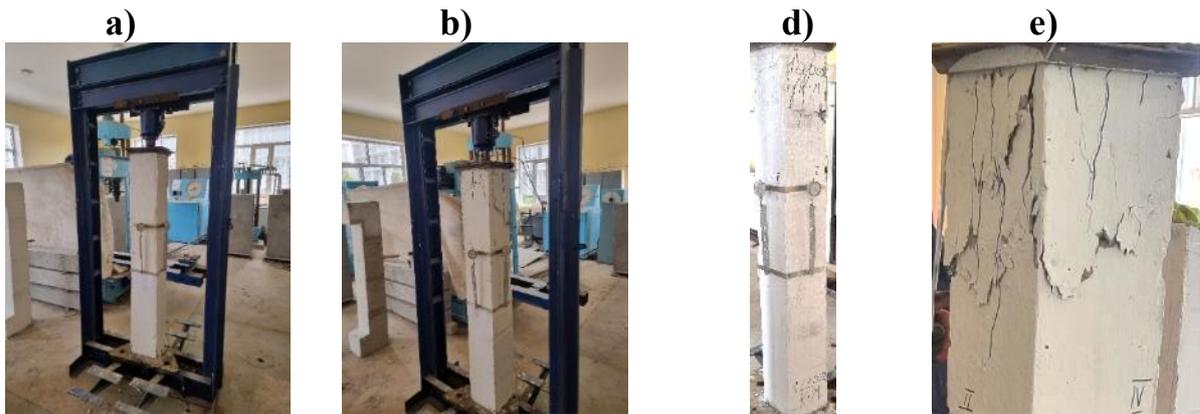


Рис.5. MPShKA II–общий вид образцов серии а) состояние до испытания, б), d), е) состояние после испытания.

Согласно результатам анализа графиков зависимости напряжения от деформации серийных образцов бетона MPShKA II, эксцентриситет приложения нагрузки для двух образцов, армированных стекловолоконной композитной арматурой и стальными хомутами, составил 0,5 см. Это соответствует 3-му случаю внецентренного сжатия.

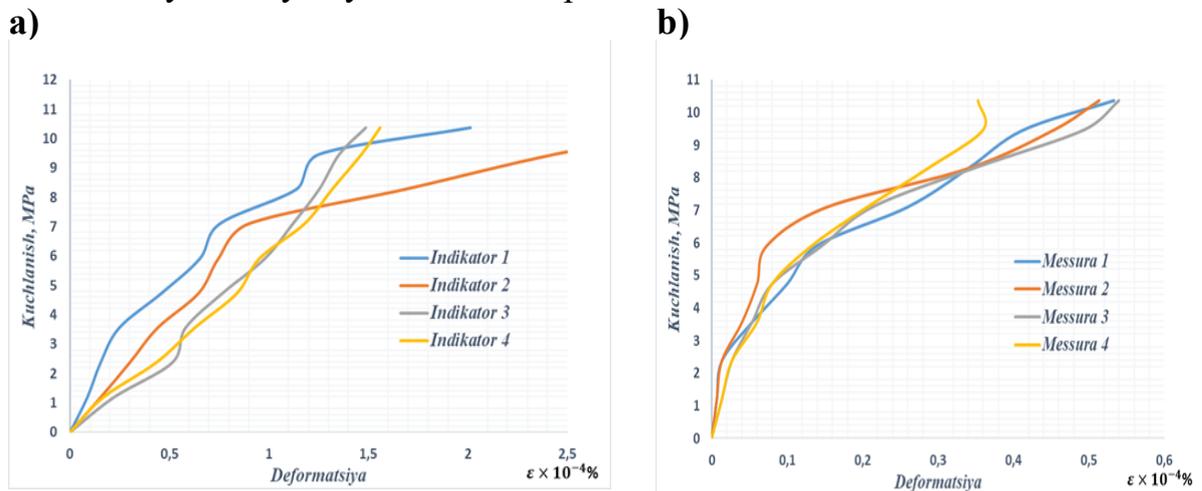


Рис.6. MPShKA II-1 бетон а), и армирование б) график зависимости прочность-деформации

Колонна МРА III (центрально сжатый элемент с продольной и поперечной арматурой из стали) – предполагается, что в этой серии для изготовления 6 образцов центрально сжатых колонн используется рабочая арматура  $\varnothing 8A400$  и хомуты  $\varnothing 6A240$  с шагом 50 и 100 мм для формирования каркаса.

Согласно результатам анализа графиков зависимости напряжение-деформация бетона образцов серии МРА III, эксцентриситет приложения нагрузки для 6 образцов со стальной арматурой и стальными хомутами составил 0,5 см. Это соответствует 3-му случаю внецентренного сжатия.

У 6 образцов серии МРА III разрушение произошло при  $0 \leq e / h \leq 0,17$  (случай очень малого эксцентриситета). Разрушение защитного слоя произошло в верхней части колонны. В этой области у внецентренно сжатых образцов было отмечено появление поперечных трещин. На той же поверхности сечения, в сжатой зоне, при разрушении образца наблюдалось

выкалывание бетона композитной арматурой.

