

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI

XO‘JAYEV DAVLATXO‘JA XASAN O‘G‘LI

**DAVRIY KESIM YUZALI ARMATURANING BETON BILAN
BOG‘LANISH MUSTAHKAMLIGIGA KONSTRUKTIV OMILLARNING
TA‘SIRI**

05.09.01 -Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar

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

Toshkent – 2024

**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**

Хо‘jayev Davlatxo‘ja Xasan o‘g‘li

Davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligiga konstruktiv omillarning ta’siri 3

Хужаев Давлатхужа Хасан уғли

Влияние конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетоном 27

Khujaev Davlatkhuja Khasan ugli

The influence of structural factors on the bond strength between reinforcement of periodic profile and concrete 51

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 56

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI

XO‘JAYEV DAVLATXO‘JA XASAN O‘G‘LI

**DAVRIY KESIM YUZALI ARMATURANING BETON BILAN
BOG‘LANISH MUSTAHKAMLIGIGA KONSTRUKTIV OMILLARNING
TA‘SIRI**

05.09.01 -Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar

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

Toshkent – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T3768 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)), Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.taqi.uz va «ZiyoNet» Axborot-ta’lim portalida www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Yusupov Raximbay Rixsibaevich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Xodjayev Saidaglam Agloyevich
texnika fanlari doktori, professor

Berdiyev Oblakul Bobakulovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

“O‘zog‘irsanoatloyiha” AJ.

Dissertatsiya himoyasi Toshkent arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi DSc.26/30.12.2019.T.11.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil “19” dekabr soat 12⁰⁰ da Toshkent arxitektura-qurilish universiteti faollar zalida bo‘lib o‘tadi (Manzil: 100011, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangi shahar ko‘chasi 9 uy, 4-bino, 5-qavat Tel/faks (55) 508-50-14, 508-03-12 e-mail: devon@taqu.edu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№135 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangi shahar ko‘chasi 9-uy. Tel.: (+99890) 372-71-94; faks: (+99871) 234-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz), faks: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil « 6 » dekabr kuni tarqatildi.
(2024 yil « 23 » oktyabrdagi 46 - raqamli reestr bayonnomasi).



X.A. Akramov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

I.I. Siddiqov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.d., dotsent

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda kapital qurilish sohasidagi muhim masalalari orasida qo'llaniladigan beton va temirbeton konstruksiyalarning sifatini har tomonlama oshirish hamda ta'minlash uchun samarali materiallar, hom-ashyo va energiya resurslarini tejamli qo'llash masalalariga ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda bino va inshootlar temirbeton konstruksiyalarini ishonchliligini oshirish, umrboqiyiligini ta'minlash dolzarb va ko'p qirrali muammo hisoblanib, uni hal qilish uchun har tomonlama yechimlarni o'rganish muhim vazifalardan biri hisoblanmoqda. Temirbeton konstruksiyalarning ishonchliligini oshirish uchun ularni loyihalashda chuqur eksperimental-nazariy tadqiqotlar natijalariga asoslangan hisoblash usullaridan foydalanish hamda ekspluatatsiya sharoitlarini inobatga olish masalalarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda ekspluatatsiya qilinayotgan temirbeton konstruksiyasining yaxlitligi, yuk ko'tarish qobiliyati va ishonchliligi armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligini ta'minlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda davriy kesim yuzali armatura sterjenlarining samaradorligini baholash va ular orasida yuzaga kelgan kuchlanish-deformatsiya holatlarini tadqiq qilish bo'yicha tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Temirbeton konstruksiyalarning kuchlanish-deformatsiya holatini tekshirish tajribasi shuni ko'rsatadiki, shikastlangan konstruksiyalar orasidagi nuqsonlarning bir qismini ulardagi armaturaning beton bilan bog'lanishining buzilishi tashkil qilib, bu kabi nuqsonlar temirbeton konstruksiyalarini tayyorlash, ularni ekspluatatsiyasi jarayonida va seysmik ta'sirlar natijasida ham paydo bo'lishini o'rganish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qurilish sohasini rivojlantirish, bino va inshootlarni ishonchliligini ta'minlash bo'yicha keng ko'lamlı chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "Ta'lim muassasalarini qurish, rekonstruksiya qilish va kapital ta'mirlash, ... korxonalarini qurish, mavjudlarini rekonstruksiya va modernizatsiya qilish bo'yicha investitsiya loyihalarini amalga oshirish"¹ bo'yicha qator vazifalar belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda davriy kesim yuzali armaturaning betonlar bilan bog'lanish mustahkamligiga konstruktiv omillar ta'sirini eksperimental-nazariy tadqiqot qilish va uni hisobiy aniqlash usullarini ishlab chiqish hamda ularni amaliyotga tadbıq etish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasi to'g'risida»gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 21 fevraldagi PQ-139-son «Uy-joylar qurilishini va qurilish materiallari sanoatini qo'llab-quvvatlashning

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022 — 2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni

qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 13 martdagi PF-5963- son «O‘zbekiston Respublikasining qurilish sohasida islohotlarni chuqurlashtirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida»gi qarorlari va O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024 yil 23 apreldagi 231-sonli «Qurilish sohasidagi normativ hujjatlarni xalqaro standartlar bilan uyg‘unlashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustivor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF 6119-sonli Farmoni ilovasida kelitirilgan “Arxitektura va qurilish sohasida fundamental, qidiruv, amaliy tadqiqotlar va ishlanmalarning samaradorligini oshirish” ustivor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog‘lanishining o‘ziga xosliklarini o‘rganishga bag‘ishlangan alohida va maqsadli eksperimental-nazariy tadqiqotlar yetarlicha o‘tkazilmagan. Shu munosabat bilan, ularni tadqiqot qilish muhim va murakkab vazifalardan hisoblanadi.

Armaturaning beton bilan bog‘lanish masalalarini hamda ularning kontakt qismidagi kuchlanish-deformatsiya holatlarini o‘ziga hosligini va birgalikdagi ishini eksperimental-nazariy tadqiqotlar bo‘yicha xorijiy olimlar Baykov V.N., Gvozdev A.A., Gizdatullin A.R., Karpenko N.I., Tixonov I.N., Xozin V.G., Xolmyanskiy M.M., Xotko A.A., Mulin N.M., Madatyana S.A., Ovchinnikova I.G., Berg O.Ya., Il‘erbakov Ye.N., Bedarev V.V., Oatul A.A., Rehm G., Darwin D., Peckover J., Tepfers R.A., Emperger F., Eunsoo Choi hamda yurtimiz olimlaridan Asqarov B.A., Berdiev B.O., Yusupov Z.Yu., Durdieva G.S., Usmanov V.F., Xodjaev S.A., Shadjalilov Sh., Yusupxodjaev S.A., Yusupov R.R va boshqalar nazariy va amaliy tadqiqot ishlari olib borganlar.

Bu masalani hal qilish uchun davriy kesim yuzali armatura sterjenlarining (sirti qovurg‘ali armatura) beton bilan bog‘lanish masalalarini tadqiq qilish maqsadga muvofiq bo‘lib, olinadigan yangi natijalar temirbeton konstruksiyalar uchun hisobiy konstruktiv talablarni aniqlash uchun yetarli darajada o‘rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.

Dissertatsiya tadqiqotlari Toshkent arxitektura-qurilish universitetining O‘zbekiston Respublikasi oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligi bilan tuzilgan IL 722209824 “Bazalt, metall va shisha asosida standartlarga mos hamda seysmik mustahkamlik konstruksiyasiga ega fibrobeton olish texnologiyasini yaratish” grant mavzuning bir qismi hamda xo‘jalik shartnomasi doirasida o‘tkazilgan tadqiqotlar asosida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Davriy kesim yuzali armaturaning betonlar bilan bog‘lanish mustahkamligiga konstruktiv omillar ta‘sirini eksperimental-nazariy

tadqiqot qilish va uni hisobiy aniqlash usuli bo'yicha taklif va tavsiyalar berishdan hamda ularni temirbeton konstruksiyalarini hisoblash amaliyotiga qo'llashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligiga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish, tahlil qilish va eksperimental tadqiqotlar uchun konstruktiv omillarni belgilash;

armaturaning beton bilan bog'lanishini eksperimental tadqiqot qilishning usullarini tahlil qilish va ushbu dissertatsiya ishida tadbiiq qilish uchun asoslash;

davriy kesim yuzali o'roqsimon armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligiga konstruktiv omillar ta'siri bo'yicha eksperimental tadqiqotlar o'tkazish va olingan natijalar asosida ular orasidagi bog'lanishlarni o'rnatish;

beton namunasiga markaziy joylashtirilgan armatura sterjenini tortib chiqarish ta'siridan ularning birgalikdagi ishini tahlili va olingan natijalar bo'yicha o'rnatilgan bog'lanishlarini armatura va betonning xususiyatlari orqali ifoda etish;

davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligini hisobiy aniqlash uchun matematik model yaratish va armaturani ankerlash uzunligini hisobiy aniqlash bo'yicha takliflar berishdan iborat.

Tadqiqotning ob'ekti. Armaturasi tortib chiqariladigan turli betonlardan tayyorlangan namunalalar.

Tadqiqotning predmeti. Davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligiga konstruktiv omillarning ta'siri, armaturaning beton bilan birgalikda ishlashi, temirbeton elementlardagi armaturaning ankerlash uzunligi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligini aniqlashda nazariy va eksperimental usullar qo'llanildi. Natijalarni tahlil qilish armaturaning beton bilan "bog'lanish nazariyasi"ga asoslandi, amaliy tadqiqotlarda esa GOST 12004-81, O'zDst 3025-2015 bo'yicha armaturaning mexanik xususiyatlarini aniqlash va GOST 10180-2012 talablari bo'yicha beton namunalarni sinovdan o'tkazish hamda olingan natijalarni taqqoslash usullaridan foydalanilgan. Beton namunaga markaziy joylashtirilgan armatura sterjenini tortib chiqarish orqali ular orasidagi bog'lanish mustahkamligini aniqlandi va natijalar bo'yicha statistik tahlil o'tkazildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

davriy kesim yuzali armaturaning og'ir beton, keramzitbeton va bazaltfibrobetonlar bilan bog'lanish mustahkamligiga konstruktiv omillarning ta'siri o'rganilgan va olingan natijalarga ko'ra, beton turiga bog'liq bo'lmagan holda, armatura diametrining oshishi bog'lanishning kamayishiga, beton mustahkamligining ortishi uning o'sishiga olib kelishi aniqlangan;

armaturaning beton bilan kontakt qismidagi kuchlanish-deformatsiya holatlari o'rganilgan va ularning birgalikdagi ishi tortish kuchi ta'siridan bosqichma-bosqich o'zgarishlari eksperimentlarda qo'llanilgan betonlar uchun bir hil rivojlanishlari isbotlangan;

armaturaning geometrik parametrlari bilan bog‘lanish mustahkamligi orasidagi o‘zgarishlari uning ko‘ndalang qovurg‘alari o‘lchamlari va orasidagi masofaga bog‘liq bo‘lib, silliq yuzali armaturaning ana shunday ko‘rsatkichlariga nisbatan 3,22 barobargacha katta bo‘lishi o‘rganilgan;

davriy kesim yuzasi o‘roqsimon armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini armatura diametri va betonning siqilishga bo‘lgan mustahkamlik sinflarini ta‘sirini hisobiy aniqlash uchun matematik model ishlab chiqilgan;

armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini hisobiy aniqlashdan foydalanib, uning temirbeton konstruksiyalari tarkibidagi ankerlash uzunligini optimal qiymatini hisobiy aniqlash bo‘yicha amaliy foydalanish uchun tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari: Davriy kesim yuzali sinfi A400 armaturaning og‘ir beton, keramzitbeton va bazaltfibrobetonlar bilan bog‘lanish mustahkamliklari bo‘yicha yangi eksperimental natijalar olingan va uning texnik samaradorligini aniqlash imkoniyati yaratilgan;

sinfi A400 armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini hisobiy aniqlash uchun matematik modellar yaratilgan bo‘lib, ulardan temirbeton konstruksiyalarni hisoblash va loyihalash jarayonida foydalanish tavsiya etilgan;

yaratilgan matematik modellardan foydalanish orqali davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini aniqlash darajasi va o‘z navbatida armaturani ankerlash uzunligini ta‘minlash ishonchliligi ortgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Ushbu dissertatsiya bo‘yicha o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlarda armaturaning beton bilan bog‘lanishini sinash usullari uni beton namunadan tortib chiqarish usuliga asoslangan. Izlanishlar zamonaviy asbob va uskunalardan foydalangan holda bajarildi. Ushbu dissertatsiya natijalari bilan bir qatorda boshqa mualliflar ishlari natijalaridan ham foydalanildi, ularga statistik ishlov berish usullari va hisobiy qiymatlarni tajriba natijalari bilan taqqoslash orqali bajarilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati armaturani beton tarkibidan tortib chiqarish orqali o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlardan olingan bog‘lanish mustahkamligini hisobiy aniqlash uchun matematik modellar yaratilgan. A400 sinfli armaturaning og‘ir beton, keramzitbeton va bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligi bo‘yicha yangi eksperimental natijalar olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yangidan loyihalanadigan temirbeton konstruksiyalarda armaturani ankerlash uzunligini hisobiy aniqlash bo‘yicha berilgan tavsiyalardan foydalanish ularning ishonchliligini oshiradi hamda armatura sarfining asossiz ko‘payishini oldini oladi va texnik samaradorligini oshishi hisobidan ortiqcha harajatlarni iqtisod qilishni ta‘minlaydi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Davriy kesim yuzali o‘roqsimon armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligiga konstruktiv omillarning ta‘sirini eksperimental-nazariy tadqiqotlar bo‘yicha olingan natijalar asosida:

temirbeton konstruksiyalar armaturasini ankerlash uzunligini va xaqiqiy kuchlanish-deformatsiya holatini aniq hisoblash “ToshuyjoyLITI” AJ tomonidan joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 16 sentabrdagi 24-06/9710-son ma’lumotnomasi). Natijada, temirbeton konstruksiyalarni loyihalash jarayonida ularni hisoblash ishonchliligi yanada ortgan;