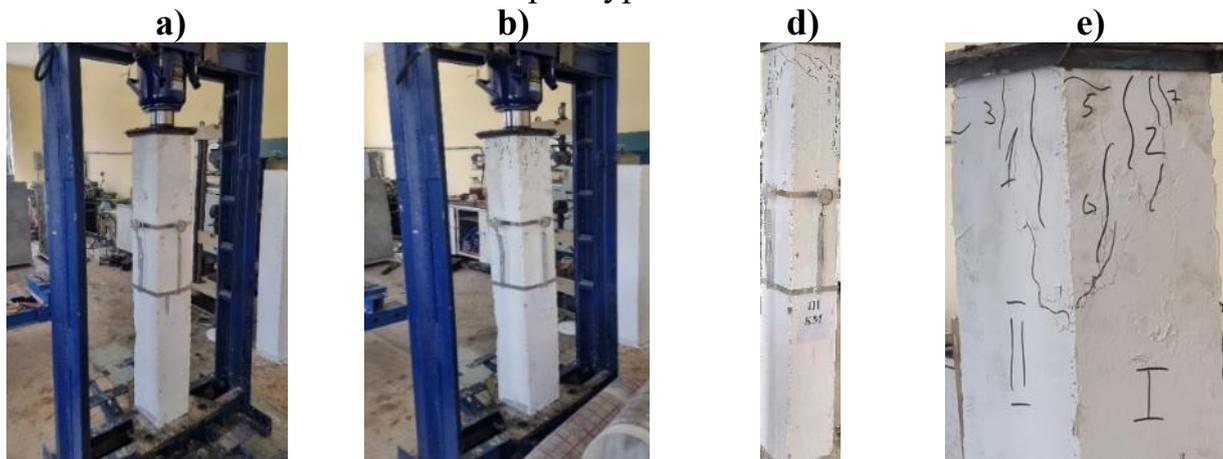


Рис.7. МРА III – общий вид образцов серии а) состояние до испытания, б), д), е) состояние после испытания.

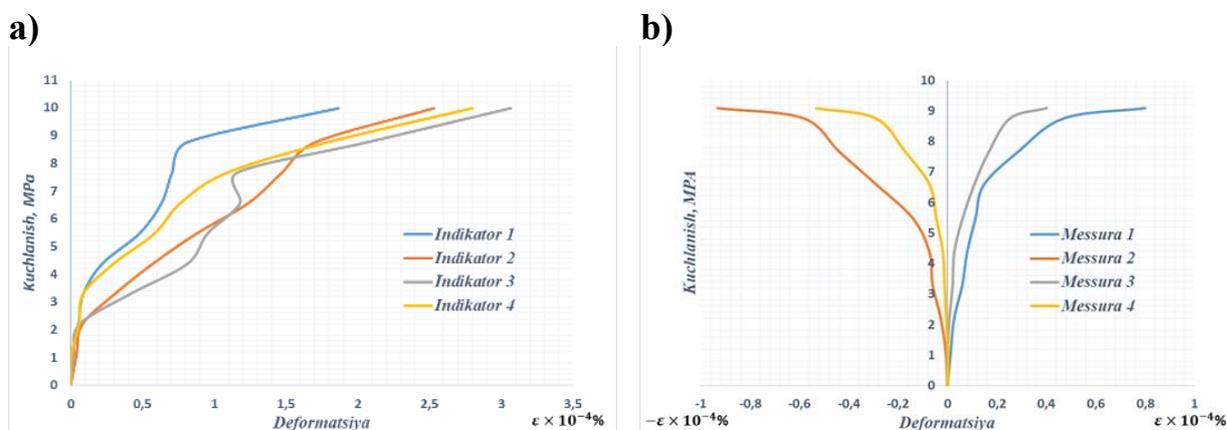


Рис.8. МРShKA III бетон а), и армирование б) график зависимости прочность-деформации

**Деформации бетона и арматуры, полученные по показаниям измерительных приборов.**

Серия образцов	$0,5 \times N_{buz}$		$0,8 \times N_{buz}$	
	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4
MShKA I	$\varepsilon = (0,5 \div 0,92) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,12 \div 0,11) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (1,1 \div 1,3) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,27 \div 0,28) \times 10^{-4}$
МРShKA II	$\varepsilon = (0,4 \div 0,8) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,11 \div 0,09) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (1,12 \div 1,27) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,31 \div 0,29) \times 10^{-4}$
МРА III	$\varepsilon = (0,43 \div 0,52) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,14 \div -0,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,72 \div 1,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,29 \div -0,2) \times 10^{-4}$

NShKA IV (колонна, работающая на внецентренное сжатие, с продольной и поперечной арматурой из стекловолоконной композитной арматуры) – серийная – в этой серии для изготовления 6 образцов колонн, работающих на внецентренное сжатие, предполагается использование рабочей арматуры 4Ø6ШКА и хомутов Ø4 ШКА с шагом 50 и 100 мм для формирования каркаса.

Анализ графиков зависимости напряжения от деформации бетона для серийного образца NShKA IV показал, что эксцентриситет приложения нагрузки для 6 образцов с композитной арматурой и стальными хомутами составил 7 см. Это соответствует 1-му случаю внецентренного сжатия.

Сравнение показателей деформации бетона (по индикаторным

показателям) и стекловолоконной композитной арматуры (по мессурным показателям) позволяет определить следующее:

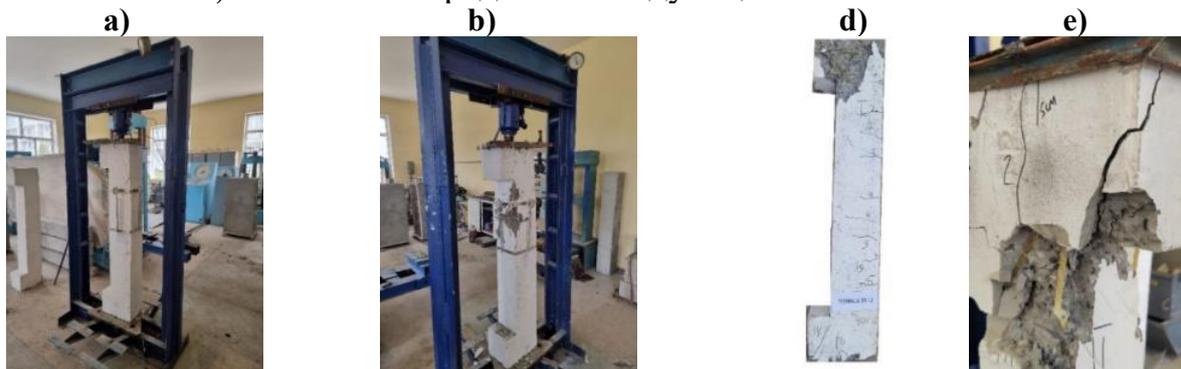


Рис.9. NShKA IV – общий вид образцов серии а) состояние до испытания, б), д), е) состояние после испытания.

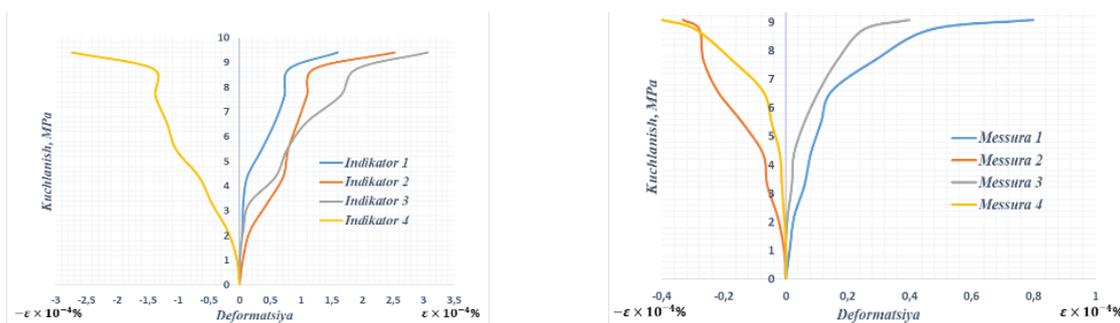


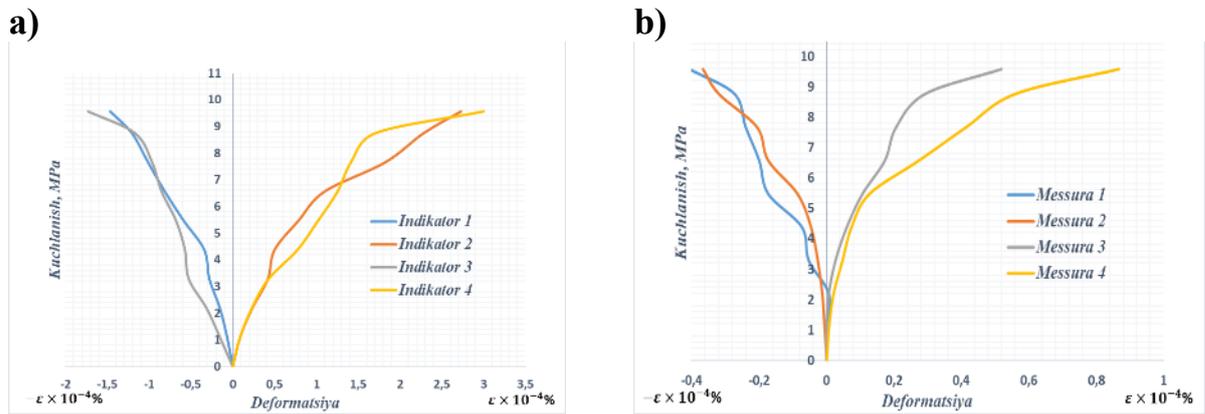
Рис.10. NShKA IV бетон а), и армирование б) график зависимости прочность-деформации

Серия NPSHKA V (колонна, работающая на внецентренное сжатие, с продольной арматурой из стекловолоконного композита и поперечной арматурой из стали) – в этой серии предполагается изготовление 6 образцов колонн, работающих на внецентренное сжатие, с рабочей арматурой Ø6ShKA и хомутами Ø6A240, образующими каркас с шагом 50 и 100 мм.

Согласно результатам анализа графиков зависимости напряжения от деформации бетона образцов серии NPSHKA V, для 6 образцов со стекловолоконной композитной арматурой и стальными хомутами эксцентриситет приложения нагрузки составил 7 см. Это соответствует 1-му случаю внецентренного сжатия.



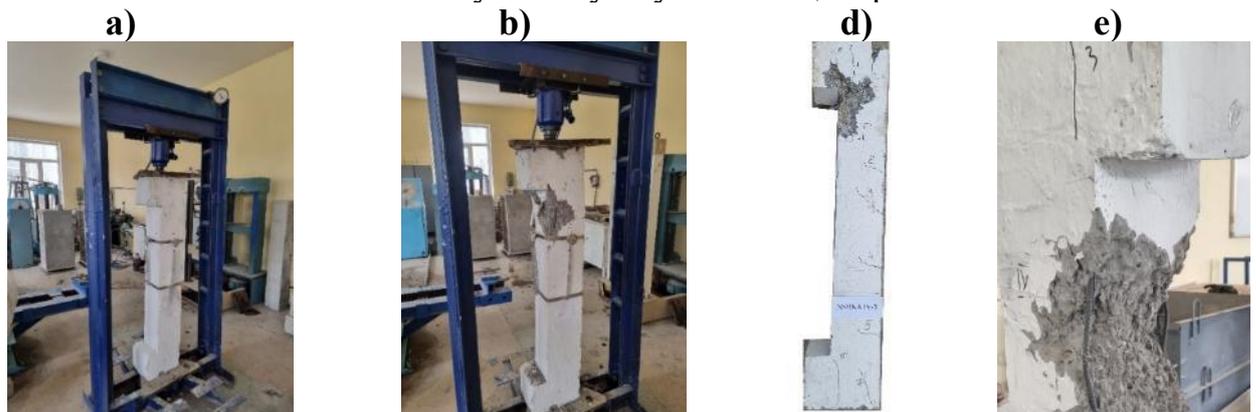
Рис.11. NShKA V – общий вид образцов серии а) состояние до испытания, б), д), е) состояние после испытания.