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti magistrantlari uchun “Yevropa ittifoqi me’yorlariga muvofiq qurilish konstruksiyalarini loyihalashtirish asoslari” va “Bino va inshootlarni qayta qurish, tekshirish va sinovdan o‘tkazish” fanlari bo‘yicha o‘quv jarayonlariga tadbiiq etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 16 sentabrdagi 24-06/9710-son ma’lumotnomasi). Natijada, o‘quv jarayoniga qo‘llash universitetda tayyorlanayotgan kadrlar sifatini bevosita oshirishga imkon yaratgan;

dissertatsiya tavsiyalari temirbeton konstruksiyalarni loyihalash bilan shug‘ullanuvchi ilmiy loyiha markazi “MASShTAB PROEKT-STROY” MChJ amaliyotida joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 16 sentabrdagi 24-06/9710-son ma’lumotnomasi). Natijada, temirbeton ko‘p qavatli karkasli binoning yuk ko‘taruvchi to‘sinlari armaturasini ankerlash zonalari uzunligini optimal qiymatini belgilash hisobiga uning sarfini 3-5% ga iqtisod qilishga erishilgan;

eksperimental tadqiqotlar va laboratoriya sinovlarini o‘tkazish uchun sinov moslamasi, ularni o‘tkazish tartibi va natijalarga statistik ishlov berish dasturlari “Gidroproekt” AJ qoshidagi sinov laboratoriyasida joriy qilingan. (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 16 sentabrdagi 24-06/9710-son ma’lumotnomasi). Natijada, bog‘lanish mustahkamliklarini aniqlashda sinovlarning sifati va ishonchliligi ortgan;

amaldagi me’yoriy hujjat O‘zDst 3025-2015 “Silliq va davriy profilli armatura prokati. Texnik shartlar”ni yangilash uchun berilgan takliflar O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi huzurida tashkil etilgan STQ 21 “Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi” standartlashtirish bo‘yicha texnik qo‘mitaning 2024-yildagi rejasiga kiritilgan (O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 17 oktabrdagi 24-06/10927-son ma’lumotnomasi). Natijada, amaldagi standart bo‘yicha armatura sterjenlariga qo‘yiladigan talablar darajasi oshgan.

Tadqiqot natijalarining aprobotsiyasi. Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 3 ta xalqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha bajarilgan tadqiqotlar natijalari bo‘yicha jami 21 ta maqola chop etilgan. Shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalari asosida chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 12 ta maqola, 2 ta maqola horijiy jurnallarda nashr qilingan. 6 ta maqola xalqaro va respublika konferensiyalaridagi ma’ruzalar to‘plamlarida chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, asosiy xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati va ilovalardan iborat.

Dissertatsiya hajmi 119 betdan, 15 jadvaldan, 39 rasmdan va 4 ilovalardan tashkil topgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida bajarilgan dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, maqsad va vazifalar belgilanib, ob‘ekt va predmetlari keltirilgan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnika taraqqiyotining ustivor yo‘nalishlariga muvofiqligi shakllantirilgan. Muammoni o‘rganilganlik darajasi va Toshkent arxitektura-qurilish universitetining ilmiy tadqiqot rejalari o‘rtasidagi bog‘liqlik, tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi va ishonchliligi, olingan natijalarning ilmiy-amaliy ahamiyati, ularni amaliyotda qo‘llanilganligi hamda tadqiqot natijalarining nashri va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligining eksperimental-nazariy tadqiqotlari natijalarini tahlili”** nomli birinchi bobida armaturaning beton bilan bog‘lanishi mustahkamligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar, armaturaning beton bilan birga ishlashining o‘ziga hosliklari va mexanizmi, armaturani beton bilan bog‘lanish mustahkamligini va uni ankerlash uzunligini hisoblash usullari yoritib berilgan.

O‘tkazilgan tahlillarga ko‘ra, davriy kesim yuzali mahalliy armaturaning turli betonlar bilan bog‘lanish mustahkamligini eksperimental-nazariy tadqiqotlari hajmi yetarli darajada emas. Ko‘rilayotgan mavzu bo‘yicha mavjud tadqiqotlarning tahlili va ko‘lami asosida ushbu tadqiqotning maqsadi shakllantirildi va vazifalari belgilandi.

Dissertatsiyaning **“Eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazish usullari. Tajriba namunalarni tayyorlash va sinash”** deb nomlangan ikkinchi bobida amalda qo‘llanilgan eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazish usullari, armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini aniqlashni tanlangan eksperimental usulini asoslash, materiallar xususiyatlari va tajriba namunalarni tayyorlash, eksperimental tadqiqotlar tarkibi va sinovlar o‘tkazish usullari haqidagi ma‘lumotlar keltirilgan.

Beton namunalarni tayyorlash uchun ishlatiladigan beton qorishmasi amaldagi me‘yoriy xujjatlar talabiga binoan belgilandi; tayyorlangan beton namunalari 28 kunda ularni mustahkamligini aniqlash uchun GOST 10180 va GOST 22690 bo‘yicha sinovlardan o‘tkazildi.

Tortib chiqarish usuli bilan armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligini aniqlash uchun maxsus metall moslamadan foydalanildi (2 va 3 rasmlarga qarang).

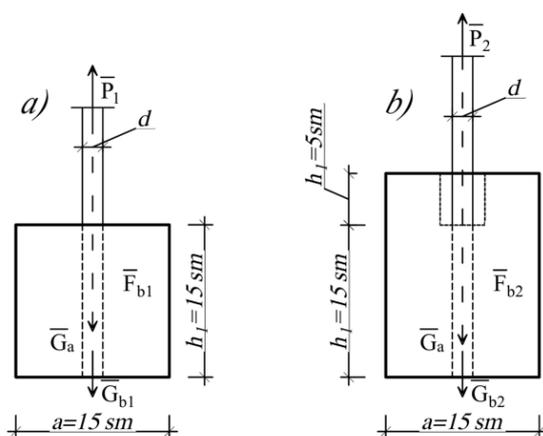
Armatura bilan beton orasidagi bog‘lanish qarshiligi (R_{bd}) eksperimental aniqlashning mavjud ikki usuli solishtirildi va texnik nuqtai nazaridan samaraligi asoslanib tanlandi (1-rasm). Bunga sabab, respublikamizda amal qiladigan O‘zDSt 3025-2015 “Silliq va davriy profilli armatura prokati. Texnik shartlar” standartida bunday laboratoriya sinovlarini o‘tkazish uchun talablar keltirilmagan.

Xar ikkala usul bo'yicha armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligi (R_{bd}) 1-formula bilan aniqlanadi:

$$R_{bd} = \frac{P}{l_{an} \cdot u}, \text{ MPa} \quad (1)$$

- bu yerda: P – armatura sterjenini betondan tortib chiqaruvchi chegaraviy zo'riqish, kN;
 l_{an} – armatura sterjenining betonlangan qismi uzunligi (ankerlash uzunligi), sm;
 u – sterjen perimetri, sm;
 $u = \pi \cdot d$ – (d - armatura sterjnining o'rtacha diametri).

1-rasmdagi sxemada “armatura-beton” konstruksiyasida ta'sir qiluvchi kuchlar keltirilgan.



1-rasm. Ta'sir qiluvchi kuchlar hisobiy sxemasi

Ta'sir qiluvchi kuchlar, a – sxemada: \bar{P}_1 – tortuvchi kuch; \bar{G}_a – armatura og'irligi; \bar{G}_{b1} – beton og'irligi; \bar{F}_b – armatura va beton bog'lanish kuchi; b – sxemada: \bar{P}_2 – tortuvchi kuch; \bar{G}_a – armatura og'irligi; \bar{G}_{b2} – beton og'irligi; \bar{F}_b – armatura va beton bog'lanish kuchi.

Statik sistemalar uchun kuchlarni muvozanat shartlariga asosan kuchlarni o'qlar bo'yicha kuchlanishlari nolga tengligidan aniqlanib, $R_{bd,1}$ va $R_{bd,2}$ orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz:

$$\frac{R_{bd,2}}{R_{bd,1}} = 1 + \frac{g \cdot \Delta m_b}{(\rho_a \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h \cdot g + m_{b1} + P)} \quad (2)$$

ρ_a – armaturaning zichligi kg/m^3 ; d – armatura diametri, mm; h – bog'lanish uzunligi, mm; $g = 9,81 \text{ m/c}^2$; m_{b1} – h balandlikdagi beton og'irligi, kg; P – armatura sterjenini betondan tortib chiqaruvchi chegaraviy zo'riqish, kN; Δm_b – massalar orasidagi farq, kg.

(2) tenglamaning ikkinchi qo‘shiluvchisi qanday kichik qiymatlarda bo‘lsa ham, $R_{bd,2}/R_{bd,1} > 1$ dan katta bo‘ladi. Shuning uchun eksperimental tadqiqotlarni birinchi usul bo‘yicha o‘tkazildi.

Yuqorida keltirilgan tahlilga binoan, $R_{bd,2} > R_{bd,1}$ bo‘lishi aniqlandi.

Ikkinchi usul bo‘yicha sinovlarni o‘tkazishda kuchlanishning konsentratsiyasi (jamlanish) dan armaturaning beton bilan bog‘lanmagan qismida darzlar hosil bo‘lish ehtimoli yuqori.

Ushbu eksperimental tadqiqotlarda og‘ir beton namunalarini tayyorlash uchun “Qizilqumsement” AJ ning markasi CEM II/A 32,5N, me‘yoriy quyuqligi 27 % va mustahkamligi bo‘yicha faolligi 38.2 MPa portlandsementdan foydalanildi.

Yirik to‘ldiruvchi sifatida fr. 5-20 mm bo‘lgan granit shebendan foydalanildi.

Mayda to‘ldiruvchi sifatida kvars qumi ishlatildi.

Bazalt tolalari (ishlab chiqaruvchi “MEGA INVEST INDUSTRIAL” MChJ) uzunligi 20 mm bo‘lgan tolalardan iborat.

Keramzitbeton tayyorlash uchun mahalliy keramzit va mayda qumlar ishlatildi.

Davriy kesim yuzali sinfi A400 markasi 35GS va A240 bo‘lgan armaturalardan betonlar bilan bog‘lanish mustahkamligini aniqlash uchun eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazishda foydalanildi. Armaturalar “Uzmetkombinat” AJ (Bekobod sh.) da ishlab chiqarilgan.

Bu sinovlarni o‘tkazish uchun og‘ir beton, keramzitbetonning va bazaltfibrobetonning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi bo‘yicha uch xil sinflari tanlandi.

Beton mustahkamligi o‘zgaruvchan hossa hisoblanadi, shuning uchun nazorat namunalaridan tashqari uni asosiy namuna betonida ham aniqlashga to‘g‘ri keldi. Bunday sinovlarni o‘tkazish uchun hozirgi vaqtda keng qo‘llanilib kelinayotgan ONIKS-2.5 asbobidan foydalanildi.

Bog‘lanish mustahkamligini aniqlash uchun eksperimental tadqiqotlar GMR-1 (2-rasm) va RMG-50 (3-rasm) gidravlik cho‘zuvchi mashinalarda o‘tkazildi.



2-rasm. Namunalarni sinashni GMR-1 mashinasida o‘tkazishning umumiy ko‘rinishi



3-rasm. Gidravlik cho‘zuvchi mashina RMG-500 da bog‘lanish mustahkamligini eksperimental aniqlash

Eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish uchun konstruktiv omillar sifatida quyidagilar belgilandi:

- armatura sinfi A400, diametrlari 12, 18 va 25mm bo‘lgan armatura sterjenlari;
- armatura sinfi A240, diametri 12mm bo‘lgan armatura sterjenlari;
- armaturaning geometrik parametrlari – ko‘ndalang qovurg‘alar balandligi va ular orasidagi masofa;
- beton turi - og‘ir beton, keramzitbeton va bazaltfibrobeton;
- ogir betonning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi bo‘yicha sinflari - B15, B20 va B30;
- keramzitbetonning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi bo‘yicha sinflari - B12,5, B15 va B25;
- bazaltfibrobetonning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi bo‘yicha sinflari - B15, B20 va B22,5.

Dissertatsiyaning **“Davriy kesim yuzali armaturaning turli betonlar bilan bog‘lanish mustahkamligining eksperimental-nazariy tadqiqoti”** deb nomlangan uchinchi bobida armatura diametri va og‘ir beton mustahkamligining bog‘lanishga ta’siri, armaturaning konstruksion keramzitbeton bilan bog‘lanish mustahkamligini tadqiqoti, armaturaning bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligini tadqiqoti natijalari, davriy yuzali armaturaning geometrik parametrlarini bog‘lanish mustahkamligiga ta’siri, armaturaning turli betonlar bilan bog‘lanish mustahkamligini hisoblash usulini takomillashtirish masalalari bayon qilingan.