**Рис.12. NShKA V бетон а), и армирование б) график зависимости прочность-деформации**

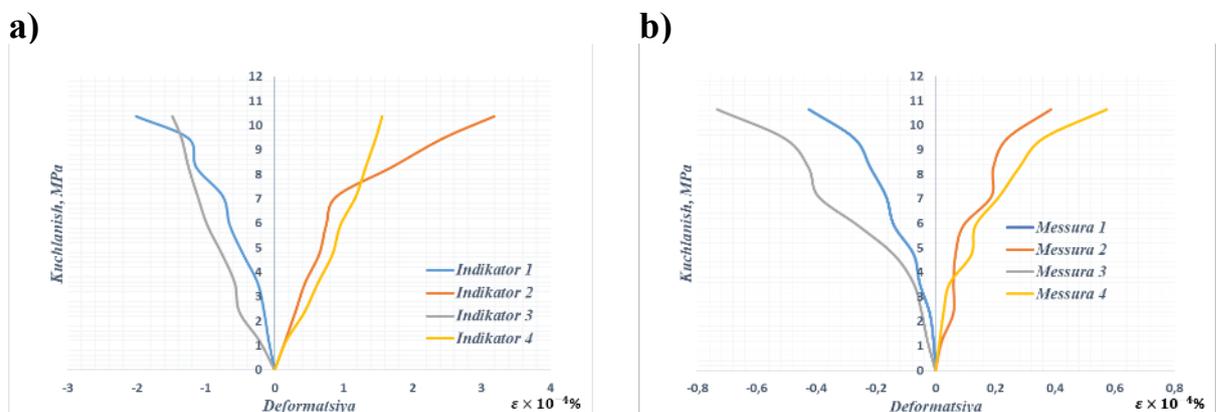
Серия NPA VI (колонна с продольной и поперечной арматурой из стальной арматуры, работающая на внецентренное сжатие) – считается, что в этой серии 6 образцов колонн, работающих на внецентренное сжатие, изготовлены с рабочей арматурой Ø8A400 и хомутами Ø6A240 с шагом 50 и 100 мм, образующими каркас.

Согласно результатам анализа графиков зависимости напряжения-деформации бетона образца серии NPA VI, эксцентриситет приложения нагрузки для 6 образцов с композитной арматурой и стальными хомутами составил 7 см. Это соответствует 1-му случаю внецентренного сжатия.



**Рис.13 NPA VI – общий вид образцов серии а) состояние до испытания, б), d), e) состояние после испытания.**

Сравнение показателей деформации бетона (по индикаторным показателям) и композитной арматуры (по показателям мессуры) позволяет определить следующее:



**Рис.14. NPA VI бетон а), и армирование б) график зависимости прочность-деформации**

## Деформации бетона и арматуры, полученные по показаниям измерительных приборов

Серия образцов	$0,5 \times N_{buz}$		$0,8 \times N_{buz}$	
	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4	In1 ÷ In4	M1 ÷ M4
NShKA IV	$\varepsilon = (0,19 \div -1,1) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,16 \div -0,03) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,6 \div -1,5) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,38 \div -0,2) \times 10^{-4}$
NShKA V	$\varepsilon = (-0,5 \div 1,0) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,14 \div 0,17) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-1,1 \div 1,4) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,24 \div 0,44) \times 10^{-4}$
NPA VI	$\varepsilon = (-0,5 \div 0,94) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (0,1 \div 0,16) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-1,1 \div 1,2) \times 10^{-4}$	$\varepsilon = (-0,2 \div 0,24) \times 10^{-4}$

Анализ графиков зависимости напряжение-деформация в бетоне и арматуре, представленных выше, показал, что значения деформаций, возникающих в бетоне и арматуре, меньше нормативных, то есть допустимых, значений.

Таблица 2

### Экспериментальные результаты всех серийных образцов колонн

Шифр образца	Расчетное сопротивление бетона, принятые для образцов в колонн $R_b$	Исследование Разрушающая сила в $N_{buz}$ (кН)	Предельная прочность при сжатии $R_{son} = \frac{N_{buz}}{A_{son}}$ (МПа)	Приложенный эксцентриситет груза $e_x$ (см)	$\xi = \frac{x}{h_0}$	$\xi_P$	Грузоподъемность $N_T$ (кН)	$\frac{N_T}{N_{buz}}$	$\left(\frac{N_T}{N_{buz}}\right)$	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Центрально-сжатые колонны (средние значения 18 образцов)</b>										
MShKA I-1	11,5	345	8,6	0,5	-	-	445	1,29	1,28	28
MShKA I-2	11,5	350	8,8	0,5	-	-		1,27		
MPSHKA II-1	11,5	387	9,7	0,5	-	-	461	1,19	1,21	21
MPSHKA II-2	11,5	373	9,3	0,5	-	-		1,23		
MPA III-1	11,5	429	10,7	0,5	-	-	482	1,12	1,14	14
MPA III-2	11,5	412	10,3	0,5	-	-		1,16		
<b>Внецентренно-сжатые колонны (средние значения 18 образцов)</b>										
NShKA IV-1	11,5	330	8,3	7,0	0,636	0,392	412	1,25	1,28	28
NShKA IV-2	11,5	311	7,8	7,0	0,636	0,392		1,31		
NShKA V-1	11,5	351	8,8	7,0	0,636	0,392	433	1,23	1,21	21
NShKA V-2	11,5	345	8,6	7,0	0,636	0,392		1,25		
NPA VI-1	11,5	383	9,6	7,0	0,642	0,601	456	1,19	1,20	20
NPA VI-2	11,5	377	9,4	7,0	0,642	0,601		1,21		

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили установить, что стекловолоконная композитная арматура хорошо сцепляется с бетоном, то есть надежно с ним взаимодействует, и оказывает совместное сопротивление под нагрузками до разрушения.