Bog‘lanish mustahkamligiga armatura diametrining ta’sirini uning diametrlari 12, 18 va 25 mm bo‘lgan sinfi A400 sterjenlarda o‘rganildi. Bunda og‘ir beton sinfi B15, B20 va B30 ga teng qilib tayyorlandi. Tadqiqot natijalarining o‘rtacha qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

Eksperimental tadqiqotlarning o‘rtacha natijalari

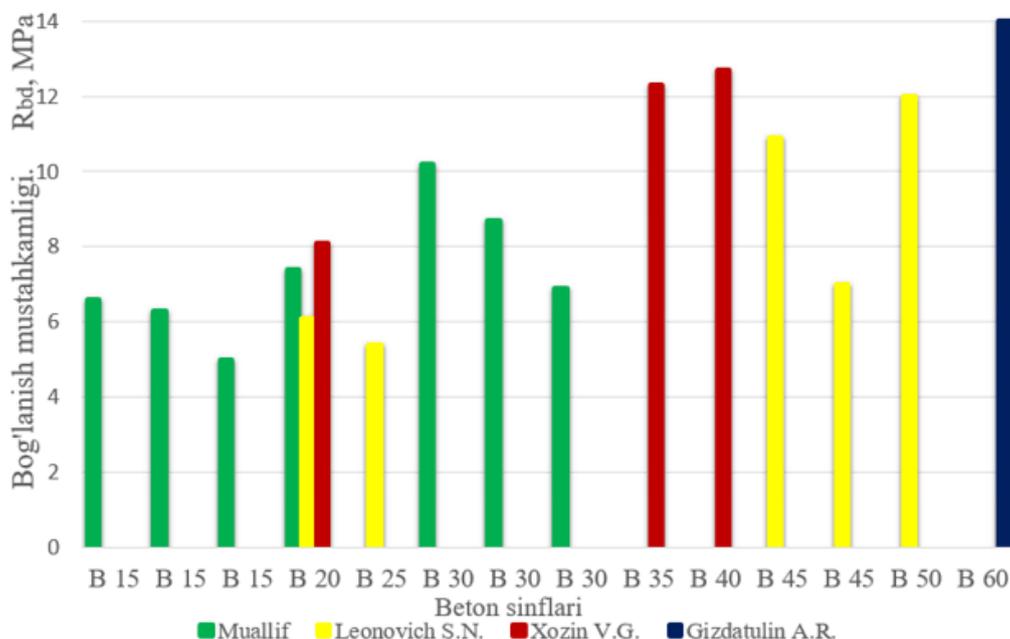
1-jadval

Beton sinfi	Beton zichligi, kg/m ³	Beton mustahkamligi, MPa	Armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligi, MPa		
			Armatura diametri, mm		
			12	18	25
B15	2235	22,6	6,6	6,3	5,0
B20	2240	27,2	8,6	7,4	5,5
B30	2355	41,6	10,2	8,7	6,9

1-jadvalda keltirilgan natijalarga muvofiq armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligi uni diametriga bog‘liq, ya’ni u kattalashgan sari tadqiqot qilinayotgan ko‘rsatkich kamayib boradi. Olingan natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bunday bog‘liqlik boshqa tadqiqotlarda ham kuzatilgan, lekin farqi olingan natijalar qiymatida, chunki armatura sterjenlari yuza shakli har xil bo‘lishi mumkin (4-rasm).

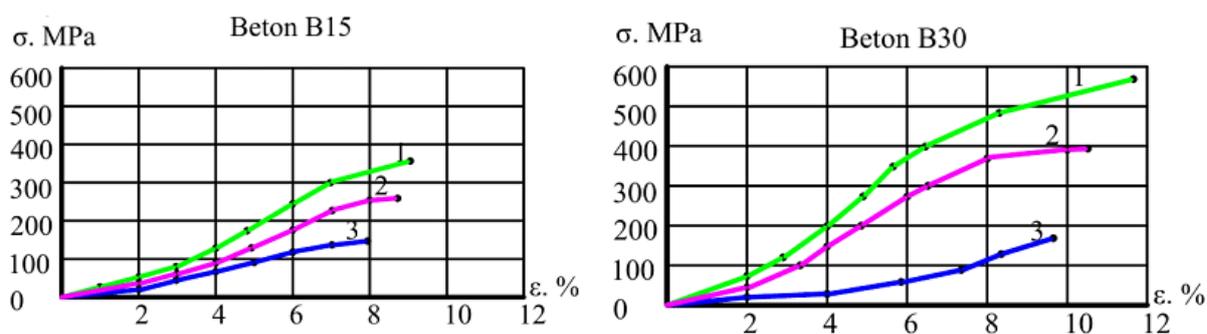
Tajriba namunalarini buzilish xarakteri ham armatura bilan beton orasidagi kuchlanish-deformatsiya holatlariga bog‘liqligini ko‘rsatmoqda.

Betondagi kuchlanish (σ_{max}) qiymati betonning cho‘zilishga bo‘lgan mustahkamligidan (R_{bt}) katta bo‘lganda, namunani bo‘laklarga ajratuvchi darzlar xosil bo‘ladi va oqibatda bo‘ylama darzlar hisobidan ikki yoki uch bo‘laklarga ajraladi. Agar $\sigma_{max} < R_{bt}$ bo‘lsa, beton namunasidagi armatura betonni qirqish hisobiga buzilishi sodir bo‘ladi.



4-rasm. Armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligining beton sinfiga bog‘liq holda o‘zgarishi

Yuklanmagan armaturadagi kuchlanishning bosqichma-bosqich oshishi natijasida undagi uzayishning o‘zgarish grafiklari 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Yuklanmagan armaturadagi uzayishning o‘zgarish grafiklari:
1-armatura diametri 12 mm; 2-armatura diametri 18 mm; 3-armatura diametri 25 mm

Armaturaning konstruksion keramzitobeton bilan bog‘lanish mustahkamligiga uning diametri va beton sinfining ta‘sirini o‘rganish uchun o‘tkazilgan eksperimental tadqiqot natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

Tadqiqotlar bo'yicha sinov natijalari

2-jadval

Keramzitbeton sinfi	Keramzitbetonni sinov kunidagi mustahkamligi, MPa	Statistik taqsimot parametrlari	Armatura diametri, mm	
			12	18
B12,5	17,2	R_{bd} S_m ν	6,1	5,5
	18,0		0,67	0,36
	15,5		6,1	7,2
O'rtacha qiymat	16,9		-	-
B15	21,6	R_{bd} S_m ν	7,5	6,4
	22,6		0,31	0,65
	21,8		4,85	7,3
O'rtacha qiymat	22,0		-	-
B25	34,6	R_{bd} S_m ν	9,9	8,8
	33,4		0,36	0,46
	32,8		8,4	4,95
O'rtacha qiymat	33,6		-	-

R_{bd} – bog'lanish mustahkamligining o'rtacha arifmetik qiymati, MPa;

S_m – o'rtacha kvadratik og'ish; ν – variatsiya koeffitsienti, %.

Ma'lumki, armaturaning betonlar bilan bog'lanish mustahkamligini aniqlovchi omillardan biri – sement gelining yelimlovchi qobiliyati, ya'ni uning beton tarkibida sarfi hisoblanadi. Bu masala bo'yicha eksperimental tadqiqotlar natijalarini tahlili shuni ko'rsatadiki, diametri 12 mm bo'lgan sterjen armaturaning konstruksion keramzitbeton bilan bog'lanish mustahkamligini quyidagi model orqali hisoblash mumkin:

$$R_{bd} = 1,3 \cdot K_a \cdot r_0 \cdot \sqrt{R_b(t_0)}, \text{ MPa} \quad (3)$$

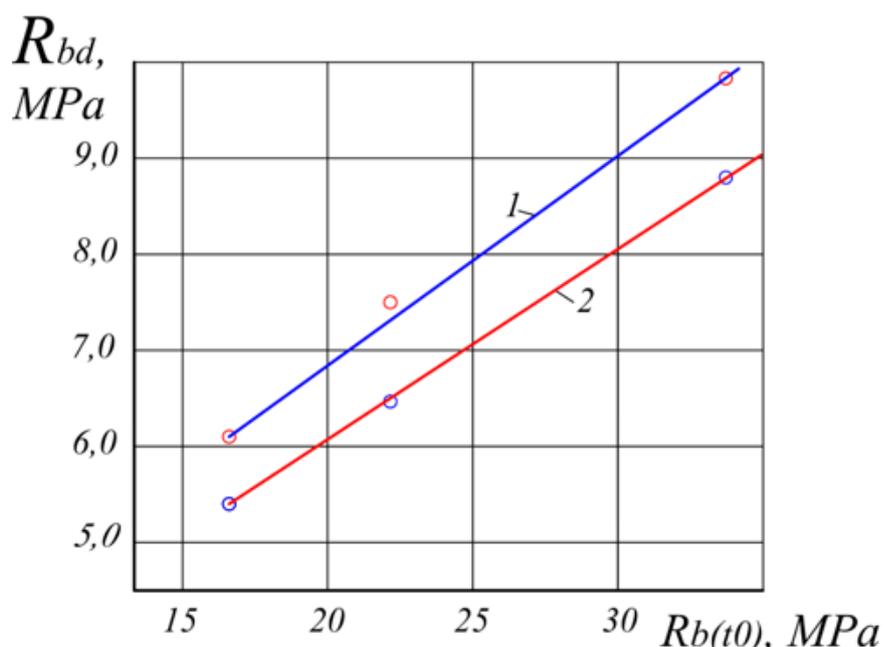
bu yerda: r_0 – beton qorishmasi tarkibidagi sement+qum aralashmasining solishtirma ulushi; $R(t_0)$ – keramzitbetonning yuklanish momentidagi mustahkamligi, MPa; K_a – armatura yuzasi shaklining ta'sirini inobatga oluvchi koeffitsient; $K_a = 1,0$ – silliq yuzali armatura uchun; $K_a = 1,9$ – davriy kesim yuzali armatura uchun; 1,3 – g'ovakli to'ldiruvchi xususiyatlariga bog'liq koeffitsient.

Ushbu model bo'yicha $R_b(t_0) \geq R_{b,28}$ dan yuqori, hamda keramzitbeton siqilishga mustahkamligi sinflari B12,5 dan B25 gacha bo'lishi kerak.

Olingan natijalarning o'zaro bog'liqligi 6-rasmda keltirilgan. Armatura diametri 12 mm va 18 mm bo'lgan holatda armaturaning keramzitbeton bilan bog'lanish mustahkamligi bo'yicha oralaridagi farq qiymatlar bo'yicha kuzatilgan.

Armatura diametri 12 mm uchun uning keramzitbeton bilan bog'lanish mustahkamligini (3) formula bo'yicha hisobiy qiymatlari 2 jadvaldagi tajriba qiymatlariga nisbati 0,93 ga teng, ya'ni ular orasidagi farq o'rtacha 7 %.

Armatura diametri 18 mm bo'lganda, uning bog'lanish mustahkamligining armatura diametri 12 mm dagi bog'lanish mustahkamligiga nisbatining o'rtacha qiymati hisoblar natijalari bo'yicha 0,9 teng, ya'ni o'rtacha 10 % ga kam ekanligi aniqlandi.



6-rasm. Armatura sterjenining keramzitbeton bilan bog‘lanish mustahkamligini uning sinfiga bog‘liqligi:

1 – armatura diametri 12 mm; 2 – armatura diametri 18 mm

Mahalliy hom ashyolardan tayyorlangan bazaltfibrobetonning davriy kesim yuzali sinfi A400 bo‘lgan diametrlari 12, 18 va 25mm armatura sterjenlari bilan hamda sinfi A240 armatura uchun ham bog‘lanish mustahkamligi tadqiqoti natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadvalda sinfi A240, diametri 12 mm armatura sterjenining bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligining o‘zgarishi beton mustahkamligiga bog‘liqligini kuzatish mumkin, ya’ni beton mustahkamligi ortgan sari bog‘lanish mustahkamligi ham ko‘payadi. Bazaltfibrobeton mustahkamligi 21,2 MPa dan 30,1 MPa ga oshishi, uning armatura bilan bog‘lanish mustahkamligini 1,54 MPa dan to 2,24 MPa gacha oshishini ta’minlaydi, ya’ni bu o‘shish 45% ni tashkil etadi. Bunga asosiy sabab – bazaltfibrobeton tarkibidagi sement massasining oshishi (adzeziya kuchayadi) va bazalt tolalarining beton tarkibida bir tekis tarqalishi, ya’ni “roving” holdagi tolalar o‘rami foydalanilgan beton tayyorlash texnologiyasi tufayli alohida-alohida tolalarga ajralib ketganligi natijasi, deyish mumkin.