Бетонные конструкции, армированные стекловолоконной композитной арматурой, находятся в таком же напряженно-деформированном состоянии, как и железобетонные элементы, армированные стальной арматурой, и обеспечивают надежную прочность. Разработано предложение по применению композитной арматуры в несущих конструкциях зданий и сооружений в действующие строительные нормы и правила (ШНК) 2.03.14.18 "Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой". В результате появляется возможность сэкономить значительное количество дорогостоящей импортной стальной арматуры, а использование стекловолоконной композитной арматуры, производимой из местного сырья, приведет к значительной экономической эффективности.

В качестве примера экономического сравнения конструкций из

стекловолоконной композитной арматуры со стальными арматурными конструкциями, при строительстве восьмиэтажного жилого дома по улице Фароби в махалле Машгал города Ферганы, а также в колоннах эстакады, поддерживающей различные инженерные сети на промышленных объектах, использование стекловолоконной композитной арматуры в бетонных ядрах и внецентренно сжатых колоннах позволило достичь 33% экономической эффективности (см. таблицы 3).

Таблица 3

<b>Сравнительная таблица количества и стоимости стеклопластиковой композитной арматуры, используемой для бетонных ядер (сердечников), по сравнению со стальной арматурой.</b>						
<b>Вид арматуры</b>	<b>Диаметр, мм</b>	<b>Общий вес, кг</b>	<b>Вес на 1 м, кг</b>	<b>Общая длина арматуры, м</b>	<b>Цена 1м, сум</b>	<b>Общий цена, сум</b>
ShKA	10	161,1	0,165	976,0	5200	5 075 200
Стальная арматура	12	866,9	0,888	976,0	7800	7 612 800
<b>Сравнительная таблица количества и стоимости стеклопластиковой композитной арматуры, затраченной на опору эстакады, по сравнению со стальной арматурой.</b>						
ShKA	14	12,32	0,308	40,0	7600	304 000
Стальная арматура	18	79,92	1,998	40,0	10900	436 000

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что характер напряженно-деформированного состояния бетонных колонн, армированных композитной арматурой из стекловолокна, под воздействием нагрузок, образование, развитие и раскрытие (расширение) продольных трещин в них, развитие деформаций в зонах продольного растяжения и сжатия, появление предельных состояний и форма и характер разрушения конструкций качественно идентичны железобетонным колоннам со стальной арматурой;

2. Установлено, что применение стекловолокнистой композитной арматуры в сжатых элементах приводит к увеличению несущей способности за счет изменения закономерности распределения внутренних напряжений в ядре бетона при напряженно-деформированном состоянии бетона и арматуры под воздействием внешних статических нагрузок;

3. По результатам экспериментальных исследований установлено, что физико-механические свойства стекловолоконной композитной арматуры отечественного производства в среднем на 18% ниже по сравнению с зарубежными аналогами. Эта разница объясняется качеством технологического процесса местного производства;

4. В результате применения продольной стекловолоконной композитной арматуры и поперечных стальных арматурных хомутов в колоннах, работающих на сжатие, установлено, что их несущая способность увеличилась в 1,1 раза по сравнению с образцами, армированными стекловолоконными композитными хомутами, благодаря эффекту обоймы в бетоне;

5. Уменьшение процента армирования, типа арматуры и шага хомутов оказало значительное влияние на прочностные и деформационные характеристики опытных образцов. В особенности, при уменьшении шага хомутов увеличивались предельные деформации бетона и уменьшалась хрупкость;

6. В колоннах, армированных стеклопластиковой композитной арматурой, арматура и бетон работали совместно до разрушения. На стадии, близкой к разрушению, деформация сжатия арматуры превысила деформацию бетона, что привело к растрескиванию защитного слоя;

7. По результатам исследований рекомендуется применение стекловолоконной композитной арматуры в несущих конструкциях жилых зданий и в колоннах эстакад.

8. Усовершенствованы методы расчета колонн с арматурой из стекловолокнистого композита, работающих на сжатие, с учетом процента поперечного армирования стекловолокнистой композитной арматурой, а также нормативных и расчетных сопротивлений при сжатии и растяжении.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/07.06.2024.T.106.06 AWARDED THE  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE FERGHANA STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

**FERGHANA STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**KIMSANOV BAKHROMJON IKROMJON UGLI**

**STRENGTH AND STRESS-STRAIN STATE OF COMPOSITE-  
REINFORCED COMPRESSED ELEMENTS**

05.09.01—Engineering constructions, buildings and structures

**ABSTRACT**

**Of the PhD dissertation technical sciences**

**Ferghana-2025**

**The theme of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan B2024.1.PhD/T4518**

The doctoral dissertation (PhD) has been carried at Ferghana state technical university.

Dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the web page of the Scientific Council ([www.fstu.uz](http://www.fstu.uz)) and on the Information and Educational Portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Akramov Xusnitdin Axrarovich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Zulpuyev Abdivali Momunovich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Rahmonov Abduvali Abduqodirovich</b> Candidate of Technical Sciences, docent.
<b>Lead organization:</b>	<b>Karakalpak State University</b>

Thesis defense will take place on “5” september 2025 at 10<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific Council PhD.03/07.06.2024.T.106.06 at the Ferghana state technical university. (Address: Ferghana, 86 Ferghana st, Tel./fax (99873) 241–12–06, e- mail: [ferpiinfo@edu.uz](mailto:ferpiinfo@edu.uz)).

The dissertation can be found at the Information Resource center of the Ferghana state technical university (registration number №291). (Address: Ferghana, 86 Ferghana st, Tel./fax (99873) 241–12–06, e- mail: [fstuarm@edu.uz](mailto:fstuarm@edu.uz)).