Armaturaning bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligi

3-jadval

Bazaltfibrobeton sinfi	Beton mustahkamligi, MPa	Armatura sinfi	Armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligi, MPa		
			Armatura diametri, mm		
			12	18	25
B15	21.6	A240	1.52	-	-
	21.5		1.59	-	-
	20.4		1.5	-	-
O‘rtacha qiymat	21.2(20.6)		1.54		

3-jadval davomi

B15	21.6	A400	5.69	4.95	3.25
	21.5		5.67	5.02	3.16
	20.4		6.16	4.45	3.07
O'rtacha qiymat	21.2(20.6)		5.84	4.81	3.16
B20	28.41	A240	2.12	-	-
	27.83		2.22	-	-
	24.2		1.90	-	-
O'rtacha qiymat	26.8(27.8)		2.08		
B20	28.41	A400	6.10	5.4	3.66
	27.83		5.93	4.8	3.35
	24.2		6.55	4.81	3.00
O'rtacha qiymat	26.8(27.8)		6.19	5.0	3.34
B22.5	29.28	A240	2.32	-	-
	30.24		2.28	-	-
	30.82		2.12	-	-
O'rtacha qiymat	30.1(32.0)		2.24		
B22.5	29.28	A400	6.48	5.30	4.22
	30.24		6.50	5.64	3.94
	30.82		6.37	4.95	4.54
O'rtacha qiymat	30.1(32.0)		6.45	5.3	4.23

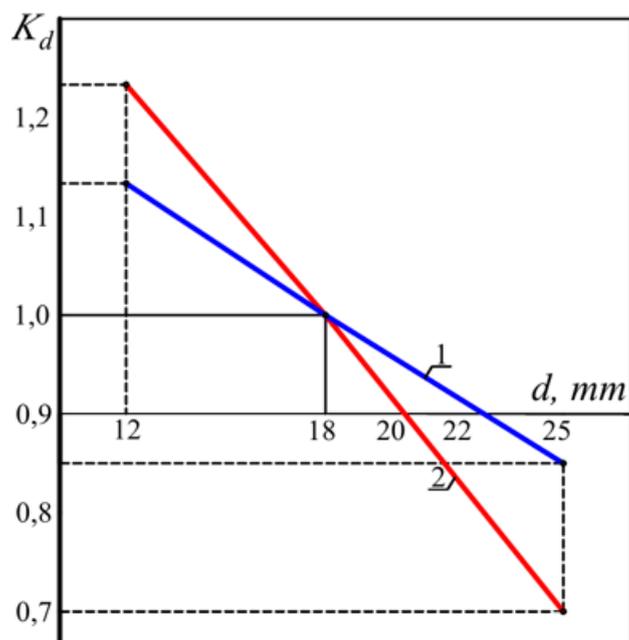
Izohlar. 1. Qavs ichida ONIKS 2.5 asbobi bilan o'lchangan qiymat.

2. Betonning o'rtacha zichligi tabiiy holatda 2260-2270 kg/m³ ga teng.

3-jadvalda keltirilgan natijalar tahlilidan yana shuni aniqlash mumkin, davriy kesim yuzali armatura sterjenlarining bazaltfibrobeton bilan bog'lanish mustahkamligi bir xil solishtirish sharoitida yuzasi silliq armatura sterjenlariga (A240) nisbatan ancha yuqori. Bunday solishtirishlar natijalariga ko'ra, beton sinfi B15, diametrlari 12mm armatura uchun bog'lanish mustahkamligini ortishi 3,8 barobarni; beton sinfi B20 bo'lganda, 3,0 barobarni va beton sinfi B22,5 bo'lganda 2,88 barobarni tashkil etadi; o'rtacha bu qiymat 3,22 ga teng. Bunga asosiy sabab adgeziyani armatura yuzasi bo'ylab notekis tarqalishi va armatura ko'ndalang qovurg'alarining beton bilan tarmashishi, ya'ni o'zaro bog'lanishidir. Armatura sterjenlarining bazaltfibrobeton bilan bog'lanish mustahkamligining o'zgarishi mavjud "bog'lanish nazariyasi" bo'yicha yuz beradi va ma'lum qonuniyat bo'yicha sodir bo'ladi.

Bazaltfibrobetonning armatura bilan bog'lanish mustahkamligi bo'yicha olingan eksperiment natijalarini armatura diametri va beton sinfining o'zgarishlarini inobatga oluvchi koeffitsientlar orqali tahlil qilib chiqildi. Buning uchun qo'shimchasiz og'ir betonlar uchun taklif qilingan ifodalardan foydalanildi.

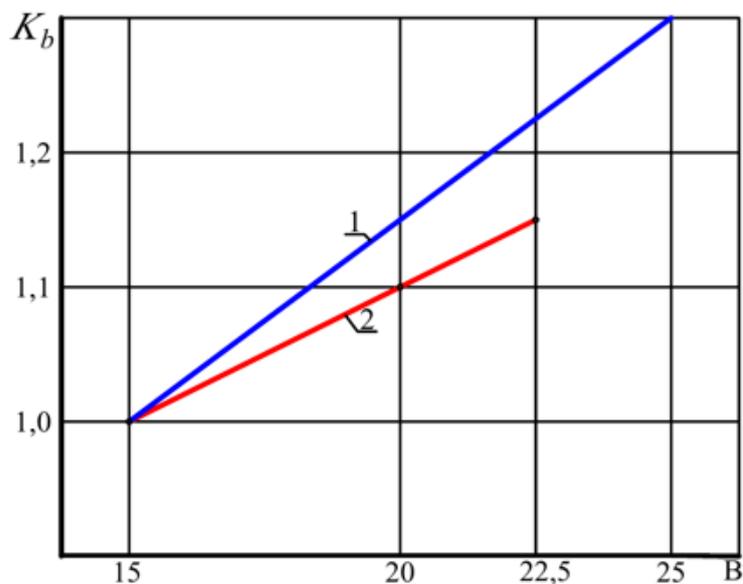
Armatura diametri o'zgarishini inobatga oluvchi koeffitsientning K_d bazaltfibrobeton uchun olingan natijalar 7-rasmda keltiriladi.



7-rasm. Bog‘lanish mustahkamligiga sinfi A400 armatura diametrlarini ta‘sirini inobatga oluvchi K_d koeffitsientning o‘zgarishi:
1 – og‘ir beton; 2 – bazaltfibrobeton.

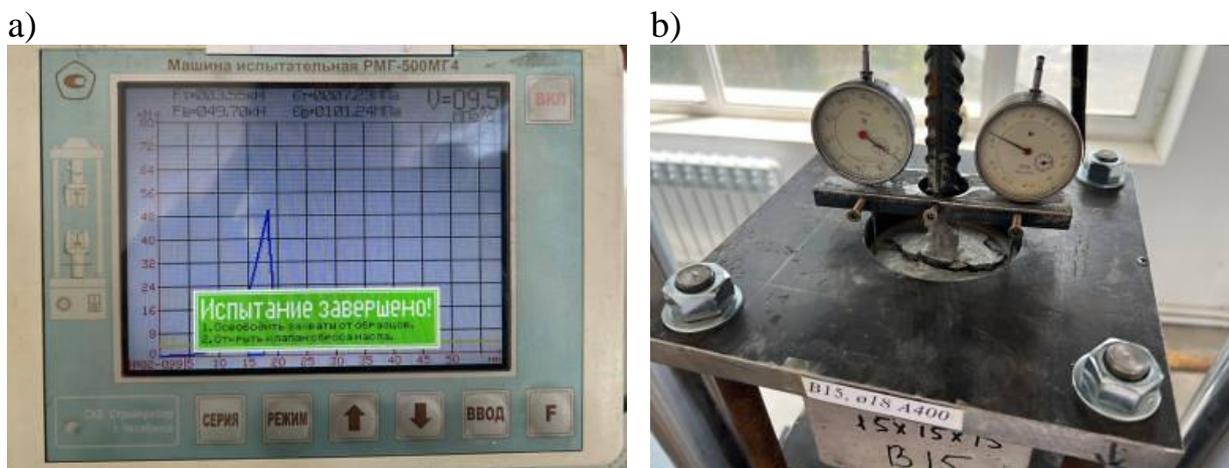
Armatura diametri 12 mm bo‘lganda uning bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligi armatura diametri 18 mm ga nisbatan 10% ga ko‘p; Armatura diametri 25 mm bo‘lganda uning bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligi armatura diametri 18 mm ga nisbatan 15% ga kam. Bunga sabab, dispers armaturaning bazaltfibrobeton tarkibini va kontakt zonaning shakllanishiga ta‘siri hamda ular orasida hosil bo‘lgan bosim turlichaligi, deb qarash mumkin.

Beton sinfining o‘zgarishini inobatga oluvchi koeffitsientning K_b bazaltfibrobeton uchun olingan natijalari 8-rasmda keltiriladi.



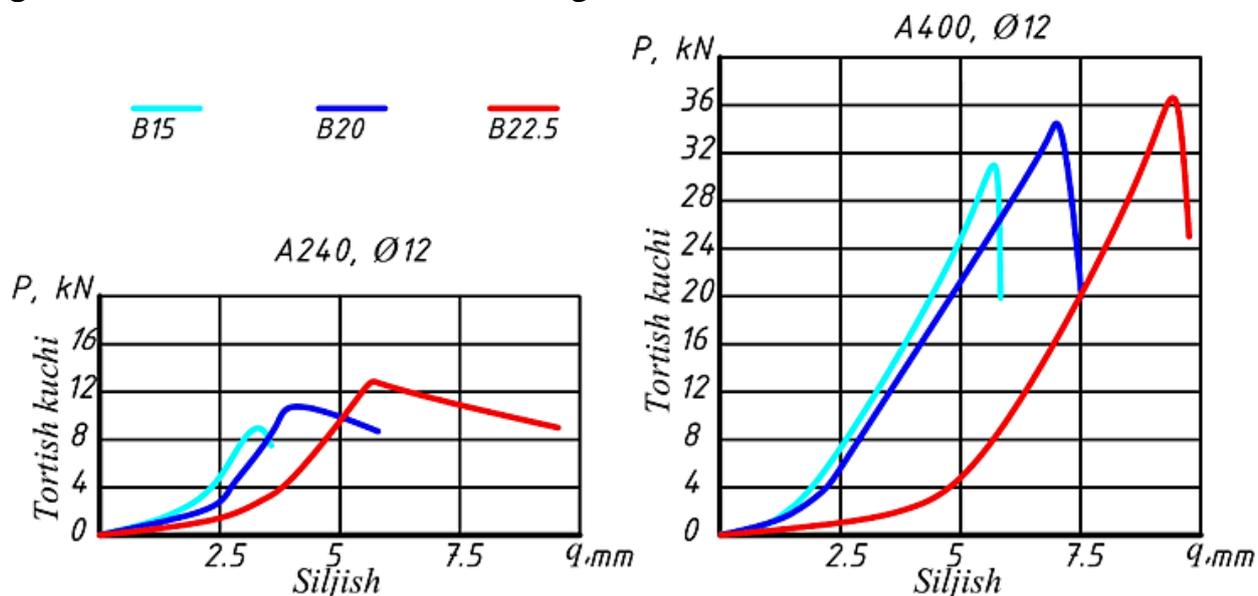
8-rasm. Bog‘lanish mustahkamligiga beton sinfi ta‘sirini inobatga oluvchi K_b koeffitsientning o‘zgarishi: 1 – og‘ir beton; 2 – bazaltfibrobeton.

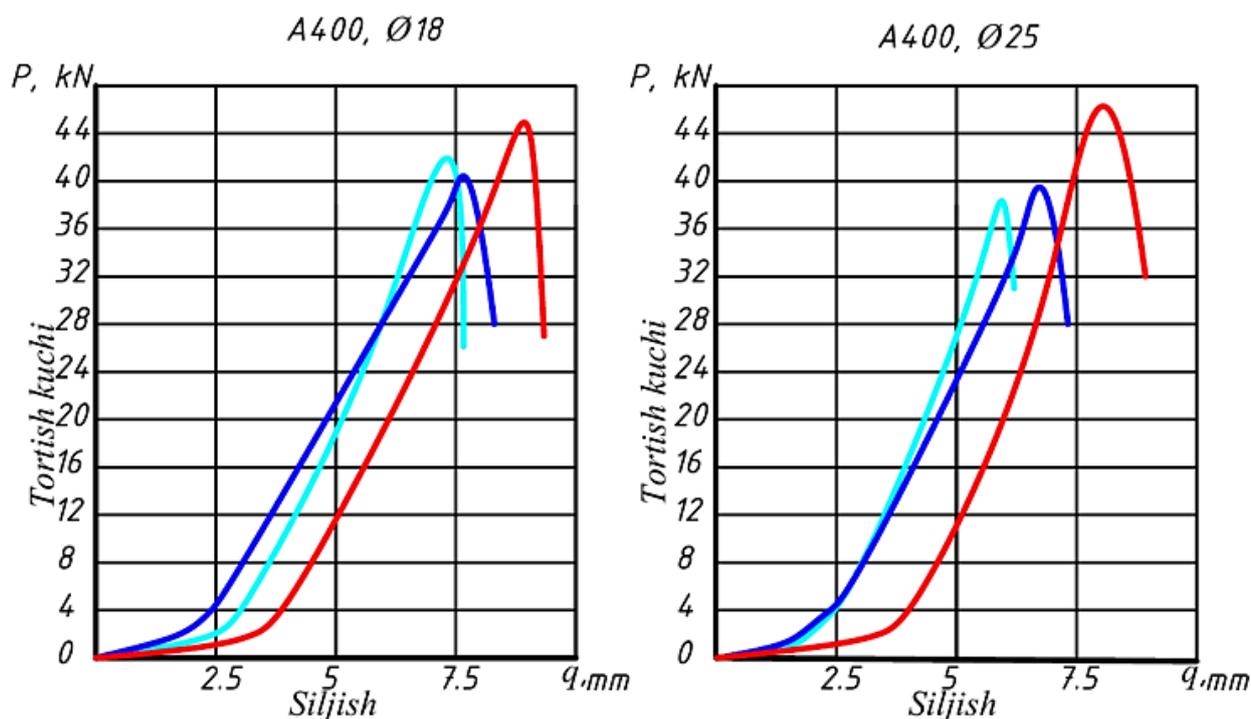
Yuqorida keltirilgan va tahlil qilingan eksperimental tadqiqotlar natijalari kompyuter boshqaruv tizimida ishlaydigan zamonaviy gidravlik press (PGM-1000MG4) va cho‘zuvchi gidravlik mashinalarda (RGM-500MG4) o‘tkazilgan. Beton namunadan armaturani tortib chiqarishda sodir bo‘ladigan siljish deformatsiyalarni soat turidagi bo‘laklari 0,01 mm li indikatorlarda va mashinaning o‘zidagi o‘lchamlardan olib, ularni o‘zaro solishtirildi (9-rasm).