The dissertation abstract has been distributed “20” august 2025.  
(Registration report №1/2025-1 dated “18” august 2025).

**S.F. Ergashev**

Chairman of the scientific council for awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences, professor

**Sh.A. Umarov**

Scientific secretary of the scientific council for the award of doctoral degrees doctor of philosophy (PhD) on technical sciences, docent

**X.A. Akramov**

Deputy chairman of the scientific seminar at scientific council for awarding academic degrees, Doctor of technical sciences, professor

## **INTRODUCTION (Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)**

**Relevance and demand of the dissertation topic.** Due to the rapid development of modern construction practices worldwide, there is an increasing need for high-corrosion-resistant and dielectric composite reinforcement to replace steel reinforcement in load-bearing structures of buildings and constructions. In the leading countries of the global construction market - the USA, Japan, Canada, and CIS countries - the production and use of composite polymer reinforcement in the construction industry is expected to reach 765.9 million US dollars in 2024, with this figure projected to grow to 1.01 billion US dollars by 2030, indicating an average annual growth of 5.7%. Considering the above, special attention is being given to the application of lightweight, durable, corrosion-resistant composite reinforcement in load-bearing structures operating in aggressive environments. This reinforcement, developed using local materials and raw resources, offers opportunities for conserving metal reserves and achieving energy efficiency.

Currently, fundamental scientific and practical research is being conducted worldwide to study the stability, strength, and stress-strain state of building and structural components using composite reinforcement of various compositions. In this regard, it is crucial to reduce steel reinforcement consumption in structures by utilizing high-strength and corrosion-resistant fiberglass composite reinforcement. Research is focused on the strength and stress-strain state of column structures with combined steel-composite reinforcement. Additionally, increasing the longevity of composite-reinforced structures is essential by reducing operational costs of buildings and structures in aggressive environments and extending the intervals between repairs.

In our republic, great attention is paid to the development of the construction industry and the use of innovative modern composite materials in construction, reducing the specific weight of structures, saving metal reserves, ensuring the reliability of building and structure structures, and developing their new structural solutions. "Testing of new composite building materials under various external influences and determination of their mechanical properties"<sup>2</sup>. In the implementation of these tasks, in particular, one of the urgent tasks is the analysis of the joint-deformation state of compressed concrete structures reinforced with fiberglass composite reinforcement, calculation for strength, and development of practical recommendations for their design.

This dissertation research, to a certain extent, serves the fulfillment of the tasks stipulated in the Decrees of the President of the Republic of Uzbekistan dated May 23, 2019 No. PP-4335 "On Additional Measures for the Accelerated Development of the Construction Materials Industry," dated May 16, 2023 No. PP-4198 "On Measures for the Fundamental Improvement and Comprehensive Development of the Construction Materials Industry," the Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated January 10, 2024 No. 18 "On Approving the

<sup>1</sup> <https://www.goldenpages.uz/uz/rubrics/?Id=108743>

<sup>2</sup> 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 qarori.

Regulation on the Industrial Development Fund,” as well as in other regulatory legal documents adopted in this area.

**Compliance of the research with the priority directions of science and technology development of the republic.** This research was carried out in accordance with the priority areas for the development of science and technology of the republic. "Problems of efficient use of natural resources, ecology and environmental protection."

**Degree of study of the problem.** Leading scientific centers, universities, and research institutes around the world have conducted scientific studies focused on the strength and stress-strain behavior of compressed structures reinforced with composite reinforcement. Notable scientists in this field include: A.A. Gvozdev, V.F. Stepanova, Y.V. Chinenkov, R.R. Khusainov, K.V. Mikhaylov, N.A. Moshanskiy, V.G. Khozin, O.Y. Berg, N.P. Frolov, V.R. Falikman, A.R. Gizdatullin, N.M. Krasinikova, T.A. Mukhamediyev, K.D. Kulyakov, A.V. Buchkin, E.Y. Yurin, A.Y. Lapshinov, S.A. Madatyan, D.A. Oreshkin, Y.V. Bondarenko, K.V. Spirande, M.M. Molskiy, G. Kretsis, Y.M. Vildavskiy, L.G. Aslanova, S.H. Alsayed, V. Gribniak, H.Y. Leung, M.A. Adam, M. Said, A.A. Mahmoud, A.S. Shanour, C. Mias, A. Turon, L. Torres, Y.H. Park, M. Guadagnini, D. Shantha Kumar, R. Rajkumar, C.E. Bakis, A. Nanni, J.A. Terosky, S.W. Koehler, Y.J. You, H.Y. Kim, J.S. Park, K.T. Park, D.W. Seo, J.H. Hwang, G. Wu, Z.S. Wu, Y.B. Luo, Z.Y. Sun, X.Q. Hu, M.J. Henneke, Z. Wang, M.M.S. Cheung, T.K.C. Tsang, Y. Goto, among others. These researchers have made significant scientific and practical contributions in solving problems within this research direction.

Scientists of our country B.A. Askarov, A.A. Khodzhaev, Kh.A. Akramov, A.A. Rakhmonov, A.I. Adilkhodzhaev, A.A. Ashrabov, S.R. Razzakov, S.S. Shaumarov, V.F. Usmanov, S.A. Kholmiraev, P.T. Mirzaev, S.S. Khasanov, Kh.Kh. Kamilov, A.M. Zulpiev, S.Zh. Razzakov, Y.M. Makhkamov, Sh.A. Umarov, Sh.M. Davlyatov and others have conducted a number of studies on the strength, stress-strain state of compressible structures and structures with composite reinforcement, and have achieved important scientific and practical results based on their research in various years. Based on the results of the scientific research of these scientists, the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan developed and implemented in construction a regulatory document SHNK 2.03.14-18 "Concrete structures with composite polymer reinforcement" on the use of composite polymer reinforcement in concrete structures.