9-rasm. Armaturani tortib chiqarishdagi siljishini kompyuter (a) va indikatorlar orqali o‘lchash (b)

Eksperimental tadqiqotlarda alohida namunalar uchun olingan natijalarning grafik ko‘rinishlari 10-rasmda keltirilgan.





10-rasm. Armaturning bazaltfibrobeton namunadan tortib chiqarishdagi siljishning o'zgarish grafiklari

Bo'ylama kuch ta'sirida armaturaning betondagi u bilan birga ishlashi bog'lanish mexanizmiga bog'liq bo'lib, o'zaro siljishni keltirib chiqaradi. O'tkazilgan eksperimental tadqiqotlarda yuk ta'sirining dastlabki bosqichida bog'lanish kuchlari adgeziya hisobidan paydo bo'ladi. Bu holatda siljishni qiymatlari juda kichik bo'ladi va bog'lanish mustahkamligi taxminan 0,5-1,0 MPa dan ortmaydi, ya'ni silliq yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligining 50-60 % atrofida bo'ladi. Bu holat beton va armaturaning elastik ishlashi bilan tavsiflanadi, betonda ko'ndalang deformatsiyalar sezilarsiz bo'ladi. Armaturani o'rab turgan beton tarkibida birinchi darzlar elastik ishlash chegarasining oxirgi bosqichida sodir bo'lishi mumkin va bo'ylama kuchni oshirish hisobiga yangi kuchlanganlik – deformatsion holati yuzaga keladi. Bu bosqichdagi bog'lanish mustahkamligi betonning cho'zilishga bo'lgan mustahkamligiga, davriy kesim yuzasi, armaturaning geometrik parametrlariga bog'liq bo'ladi va bog'lanish hisobidan shakllanadi. Namuna balandligi bo'yicha zo'riqishning taqsimlanishi bir tekis davom etmaydi, yuqori kuchlanish namunaning o'rta qismiga to'g'ri keladi. Bu holatda darzlarning hosil bo'lishiga armatura bilan beton orasidagi kontaktlarni buzilishlari va betonning cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ko'p bo'lgan kuchlanishlar paydo bo'lishi sabab bo'ladi. Bundan tashqari hosil bo'lgan plastik deformatsiyalar hisobidan yuklanmagan armaturaning kontakt yuzalarga nisbatan siljishi kuzatiladi.

Davriy kesim va silliq yuzali mahalliy armaturalarning bazaltfibrobeton bilan bog'lanish mustahkamligini tadqiqoti bo'yicha o'tkazilgan eksperimentlarga binoan yana shuni alohida ta'kidlash mumkinki, bazaltfibrobeton namunalaridan markaziy

joylashgan armatura sterjenlarini tortib chiqarishning so‘ngi bosqichida beton namunalarning buzilish xarakterlari turlicha ekanligini kuzatish mumkin (11-rasm). Bunga sabab, armatura bilan betonning kontakt qismidagi o‘zaro birga ishlash sharoiti deb qarash to‘g‘ri bo‘ladi.



11-rasm. Bazaltfibrobeton namunalaridan markaziy joylashgan armatura sterjenlarini tortib chiqarishdagi beton namunalarning buzilish xarakterlari

Silliqlik yuzali armatura joylashtirilgan beton namunada buzilishdan bo‘ylama darzlar mavjud emas, chunki uning bog‘lanish mustahkamligi davriy kesim yuzali armaturaning bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligiga qaraganda 2-3,5 barobar kam.

Armaturani bazaltfibrobeton namunalaridan tortib chiqarishdan olingan siljishlarning qiymatlari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

Bazaltfibrobeton mustahkamligi, MPa	Armatura sinfi	Siljish, mm		
		Armatura diametri, mm		
		12	18	25
21,2	A240	3,32	–	–
26,8		3,79	–	–
30,1		6,18	–	–
21,2	A400	9,03	7,63	6,72
26,8		7,55	7,54	6,08
30,1		9,08	8,87	7,98

Izoh. O‘rtacha qiymatlar keltirilgan.

Armatura sinfi A240 uchun bazaltfibrobeton bilan bog‘lanish mustahkamligini qarshiligini yengib o‘tishdagi siljishlar beton mustahkamligiga bog‘liq holda o‘zgarib, 3,3-6,2 mm ni tashkil etdi. Armatura sinfi A400 uchun ushbu ko‘rsatgich betonning mustahkamligi bir hil bo‘lganda, armatura diametri oshgan sari siljish kamayib borganligini kuzatilgan. Bunda siljishlar qiymati 6,08-9,08 mm oralig‘ida o‘zgargan va bu o‘zgarish avvalo bazaltfibrobeton mustahkamligi va tarkibi bilan

bog‘liq deyish mumkin. Bazaltfibrobeton uchun siljishlarni belgilashda uning tarkibidagi bazalt tolalarining mavjudligi ham alohida ahamiyatga ega, chunki ular armatura bilan o‘zaro ishqalanishni ortishiga olib keladi.

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlarda armatura sinfi A400 diametri 25 mm beton sinfi B20 va B30 bo‘lgan namunalardan uni tortib chiqarishda ham shu holat kuzatilgan, ya’ni maksimal kuchlanish armaturaning oquvchanlik chegarasidan ortganda kuzatilgan.

O‘roqsimon yuzali ko‘ndalang qovurg‘ali armaturalarning geometrik parametrlariga standart talablar 5-jadvalda keltirilgan.

Davriy kesim yuzali armaturaning geometrik parametrlari

5-jadval

Me’yoriy hujjat nomi	d_H	e	t	h_1	h_S	h_{SV}	b_1	b_2	α grad	Yuza ko‘rinishi	f_R
	mm										
EN 10080 (Yevrome’yor) [75]	25	$> b_1$	12-25	2	1,25-2,0	-	-	-	35-75	S	0,054
GOST 5781[22]	25	-	8,6	1,5	2,1	1,79	2,7	1,8	75	K	0,204
BS 44499 (Britaniya)	25	5,6	17,5	2,1	2,5	1,7	3,2	2,2	60	S	0,05
O‘z Dst – 3025[26]	25	-	15,0	1,7			1,2	2,0	45	S	0,056
	12	-	9,0	1,2			0,7	2,0	45	S	0,056
	18	-	12,0	1,5			1,0	2,5	45	S	0,056
TU 14 – 1 – 5254 - 2006 [76]	25	5,0	13	2,5	1,63	-	2,5	2,5	35-60	S	0,056
	12	2,5	7	1,2	0,8	-	1,2	1,2	35-60	S	0,056
	18	3,5	10	1,5	1,1	-	1,8	1,8	35-60	S	0,056

Izoh: Shartli belgilar standart chizmasiga muvofiq keltirilgan. K - halqali; S - o‘roqsimon. b_1 – bo‘ylama qovurg‘alar balandligi; b_2 – ko‘ndalang qovurg‘alar eni; h_1 – ko‘ndalang qovurg‘alar balandligi.

Geometrik parametrlari bo‘yicha standart talablarini qoniqtiradigan o‘roqsimon yuzali armaturani yuk ko‘taruvchi temirbeton konstruksiyalarda qo‘llash, ayniqsa seysmik faol hududlarda muhim ahamiyatga ega, chunki ularning ishonchligi ko‘p jihatdan armaturaning beton bilan bog‘lanish mustahkamligiga bog‘liq.

O‘tkazilgan tahlillar asosida davriy kesim yuzali o‘roqsimon shaklli ko‘ndalang qovurg‘ali armaturaning og‘ir beton bilan bog‘lanish mustahkamligini hisobiy aniqlash uchun quyidagi matematik modeldan foydalanish mumkinligi o‘rnatildi:

$$R_{bd} = K_d \cdot K_b \cdot K_{tb} R_{bd}^n \quad (4)$$

bu yerda:

K_d – armatura sterjeni diametri ta’sirini hisobga oluvchi koeffitsient;

$K_d = 1,1$ - bazaltfibrobeton uchun armatura diametri 18 mm dan kam bo‘lsa; $K_d = 0,85$ bazaltfibrobeton uchun armatura diametri 18 mm dan ko‘p bo‘lsa;

K_b – beton mustahkamligi ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsient;

K_{tb} – beton turiga bog'liq koeffitsient; $K_{tb} = 1,0$ – og'ir beton uchun; $K_{tb} = 0,95$ – bazaltfibrobeton uchun;

R_{bd}^n – shartli ravishda qabul qilingan armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligini me'yoriy qiymati ($d = 18 \text{ mm}$ va beton sinfi B15).

(4) formuladagi R_{bd}^n ning qiymatini ankerlash uzunligi $6 \cdot d$ dan kam bo'lmagan kub yoki prizma beton namunasiga markaziy o'rnatilgan diametri 18 mm sinfi A400 yuzasi o'roqsimon armatura sterjenini betonning yoshi 28 kunda namunadan tortib chiqarish orqali o'rnatiladi. To'plangan materiallarga ishlov berish natijasida (4) modelga kiruvchi K_d va K_b koeffitsientlarni hisoblash uchun mos ravishda quyidagi ifodalar taklif qilindi:

$$K_d = \frac{68-d}{50} \quad (5)$$

$$K_b = \frac{18+B}{33} \quad (6)$$

bu yerda: d – armatura diametri, mm; B – betonning siqilishdagi mustahkamligi bo'yicha sinfi.

Eksperimental sinovlar natijalariga ko'ra, mahalliy davriy yuzali armatura uchun R_{bd}^n ning qiymati 6,0 MPa ga teng.

Taklif qilinayotgan (5) va (6) formulalarning statistik taqsimot hususiyatlari ancha yuqori, K_d koeffitsient uchun hisobiy va tajribaviy qiymatlar nisbatining o'rtacha qiymati 1,06 ga teng, variatsiya koeffitsienti 3,9%. Xuddi shunga mos natijalar K_b koeffitsient uchun 0,97 va 5,9% ga teng. Olingan ushbu natijalar taklif qilinayotgan chiziqli bog'lanishli formulalardan foydalanish darajasi ancha yuqoriligi va barqarorligini isbotlaydi.

Koeffitsient K_d va K_b larning grafik o'zgarishlari mos ravishda 7 va 8 rasmlarda keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Egiluvchi temirbeton elementlar armaturasini ankerlash uzunligini hisoblash usulini takomillashtirish”** deb nomlangan to'rtinchi bobida armaturani ankerlash uzunligini hisoblash natijalari, armaturaning ankerlash uzunligini hisoblash usulini takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini tahlili keltirilgan.

EN 1992-1-1 Yevrokod 2. “Проектирование железобетонных конструкций” va SP 63.13330.2018 “Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения” da armatura sterjenini ankerlash uzunligini hisoblash usullari bir-biriga yaqin.

QMQ 2.03.01-96 “Beton va temirbeton konstruksiyalar” me'yoriy hujjatiga binoan armaturaning bo'ylama sterjenlarini ankerlash uchun cho'ziluvchi va siqiluvchi armatura elementlari o'qiga nisbatan l_{an} dan kam bo'lmagan uzunlikda kiritilishi lozim va bu ko'rsatkich empirik formula yordamida aniqlanadi.

Armaturaning diametri va me'yoriy qarshiligi ortishiga qarab, uning ankerlash uzunligini ko'paytirish, armaturaning beton bilan bog'lanishi ortishi natijasida uni kamaytirish mumkin.

Olingan xulosalarga asoslangan holda armaturaning ankerlash uzunligining o'zgarishlarini koeffitsient η_3 ga ta'sirini tahlil qilib, ankerlash uzunligini me'yoriy hujjat EN 1992-1-1 bo'yicha hisoblash usulini takomillashtirish mumkin. Buning uchun eksperimentlardan olingan maksimal kuchlar qiymatidan foydalanib η_3 koeffitsientning talab qilingan qiymatini (7) formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\eta_3 = \frac{\sigma_{s,max} \cdot \emptyset}{4 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ct} \cdot l_{an}} \quad (7)$$

Bu masala bo'yicha eksperimental tadqiqotlardan olingan natijalardan ham foydalanildi, chunki solishtirish uchun tajriba sharoitlari bir-biriga juda yaqin, farqi armaturaning sinfida, xolos. Bizning tajribalarda diametri 25 mm bo'lgan A400 sinfiga mansub o'roqsimon kesim yuzali mahalliy armatura qo'llanilgan bo'lsa, boshqa tajribalarda A500 qo'llanilgan (beton sinfi B25). Shu yo'l bilan olingan η_3 koeffitsientning tajriba qiymatlari (6) jadvalda keltirilgan.

Ushbu jadvalda keltirilgan natijalarga muvofiq, armaturani betondan tortib chiqarishdagi maksimal kuchlanish qiymati beton mustahkamligiga mos ravishda, 132 MPa dan 181 MPa gacha o'zgaradi, bunda f_R ning qiymati o'zgaras. Solishtirish uchun foydalanilgan natijalar bo'yicha maksimal kuchlanish 495 MPa dan 618 MPa gacha o'zgargan ($f_R = \text{const}$) beton sinfi B25 o'zgaras. Koeffitsient η_3 ning o'zgarishlari mos ravishda $3.7 \div 4.56$ va $3.9 \div 6.96$ oralig'ida joylashgandir. Olingan natijalarni o'roqsimon kesim yuzali armaturalarning beton tarkibida ishlashining o'ziga xosligi bilan tushuntirish mumkin.

η_3 koeffitsientning tajribaviy qiymatlari

6-jadval

Beton (armatura) sinfi	h_s , mm	f_R	l_{an} , mm	σ_s , max MPa	f_{bt} , MPa	Koeffitsient η_3 (tajriba)
B15 (A400)	1.3	0.056	150 (6·d)	132	1.75	4.49
	1.3	0.056		134		4.56
	1.3	0.056		130		4.42
B20 (A400)	1.29	0.055		142	2.25	3.76
	1.3	0.056		140		3.70
	1.31	0.058		140		3.70
B30 (A400)	1.29	0.055		181	2.75	3.92
	1.3	0.056		175		3.79
	1.31	0.058		176		3.81
B25* (A500)	2.5	0.08	125 (5·d)	495	5.11	6.92*
	2.5	0.08		498		6.96
	2.5	0.08		495		6.92
B25* (A500)	2.5	0.08	175 (7·d)	535	5.11	5.34
	2.5	0.08		536		5.35
	2.5	0.08		536		5.35
B25* (A500)	2.5	0.08	200 (8·d)	555	5.11	4.85
	2.5	0.08		550		4.81
	2.5	0.08		552		4.82
B25* (A500)	2.5	0.08	275 (11·d)	618	5.11	3.9
	2.5	0.08		616		3.9
	2.5	0.08		616		3.9

Izohlar: * - ushbu natijalar sinfi A500 o'roqsimon kesim yuzali armatura sterjenlarga tegishli; h_s – ko'ndalang qovurg'a balandligi; f_R – ezilishning nisbiy yuzasi (R_{em} indeksi); l_{an} – armaturani ankerlash uzunligi; $\sigma_{s,max}$ – armaturani tortib chiqarishdagi maksimal kuchlanish; f_{br} – betonning cho'zilishga bo'lgan qarshiligi.

Koeffitsient η_3 ning tajriba qiymatlari $\eta_3=3.7\div 6.96$ me'yoriy qiymatga ($\eta_3=2.25$) qaraganda 1.65 dan 3.1 gacha katta.

Bu o'z navbatida davriy kesim yuzali armaturalarning beton bilan bog'lanish mustahkamligi va ularni ankerlash uzunliklari har xil bo'lishi mumkinligini isbotlaydi.

Yuqorida keltirilgan materiallar tahlili asosida quyidagi xulosaga kelish mumkin: armaturani ankerlash uzunligi va bog'lanish mustahkamligi bir-biriga bog'liq. Quyidagi keltirilgan tahlillarga asoslanib armaturani ankerlash uzunligini hisoblash formulasini keltirib chiqarish mumkin. Armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligi (1) formuladan topiladi: ushbu formuladan armaturadagi zo'riqish (P) ni aniqlash quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$P = R_{bd} \cdot l_{an} \cdot \pi \cdot d \quad (8)$$

bu yerda: d – armatura diametri, mm.

Armatura sterjenidagi kuchlanish:

$$\sigma_n = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \quad (9)$$

(8) formulani (9) qo'yilganda,

$$\sigma_n = \frac{4 \cdot R_{bd} \cdot l_{an} \cdot \pi \cdot d}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot R_{bd} \cdot l_{an}}{d} \quad (10)$$

Agar $\sigma = R_s$ deb qabul qilinsa, u holda armaturani ankerlash uzunligini hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$l_{an} = \frac{R_s \cdot d}{4 \cdot R_{bd}} \quad (11)$$

Ushbu (11) formuladagi R_{bd} – armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligi taklif qilingan usul bo'yicha aniqlanadi.

Dissertatsiyaning yakuniy qismida tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari tahlili keltirilgan.

XULOSALAR

“Davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligiga konstruktiv omillarning ta'siri” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan eksperimental-nazariy tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Davriy kesim yuzali armaturalarning beton bilan bog'lanish masalalari shu kunga qadar keng doirada o'rganilgan va o'rganib kelinmokda. O'tkazilgan tadqiqotlar asosan chet ellarda bajarilgan bo'lib, respublikamizda bu yo'nalishda mahalliy armaturadan foydalanib bajarilgan tizimli tadqiqotlar natijalari yetarli emas.

2. Armatura bilan beton orasidagi bog'lanish kuchlanishini eksperimental aniqlash asosan armaturasi markaziy joylashtirilgan betondan tayyorlangan

namunalarda o'tkazilgan bo'lib, bu usuldan foydalanish xaqiqiy (real) natijalar berishi isbotlangan. Armaturani bunday namunalardan tortib chiqarish usuli ushbu dissertatsiyada qo'llashga uchun asoslandi.

3. Tadqiq qilingan konstruktiv omillarning bog'lanish mustahkamligiga ta'siri bo'yicha quyidagi bog'lanishlar o'rnatildi:

- armaturaning keramzitobeton bilan bog'lanish mustahkamligi og'ir betonning ana shunday xususiyatiga qaraganda o'rtacha 10%ga ko'p;

- armaturaning bazaltfibrobeton bilan bog'lanish mustahkamligi uning diametri 12 mm bo'lganda, og'ir betonning ana shunday ko'rsatgichidan o'rtacha 10 %ga ko'p, armatura diametri 25 mm bo'lganda, o'rtacha 15 %ga kam;

- davriy kesim yuzali armaturaning bazaltfibrobeton bilan bog'lanish mustahkamligi silliq yuzali armaturaning bog'lanish mustahkamligiga nisbatan o'rtacha 3,22 barobar ko'p.

O'rnatilgan ushbu xususiyatlar betonlar tarkibining va armatura atrofidagi kontakt zonalarning shakllanishini o'ziga xosliklari bilan bog'liq.

4. Aniqlangan bog'lanishlarni tahlili asosida hisobiy aniqlash uchun matematik model taklif qilindi. Olingan matematik modeldan foydalanib, armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligi qiymatini aniqlab, me'yoriy hujjatlar usullari bilan hisoblangan natijalarga nisbatan solishtirish ularning afzalliklarini ko'rsatdi. Hisobiy va tajribaviy natijalar orasidagi farq minimal (10% dan ko'p emas) bo'lib, statistik taqsimot ko'rsatgichlari ancha yuqoriligi aniqlandi.

5. Armaturaning ankerlash uzunligini hisobiy aniqlash uchun mavjud me'yoriy xujjatlardagi usullarni takomillashtirish uchun davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan bog'lanish mustahkamligini kiritish taklif qilindi va matematik modeldan foydalanib hisoblash maqsadga muvofiqligi ko'rsatildi. Bunda hisobiy qiymatlarning eksperimental natijalar bilan o'zaro yaxshi mosligi ta'minlandi. Ushbu hisoblarni bajarish uchun tavsiyalar ishlab chiqildi, ulardan foydalanish ishchi armaturaning sarfi 3-5% ga iqtisod qilinishini ta'minlaydi.

6. Dissertatsiya natijalarini temirbeton konstruksiyalarini loyihalash amaliyotiga tadbiiq etish ularning ishonchligini ta'minlaydi hamda quriladigan bino va inshootlar temirbeton konstruksiyalarini uzoq muddat shikastlanishsiz xizmati uchun asos yaratiladi. Tadqiq qilingan ko'rsatkichlar temirbeton elementlarning chegaraviy holatlarini belgilashda muhim amaliy ahamiyatga ega.

7. Armatura sterjenini beton namunasidan tortib chiqarish bo'yicha olingan sinov natijalariga statistik ishlov berish hamda armaturaning betonlar bilan bog'lanish mustahkamligini hisoblash uchun dastur yaratildi va ularga O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining intellektual mulkni tasdiqlovchi guvohnomalari (№ DGU 11325, №24777 va №27718) olindi.

8. Armaturaning turli betonlar bilan bog'lanish mustahkamligini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari asosida ushbu xususiyatni aniqlashni amaldagi respublika standarti O'zDst 3025-2015 "Silliq va davriy profilli armatura prokati. Texnik shartlar" tarkibiga o'zgartirish kiritish taklif etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ХУЖАЕВ ДАВЛАТХУЖА ХАСАН УГЛИ

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ
СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С
БЕТОНОМ**

05.09.01 -Строительные конструкции, здания и сооружения

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования науки и инноваций Республики Узбекистан за В2023.2.PhD/Т3768.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.taqi.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Юсупов Рахимбай Рихсибаевич
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Ходжаев Саидаглам Аглоевич
доктор технических наук, профессор

Бердиев Облакул Бобакулович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: АО «Узогирсаноатлойиха»

Защита диссертации состоится в Ташкентском архитектурно-строительном университете на Ученом совете за номером DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 « 19 » декабря 2024 года в 12⁰⁰ в актовом зале Ташкентского архитектурно-строительного университета (Адрес: 100011, г. Ташкент, Юнусабадский район, ул. Янги шахар, дом 9. Корпус 4, 5-й этаж. Тел/факс (55) 508-50-14, 508-03-12 e-mail: devon@taqu.edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного университета (зарегистрированным за №135). Адрес: 100084, г.Ташкент, Юнусабадский район, ул. Янги шахар, дом 9. Тел: (+ 99890) 372-71-94, факс: (+ 99871) 234-15-11, электронная почта: taqi_atm@edu.uz, факс: (99871) 241-80-00, электронная почта: taqi_atm@edu.uz.

Автореферат диссертации разослан « 6 » декабря 2024 года.
(реестр протокола рассылки № 46 от « 23 » октября 2024 года).



[Handwritten signature]

Х.А. Акрамов

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

И.И. Сидиков

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

[Handwritten signature]

Б.А. Аскарлов

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация (PhD) диссертации доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Важными задачами в сфере капитального строительства в мире являются всестороннее повышение и обеспечение качества используемых бетонных и железобетонных конструкций, а также эффективное применение материалов, сырья и энергоресурсов. В настоящее время в развитых странах проблема повышения надежности и долговечности железобетонных конструкций зданий и сооружений является актуальной и многогранной задачей. Для её решения важно изучение всесторонних подходов и методов. Особое внимание уделяется разработке методов расчета на основе результатов глубоких экспериментально-теоретических исследований и учёту эксплуатационных условий для повышения надежности железобетонных конструкций при их проектировании.

В мире ведутся научные исследования, направленные на обеспечение целостности, несущей способности и надежности эксплуатируемых железобетонных конструкций за счет повышения прочности сцепления арматуры с бетоном. В этом направлении приоритетными являются исследования по оценке эффективности арматурных стержней с периодическим профилем и изучению возникающих между ними напряженно-деформационного состояния. Практика проверки напряженно-деформационного состояния железобетонных конструкций показывает, что часть дефектов в поврежденных конструкциях связана с нарушением сцепления арматуры с бетоном. Такие дефекты могут возникать как на этапе производства железобетонных конструкций, так и в процессе эксплуатации или под воздействием сейсмических нагрузок, что делает их решение актуальной задачей.

В Республике Узбекистан реализуется широкий спектр мероприятий, направленных на развитие строительной отрасли и обеспечение надежности зданий и сооружений. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы определены задачи, включающие строительство, реконструкцию и капитальный ремонт образовательных учреждений, реализацию инвестиционных проектов по строительству и модернизации предприятий.² Для выполнения этих задач важное значение имеет экспериментально-теоретическое исследование влияния конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры с бетоном, разработка методов расчета и их внедрение в практику.

Настоящее исследование вносит вклад в выполнение задач, обозначенных в ряде нормативно-правовых документов, таких как Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы”, Постановление Президента

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

№ УП-139 от 21 февраля 2022 года “О дополнительных мерах по поддержке строительства жилья и индустрии строительных материалов”, Указ Президента № УП-5963 от 13 марта 2020 года “О дополнительных мерах по углублению реформ в строительной отрасли” и Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 231 от 23 апреля 2024 года “О мерах по гармонизации нормативных документов в сфере строительства с международными стандартами”.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Настоящее исследование проведено в рамках приоритетного направления, приведенного в приложении УП за № 6119 Президента Республики Узбекистан “О повышение эффективности разработок, практических, изыскательских, фундаментальных исследований в сфере архитектуры и строительства”.

Степень изученности проблемы. Достаточное количество специальных и целенаправленных экспериментально-теоретических исследований, посвящённых изучению особенностей сцепления местной арматуры периодического профиля с бетоном, не проводилось. В связи с этим изучение данной темы представляет собой важную и сложную задачу.