Analysis of the conducted scientific research, experience in the design and construction of buildings and structures showed that a number of proposals for the use of composite polymer reinforcement in concrete structures have been developed, which have been proven in practice. However, scientific research on the use of composite reinforcement in compressible elements has not been sufficiently studied and requires further scientific research.

**Connection of the dissertation research with the research work plans of the higher educational institution where the dissertation was carried out.** The dissertation research was carried out in accordance with the research work plan of the Fergana Polytechnic Institute within the framework of the project 25/2022

"Study of optimal solutions to increase the seismic resistance of existing building and structure structures" (2022-2023).

**The purpose of the research** is to assess the strength and stress-strain state of compression elements reinforced with fiberglass composite reinforcement.

**Research objectives:**

conducting research on the mechanical properties and strength indicators of fiberglass composite reinforcement produced in the republic;

determination of the stress-strain state of glass fiber composite and steel reinforced concrete columns operating under the action of static loads;

selection of the optimal type and pitch of transverse reinforcement by analyzing the stress-strain state of glass fiber composite and steel reinforced concrete columns operating under the action of static loads;

development of recommendations for the selection of material and pitch of clamps when designing concrete columns with fiberglass composite and steel reinforcement;

improvement of methods for calculating columns with compressed fiberglass composite reinforcement, taking into account the parameters of the fiberglass composite reinforcement;

justification of the economic efficiency of using fiberglass composite reinforcement in columns by comparing the results of theoretical and experimental studies.

**The object of the research** work compressed concrete columns reinforced with fiberglass composite and steel reinforcement.

**The subject of the research** is the formation of cracks, strength, and stress-strain state of concrete columns reinforced with fiberglass composite reinforcement.

**Research methods.** In the dissertation, theoretical and experimental studies used methods of testing concrete columns with fiberglass composite reinforcement for the action of static loads, statistical analysis of research results, calculation by methods of limit states, methods of constructive design solutions, processing of experimental results, analysis and comparison of experimental results.

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

by theoretical and experimental assessment of the mechanical properties of fiberglass composite reinforcement, the possibilities of their use as longitudinal working reinforcement in concrete column structures resistant to compression are substantiated;

it has been established that the use of fiberglass composite reinforcement in concrete columns operating under compression increases the strength of concrete and reinforcement under external static forces according to the law of change of internal stress forces in the concrete core under stress-strain state;

it was found that as a result of the use of longitudinal fiberglass composite and cross-steel reinforcement clamp frames in compression columns, their load-bearing capacity increased by 1.1 times compared to samples with fiberglass composite reinforcement clamp due to the ring effect in concrete;

methods for calculating columns with fiberglass composite reinforcement working against compression have been improved, taking into account the

percentage of transverse reinforcement of fiberglass composite reinforcement, normative and calculated compressive and tensile resistances.

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

the calculation formulas for reinforcing concrete columns with fiberglass composite reinforcement have been improved, taking into account the properties of fiberglass composite reinforcement;

It is substantiated that the use of steel clamps instead of composite clamps in the reinforcement of column structures and the reduction of their pitch have a significant impact on the load-bearing capacity of the structure;

computational programs have been developed that allow automating the developed practical methods for calculating columns reinforced with fiberglass composite reinforcement.

**The reliability of the research results** is explained by the fact that the research was conducted using modern methods and means, theoretical calculations were carried out on the basis of building codes and regulations, the results of experiments were compared with the results given in regulatory documents, the results of experimental and theoretical research were mutually proportional and implemented in practice.

**Scientific and practical significance of the research results.** The scientific significance of the research results is explained by the improvement of methods for calculating concrete columns with fiberglass composite reinforcement, the development of the theory of calculating concrete columns reinforced with composite reinforcement.

The practical significance of the research results lies in the real assessment of stresses in the composite reinforcement of columns, the application in design practice of regulatory guidelines and calculation methods that allow determining the stresses and deformations of compressible concrete columns with composite reinforcement at designated points, ensuring the strength and load-bearing capacity of columns.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results on the study of the strength and stress-strain state of compressible elements reinforced with fiberglass composite reinforcement:

Based on the theoretical and experimental assessment of the mechanical properties of fiberglass composite reinforcement, their use as longitudinal working reinforcement in concrete column structures that work against compression has been substantiated, as well as proposals for the use of fiberglass composite reinforcement in concrete columns that work against compression, which increases the strength of concrete and reinforcement under external static forces according to the law of change of internal stress forces in the concrete core under stress-strain state, have been introduced by the Territorial Inspection for Control in the Field of Construction and Housing and Communal Services of the Fergana region during the construction of an eight-story residential building on Farobi Street in the Mash'al neighborhood of the city of Fergana (certificate of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated October 21, 2024 No. 24-

06/11005). As a result, savings of up to 15% of the time spent on design and calculation processes were achieved;

As a result of the use of longitudinal fiberglass composite and transverse steel reinforcement clamp frames in compression columns, it was found that their load-bearing capacity increased by 1.1 times compared to samples with fiberglass composite reinforcement due to the ring effect in concrete; improved methods for calculating columns with fiberglass composite reinforcement, taking into account the percentage of transverse reinforcement of fiberglass composite reinforcement, regulatory and calculated resistances to compression and tension, were introduced by "Farg'onafuqaroloyiha" LLC in the construction of a residential building on the first and second floors of the upper floors of seven-story shopping and consumer service outlets on Yangi Asr Street in the Kirguli district of Fergana city (Reference No. 24-06/11005 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated October 21, 2024). As a result, 33% economic efficiency was achieved when using fiberglass composite reinforcement in structures compared to steel reinforcement.

**Approbation of the research results.** The research results were discussed at 4 international and 2 republican scientific and practical conferences.