Вопросы сцепления арматуры с бетоном, а также особенности напряженно-деформационного состояния их контактной зоне и их совместной работы были исследованы в экспериментально-теоретических исследованиях таких зарубежных учёных, как В.Н. Байков, А.А. Гвоздев, А.Р. Гиздатуллин, Н.И. Карпенко, И.Н. Тихонов, В.Г. Хозин, М.М. Холмянский, А.А. Хотько, Н.М. Мулин, С.А. Мадатян, И.Г. Овчинникова, О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, В.В. Бедарев, А.А. Оатул, а также зарубежных специалистов, таких как Рем Г., Дарвин Д., Пековер Дж., Теферс Р.А., Эмпергер Ф., Ынсу Чой. Среди отечественных учёных, внесших вклад в изучение данной проблемы, можно отметить Б.А. Аскарлова, Б.О. Бердиева, З.Ю. Юсупова, Г.С. Дурдиеву, В.Ф. Усманова, С.А. Ходжаева, Ш.Ш. Шаджалилова, С.А. Юсупходжаева, Р.Р. Юсупова и других.

Для решения данной задачи целесообразно исследовать особенности сцепления арматурных стержней с периодическим профилем (ребристой арматуры) с бетоном. Полученные новые результаты позволят уточнить расчётные конструктивные требования для железобетонных конструкций, которые на данный момент изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ образовательного учреждения. Исследования диссертации проводились в рамках хоздоговорной работы, а также договора гранта по теме IL 722209824 “Создание технологии получения конструкций из фибробетона на основе базальта, металла и стекла, соответствующим стандартам и имеющим сейсмическую прочность” Министерства высшего образования, науки и инноваций республики Узбекистан.

Цель исследования. Проведение экспериментально-теоретических исследований влияния конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетоном, а также разработка предложений и рекомендаций по совершенствованию расчетных методов определения прочности сцепления арматуры с бетоном и внедрение их в расчетах железобетонных конструкций.

Задачи исследования:

изучение факторов, влияющих на прочность сцепления арматуры с бетоном и определение конструктивных факторов для проведения экспериментальных исследований;

анализ экспериментальных методов исследования сцепления арматуры с бетоном и обоснование использования выбранного метода в данной диссертационной работе;

проведение экспериментальных исследований по изучению влияния конструктивных факторов на прочность сцепления серповидной арматуры периодического профиля с бетоном, а также анализ полученных результатов;

анализ совместной работы бетона и арматуры, расположенной в центре бетонного образца, при её выдергивании. По результатам исследования установить зависимости прочности сцепления арматуры с бетоном от свойств арматуры и бетона;

разработка математической модели для расчетного определения прочности сцепления арматуры периодического профиля с бетоном и подготовка предложений по расчету длины анкеровки арматуры.

Объект исследования. Образцы из различных бетонов с центрально расположенной выдергиваемой арматурой.

Предмет исследования. Влияние различных конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетонами, совместная работа арматуры с бетоном, длина анкеровки арматуры железобетонных элементов.

Методы исследования. В процессе исследования для определения прочности сцепления арматуры с периодическим профилем с бетоном были применены теоретические и экспериментальные методы. Анализ полученных результатов основывался на “теории сцепления” арматуры с бетоном. В практической части исследования использовались методы, предусмотренные следующими стандартами: ГОСТ 12004-81 и O’zDst 3025-2015 для определения механических характеристик арматуры; ГОСТ 10180-2012 для испытания образцов бетона. Прочность сцепления между арматурным стержнем и бетоном определялась путем выдергивания арматуры, центрально размещённой в бетонном образце. Полученные результаты подвергались статистическому анализу, что позволило оценить характер сцепления и её надежность.

Научная новизна исследования:

были получены новые экспериментальные результаты влияния конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры с периодическим профилем с тяжелым бетоном, керамзитобетоном и базальтофибробетоном. Независимо от вида исследованных бетонов, с повышением диаметра арматуры прочность сцепления уменьшается, с ростом прочности бетона, она увеличивается;

исследованы напряженно-деформационные состояния контактной зоны между арматурой и бетоном, и экспериментально установлено их совместная работа под воздействием растягивающих сил, что их изменения происходят по аналогичным зависимостям;

установлены изменения прочности сцепления в зависимости от геометрических параметров арматуры. Определено, что прочность сцепления арматуры с периодическим профилем до 3,22 раза выше по сравнению с арматурой с гладкой поверхностью;

разработана математическая модель для расчетного определения прочности сцепления арматуры с периодическим профилем и бетона, учитывающая влияние диаметра арматуры и класса прочности бетона на сжатие;

на основе расчетного определения прочности сцепления арматуры с бетоном разработаны рекомендации по их применению для определения и назначения оптимальной длины анкеровки арматуры железобетонных конструкций.

Практические результаты исследования:

получены новые экспериментальные данные по прочности сцепления арматуры периодического профиля класса А400 с тяжелым бетоном, керамзитобетоном и базальтофибробетоном, а также создана возможность определения её технической эффективности;

создана математическая модель для определения расчетного значения прочности сцепления арматуры класса А400 с бетоном, которую рекомендовано использовать в стадии расчета и проектирования железобетонных конструкций;

повышена точность определения прочности сцепления арматуры периодического профиля с бетоном и обеспечена надежность определения длины анкеровки арматуры;

Надежность результатов работы. В экспериментальных исследованиях, проведенных в рамках данной диссертационной работы, методика определения значения сцепления арматуры с бетоном основывается на экспериментальных данных по выдергиванию арматуры из бетона. Испытания проводились с применением стандартных методов и современного оборудования. Произведен сравнительный анализ методами математической статистики; расчетные данные хорошо согласуются с опытными экспериментальными результатами.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что создана математическая модель для расчета прочности сцепления арматуры с бетоном, в которой учитывается диаметр арматуры и прочность бетона. Получены новые экспериментальные результаты по прочности сцепления арматуры класса А400 с тяжелым бетоном, керамзитобетоном и базальтофибробетоном.

Практическая значимость результатов исследования: использование рекомендаций по определению расчетной длины анкеровки арматуры во вновь проектируемых железобетонных конструкциях позволит повысить их надежность, предупредить необоснованное увеличение расхода арматуры и обеспечить экономичность затраты за счет оптимизации длины анкеровки арматуры.

Внедрение результатов исследования:

На основе результатов экспериментально-теоретических исследований влияния конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетоном внедрено следующее:

расчет длины анкеровки и напряженно-деформационного состояния арматуры были использованы при проектировании железобетонных конструкций АО “ТошуйжойЛИТИ” (согласно справке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан №24-06/9710 от 16 сентября 2024 года). Это повысило надежность расчетов в процессе проектирования железобетонных конструкций;

внедрение в образовательный процесс для магистрантов Ташкентского архитектурно-строительного университета разработаны и внедрены учебные материалы по дисциплинам “Основы проектирования строительных конструкций в соответствии с нормами Европейского Союза”, “Реконструкция, обследование и испытания зданий и сооружений”. Это позволило повысить качество подготовки специалистов (справка №24-06/9710 от 16 сентября 2024 года);

практическое применение рекомендаций диссертации внедрены в работу научно-проектного центра ООО “MASSHTAB PROEKT-STROY” (согласно справке №24-06/9710 от 16 сентября 2024 года). Оптимизация длины зон анкеровки арматуры в несущих балках многоэтажных каркасных зданий позволила сократить расход арматуры на 3–5%;

методика проведения испытаний и программное обеспечение для статистической обработки данных внедрены в испытательной лаборатории при АО “Гидропроект” (согласно справке № 24-06/9710 от 16 сентября 2024 года). В результате повысилось качество и надежность испытаний при определении прочности сцепления;

предложения по обновлению действующего стандарта O’zDst 3025-2015 “Арматурный прокат с гладким и периодическим профилем. Технические условия” включены в план работ технического комитета по стандартизации

STQ 21 “Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство” на 2024 год (согласно справке № 24-06/10927 от 17 октября 2024 года). Это повысило уровень требований к арматурным стержням в нормативных документах.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертации обсуждены в 3-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По тематике диссертации опубликованы 21 научных работ, из них 2 статьи в зарубежных журналах, 12 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией республики Узбекистана для публикаций основных научных результатов диссертаций доктора философии, 6 статей в сборниках международных и республиканских конференций.

Состав и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации состоит из 119 страниц, 15 таблиц, 39 рисунков и 4 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснованы актуальность и необходимость диссертационной работы, сформулированы цели и задачи диссертации, приведены объект и предмет исследования, указаны соответствие выполненной работы приоритетным направлениям развития науки и техники республики Узбекистан. Приведены сведения о степени изученности проблемы, практической значимости, надежности и научной новизне полученных результатов исследования, об использовании результатов проведенного исследования в практику проектирования зданий, публикациях по результатам исследований, а также указаны объем и структура диссертационной работы.

В первой главе диссертации **“Анализ результатов экспериментально-теоретических исследований прочности сцепления арматуры с бетоном”** изучены основные факторы, влияющие на прочность сцепления, механизм и особенности совместной работы арматуры с бетоном, методы расчета прочности сцепления арматуры с бетоном и длины её анкеровки.

Согласно выполненного анализа объем экспериментально-теоретических исследований по прочности сцепления местной арматуры с бетонами на сегодняшний день недостаточен. По результатам анализа существующих исследований и важности рассматриваемой темы сформулированы цель и задачи настоящих исследований.

Во второй главе диссертации **“Методы проведения экспериментальных исследований. Изготовление опытных образцов и испытание”** приведены данные по методам выполнения экспериментальных исследований, обоснован выбранный метод определения прочности сцепления арматуры с бетоном, о свойствах материалов и изготовлении

опытных образцов, составах экспериментальных исследований и сведения по методам испытаний.

Для изготовления бетонных образцов бетонная смесь приготавливается согласно требованиям стандартов; прочность бетона в возрасте 28 суток определяется по ГОСТ 10108 и ГОСТ 22690.

Прочность сцепления арматуры с бетоном по методу её выдергивания определялась в специально изготовленном металлическом приспособлении (смотри рис. 2 и 3).

Для оценки эффективности с технической точки зрения определения напряжений сцепления (R_{bd}) арматуры с бетоном выполнено сопоставление часто используемых методов (рис. 1). Причиной этому является то, что в действующем стандарте республики О'zDst 3025-2015 "Прокат арматурный гладкого и периодического профиля. Технические условия" отсутствуют требования по проведению таких лабораторных испытаний.

Прочность сцепления арматуры с бетоном по обоим методам определяют по данной формуле:

$$R_{bd} = \frac{P}{l_{an} \cdot u}, \text{ МПа} \quad (1)$$

- где:
- P – усилие выдергивания арматурного стержня из бетона, kN;
 - l_{an} – длина забетонированной части арматурного стержня (длина анкеровки), см;
 - u – периметр стержня, см;
 - $u = \pi \cdot d$ – (d - средний диаметр арматурного стержня).

На схеме рис. 1 приведены силы, действующие в конструкции "арматура-бетон".

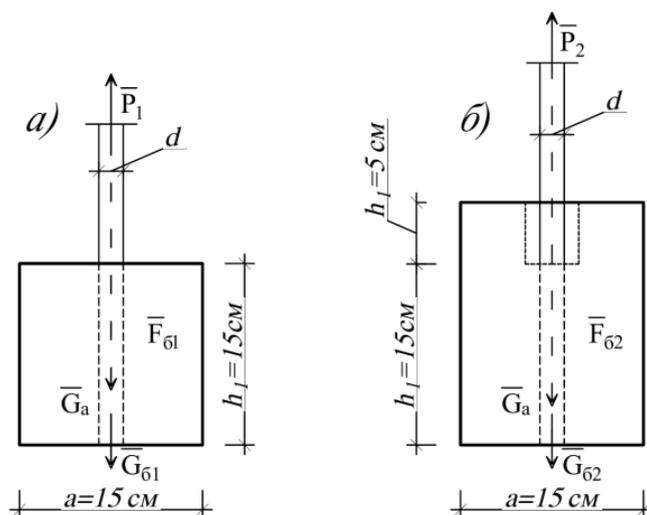


Рис 1. Расчетная схема действующих сил

Действующие силы по схеме "а": \bar{P}_1 – выдергивающая сила; \bar{G}_a – вес арматуры; $\bar{G}_{б1}$ – вес бетона; \bar{F}_6 – силы связи арматуры с бетоном; по схеме "б": \bar{P}_2 – выдергивающая сила; \bar{G}_a – вес арматуры; $\bar{G}_{б2}$ – вес бетона; \bar{F}_6 – силы связи арматуры с бетоном;

Для статических схем, согласно условиям равновесия сил, продольные напряжения равны нулю и связь между $R_{bd,1}$ и $R_{bd,2}$ имеет следующий вид:

$$\frac{R_{bd,2}}{R_{bd,1}} = 1 + \frac{g \cdot \Delta m_6}{(\rho_a \cdot \pi \frac{d^2}{4} \cdot h \cdot g + m_{б1} + P)} \quad (2)$$

ρ_a – плотность арматуры, кг/м³; d – диаметр арматуры, мм; h – длина анкеровки, мм; $g = 9,81$ м/с²; $m_{б1}$ – вес бетона на высоте h , кг; P – усилие выдергивания арматуры, кН; Δm_6 – разница масс, кг.

Второе слагаемое уравнения (2) при малых значениях всегда $R_{bd,2}/R_{bd,1} > 1,0$. Поэтому экспериментальные исследования следует проводить по первой схеме. Согласно вышеприведенного анализа определено, что $R_{bd,2} > R_{bd,1}$.