**Publication of research results.** A total of 18 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, including 7 in republican and 4 in foreign journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of doctoral dissertations (PhD). Copyright certificates No. DGU 42292 and No. DGU 42293 for computer software have been obtained from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 118 pages.

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

**I-bo'lim (I часть; I part)**

1. Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М., Кимсанов Б.И. “Расчет сжатых бетонных элементов, армированных стекло композитной арматурой”//Farg‘ona politexnika instituti ilmiy–texnika jurnali, maxsus son 2023, T.27, №11. 92–96 betlar (05.00.00 №20).
2. Кимсанов Б.И. “Область применения и классификация композитной арматуры в строительстве”// Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universitetining “Me‘morchilik va qurilish muammolari” nomli ilmiy-texnik jurnali 2024 yil №3 son 83-86 betlar (05.00.00; №14).
3. Кимсанов Б.И. “Kompozit armatura bilan armaturalangan markaziy va nomarkaziy siqilishga ishlovchi ustunlarda olib borilgan tadqiqot natijalari”// Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universitetining “Me‘morchilik va qurilish muammolari” nomli ilmiy-texnik jurnali 2024 yil №3 son 81-83 betlar (05.00.00; №14).
4. Назиров А.С., Кимсанов Б.И “Область применения и классификация композитной арматуры в строительстве”//Farg‘ona politexnika instituti ilmiy–texnika jurnali, maxsus son 2022, T.26, №10. 148–152 (05.00.00 №20).
5. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Nazirov A.S., Kimsanov B.I “Application and classification of composite reinforcement in construction”// Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development Volume 09, Nov., 2022 Page 95–100 Website: [www.sjird.journalspark.org](http://www.sjird.journalspark.org) (2) Journal Impact Factor.
6. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Nazirov A.S., Kimsanov B.I. “Construction features of performing external reinforcement from composite materials”//Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development. Volume 09, Nov. 2022 Page 110–115 (2) Journal Impact Factor.
7. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Kimsanov B.I., Nazirov A.S. Analysis of Experimental Studies on the Reinforcement of Reinforced Concrete Columns with Polymer Composite Materials // The Peerian Journal. Volume 12, November, 2022. ISSN (E): 2788–0303 Page 87–96 (05.00.00 №8).
8. Кимсанов Б.И. “Kompozit armaturalangan beton ustunlarning kuchlanganlik- deformatsiyalanganlik holati.”//Farg‘ona politexnika instituti ilmiy–texnika jurnali, maxsus son 2024, T.28, №14. 72–77 betlar (05.00.00 №20).
9. Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М., Кимсанов Б.И., Назиров А.С “Bazalt tolali fibrabeton tayyorlash texnologiyasini takomillashtirish”//Farg‘ona politexnika instituti ilmiy–texnika jurnali, maxsus son 2024, T.28, №22. 47–52 betlar (05.00.00 №20).

## II-bo'lim (II часть; II part)

10. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Nazirov A.S., Kimsanov B.I “Temirbeton va g‘isht konstruksiyalarini kompozit materiallar bilan kuchaytirish” «Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi» mavzusida Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya 2022 yil 15–17 dekabr kunlari Namangan muhandislik-qurilish institutida 371–377 betlar.
11. Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М., Назиров А.С., Кимсанов Б.И. “Усиление железобетонных колонн с использованием композитной арматуры”//Международная научно–практическая конференция “инновационные технологии в строительстве” (Ташкент 25 мая 2023 г.) часть I.стр.47–49.
12. Kimsanov B.I., Mamadaliyev M.M “Comparison of glass composite reinforcements and steel reinforcements”// “O‘zbekistonda yer resurslarini boshqarish va ulardan samarali foydalanish tamoyillari: muammo va yechimlar” mavzusida o‘tkaziladigan Respublika ilmiy-amaliy konferensiya Farg‘ona O‘zbekiston 2022 yil Sentyabr 23-24. 643-647 betlar.
13. Kimsanov B.I., Mamadaliyev M.M “Kompozit va po‘lat armaturalarni fizik-mexanik xossalari taqqoslash”// «Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi» mavzusida Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya 2022 yil 15–17 dekabr kunlari Namangan muhandislik-qurilish institutida 371–377 betlar.
14. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Nazirov A.S., Kimsanov B.I “Усиление железобетонных колонн с использованием композитной арматуры”// Международная научно-практическая конференция “Инновационные технологии в строительстве” (25 мая Ташкент 2023 г.) часть I 47-49 стр.
15. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Kimsanov B.I., Shokirov K “Арматура стеклокомпозитная для стержневого армирования бетонных конструкций”// Zamonaviy arxitektura, binolar va inshootlarning mustahkamligi, ishonchliligi va seysmik xavfsizlik muammolari Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami Namangan shahri, 9 iyun, 2023 yil 162-165-betlar.
16. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Kimsanov B.I “Strength and uniformity of composite reinforced columns”// E3S Web of Conferences 452, 06005 (2023) IPFA 2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345206012>.
17. Akramov Kh.A., Davlyatov Sh.M., Kimsanov B.I “Kompozit armaturali ustun karkaslari xomutlari qadamini, ustun mustahkamligiga ta'sirini hisoblash”// EHM uchun dasturi uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi. № DGU 42292 11.09.2024.
18. Kimsanov B.I “Kompozit armaturali nomarkaziy siqiluvchi beton ustunlarni mustahkamlikka hisoblash”// EHM uchun dasturi uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi. № DGU 42293 11.09.2024.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi nusxalari  
Farg‘ona davlat texnika universitetining “Ilmiy texnik” jurnali  
tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.  
(20.06.2025 yil)

Bichimi: 60x84 1/16 “Times New Roman”  
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 3. Adadi:100 nusxa.  
“AVTO-NASHR” SHK bosmaxonasida chop etildi.  
700001 Toshkent shahar, 8-mart ko‘chasi, 57-uy.