При проведении экспериментов по второй схеме в процессе загрузки опытных образцов высока вероятность концентрации напряжений в местах перехода на участок, где отсутствует сцепление арматуры с бетоном.

В настоящих экспериментальных исследованиях для изготовления бетонных образцов был использован портландцемент марки ЦЕМ II/A 32,5Н, АО “Қизилқумцемент” с нормальной густотой 27 % и активностью 38.2 МПа.

В качестве крупного заполнителя использован гранитный щебень фр. 5 – 20 мм. В качестве мелкого заполнителя использован кварцевый песок.

Базальтовая фибра (производитель ООО “MEGA INVEST INDUSTRIAL”) длиной 20 мм.

Для приготовления керамзитобетона использовались местный керамзитовый заполнитель и мелкий песок.

В экспериментах использовалась арматура периодического профиля класса А400 марки 35ГС и гладкая арматура класса А240. Арматуры изготовлены в АО “Узметкомбинат” (г. Бекабад).

Для проведения намеченных экспериментов были выбраны по три класса прочности тяжелого бетона, керамзитобетона и базальтофибробетонов.

Прочность бетона является изменчивой характеристикой, поэтому для определения её фактической прочности кроме испытаний контрольных образцов, также дополнительно проводились испытания неразрушающим методом прибором ОНИКС-2.5.

Для определения прочности сцепления арматуры с бетоном экспериментальные исследования проводились испытанием опытных образцов на гидравлических разрывных машинах ГМР-1 (рис.2) и РМГ-50 (рис.3).



Рис.2. Общий вид проведения испытаний образцов на разрывной машине ГМР-1



Рис.3. Экспериментальное определение прочности сцепления на гидравлической разрывной машине РМГ-500

В качестве конструктивных факторов для проведения экспериментальных исследований определены следующие:

- арматура класса А400-арматурные стержни диаметрами 12, 18 и 25мм;
- арматура класса А240-арматурный стержень диаметром 12мм;
- геометрические параметры арматуры - высота поперечных ребер и расстояние между ними;
- вид бетона-тяжелый бетон, керамзитобетон и базальтофибробетон;
- классы тяжелого бетона по прочности на сжатие-В15, В20 и В30;
- классы керамзитобетона по прочности на сжатие-В12,5, В15 и В25;
- классы базальтофибробетона по прочности на сжатие-В15, В20 и В22,5.

В третьей главе диссертации “**Экспериментально-теоретические исследования прочности сцепления арматуры периодического профиля с разными бетонами**” изложены вопросы влияния диаметра арматуры и прочности тяжелого бетона, керамзитобетона и базальтофибробетона на прочность сцепления, геометрических параметров, совершенствования расчетного метода определения рассматриваемой характеристики.

Влияние диаметра арматуры на прочность сцепления изучалось с использованием арматурных стержней класса А400 диаметрами 12, 18 и 25 мм. При этом классы тяжелого бетоны были приняты равными В15, В20 и В30. Средние значения результатов исследований приведены в таблице 1.

Средние значения результатов экспериментальных исследований

Таблица 1

Класс бетона	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность бетона, МПа	Прочность сцепления арматуры с бетоном, МПа		
			Диаметр арматуры, мм		
			12	18	25
B15	2235	22,6	6,6	6,3	5,0
B20	2340	27,2	8,6	7,4	5,5
B30	2355	41,6	10,2	8,7	6,9

Согласно данным таблицы 1, прочность сцепления арматуры уменьшается с ростом её диаметра. Анализ полученных результатов показывает, что такая зависимость получена и в других исследованиях, однако разница в значениях этого показателя, потому что профили поверхности арматурных стержней могут быть разными (рисунок 4).

Характер разрушения опытных образцов также зависит от напряженно-деформированного состояния между арматурой и бетоном.

При максимальном значении напряжения (σ_{max}), превышающем прочность бетона на растяжение (R_{bt}), в образце образуются продольные трещины, разделяющие его на две или три части. Если $\sigma_{max} < R_{bt}$, то в бетоне разрушение происходит от разлома.

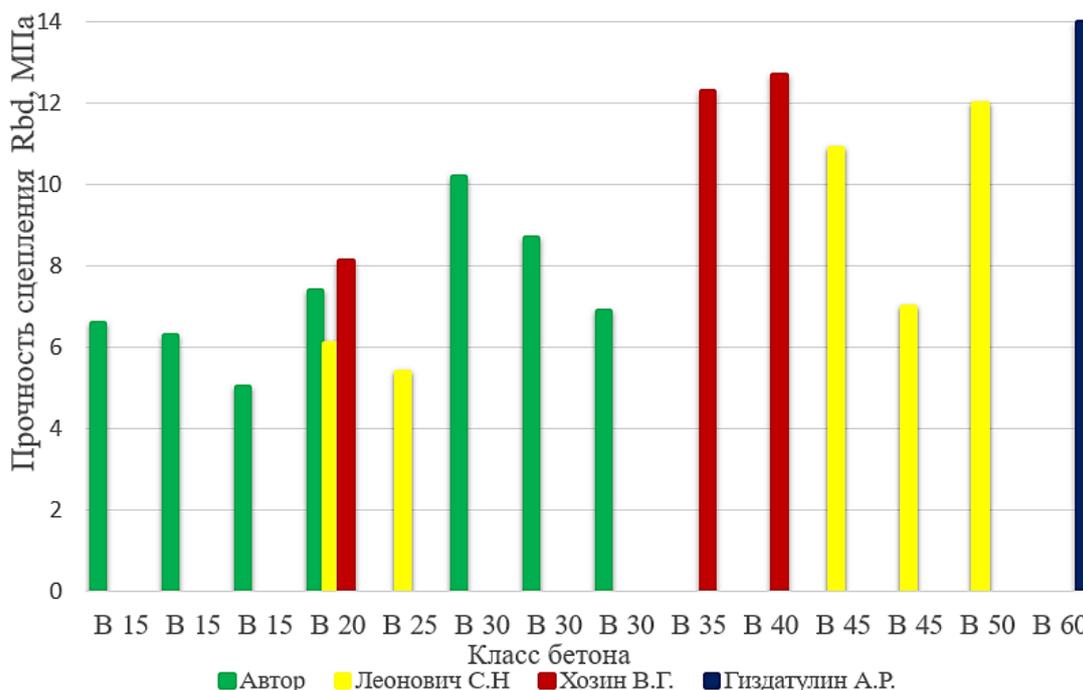


Рис. 4. Изменение прочности сцепления арматуры с бетоном в зависимости от класса бетона

Графики изменения удлинения незагруженной части арматуры от поэтапного нагружения приведены на рис.5.

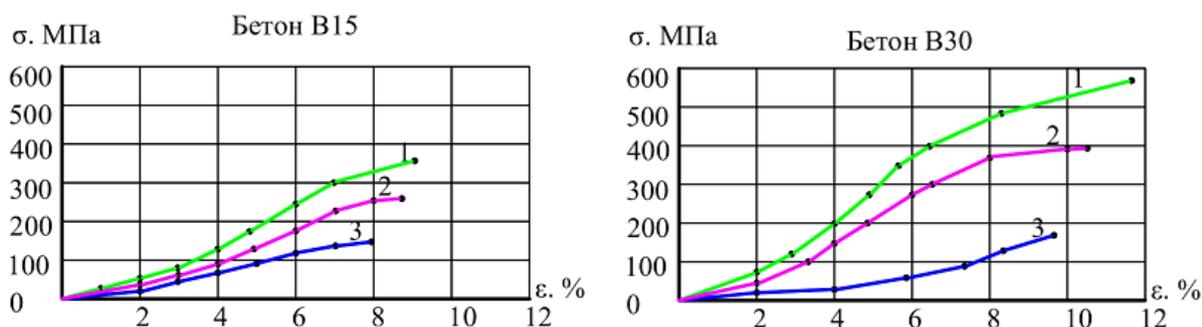


Рис. 5. Графики изменения удлинения незагруженной части арматуры

1- диаметр арматуры 12 мм; 2- диаметр арматуры 18 мм; 3- диаметр арматуры 25 мм

Результаты экспериментальных исследований, проведенных для оценки влияния диаметра арматуры и класса конструкционного керамзитобетона на прочность сцепления, приведены в таблице 2.

Результаты исследований

Таблица 2

Класс керамзитбетона	Прочность керамзитбетона на день испытаний, МПа	Параметры статического распределения	Диаметр арматуры, мм		
			12	18	
B12,5	17,2	R_{bd}	6,1	5,5	
	18,0		S_m	0,67	0,36
	15,5		ν	6,1	7,2
Среднее значение	16,9		-	-	
B15	21,6	R_{bd}	7,5	6,4	
	22,6		S_m	0,31	0,65
	21,8		ν	4,85	7,3
Среднее значение	22,0		-	-	
B25	34,6	R_{bd}	9,9	8,8	
	33,4		S_m	0,36	0,46
	32,8		ν	8,4	4,95
Среднее значение	33,6		-	-	

Приложения. R_{bd} – среднее арифметическое значение прочности сцепления, МПа; S_m – среднеквадратичное отклонение; ν – коэффициент вариации, %.

Как известно, одним из факторов, определяющих прочность сцепления арматуры с бетоном, является клеящая способность цементного геля, т.е. его расход в составе бетона. Анализ результатов исследований по данному вопросу показывает, что прочность сцепления арматуры диаметром 12 мм с конструкционным керамзитобетоном можно определять по следующей формуле:

$$R_{bd} = 1,3 \cdot K_a \cdot r_0 \cdot \sqrt{R_b(t_0)}, \text{ МПа} \quad (3)$$

где: r_0 – удельное содержание цемент+песок в составе бетонной смеси; $R_b(t_0)$ – прочность керамзитобетона в момент нагружения, МПа; K_a – коэффициент, учитывающий влияния формы поверхности арматуры; $K_a = 1,0$

– для арматуры гладкой поверхности; $K_a = 1,9$ – для арматуры периодического профиля; 1,3 – коэффициент, зависящий от свойств пористого заполнителя.

Данная модель справедлива для класса керамзитобетона В12,5 - В25 при прочности $R_b(t_0) \geq R_{b,28}$. На рис.6 приведены зависимости полученных результатов. По результатам исследований наблюдается разница между прочностью сцепления арматуры диаметром 12 мм и 18 мм.

Расчетное значение прочности сцепления для арматуры диаметром 12 мм с керамзитобетоном по формуле (3), приведенных в таблице 2, по сравнению с опытными составляет 0,93, т.е. разница составляет 7 %. Такое сопоставление для арматуры диаметром 18 мм равно 0,9, т.е. меньше в среднем на 10 %.

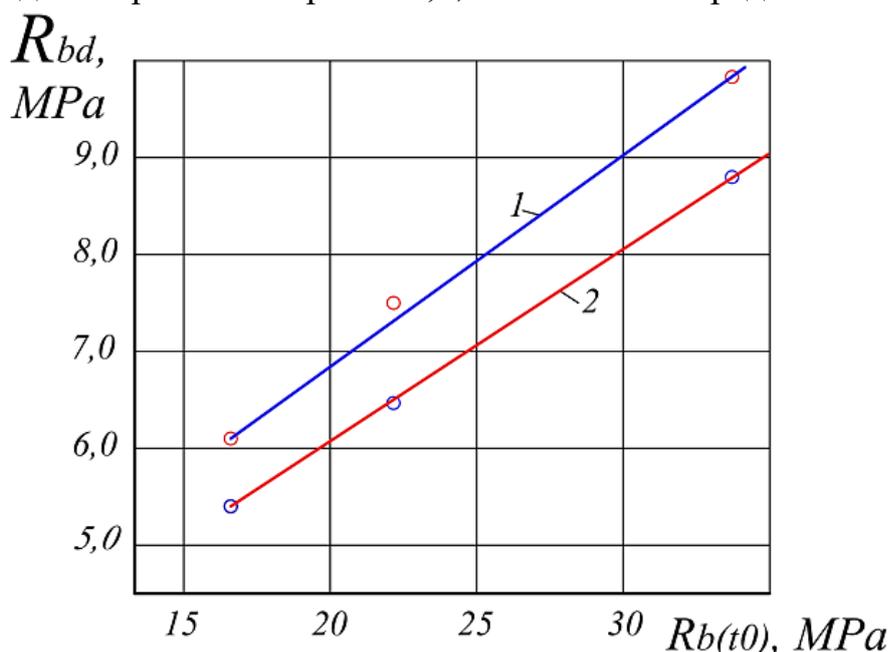


Рис. 6. Зависимость прочности сцепления арматуры с керамзитобетоном от его класса
1 – диаметр арматуры 12 мм; 2 – диаметр арматуры 18 мм

В таблице 3 приведены результаты исследований по изучению прочности сцепления арматуры класса А400 диаметрами 12, 18 и 25мм, а также арматуры класса А240 диаметром 12 мм с базальтофибробетоном, приготовленного на местных сырьевых материалах. В данной таблице также приведены результаты исследований прочности сцепления с базальтофибробетоном для арматуры класса А240 диаметром 12 мм, которая имеет тенденцию роста с повышением прочности таких бетонов. Рост прочности от 21,2 МПа до 30,1 МПа обеспечивает повышение прочности сцепления от 1,54 МПа до 2,24 МПа, т.е. рост прочности сцепления составляет 45%. Основными причинами этому являются повышение цементной массы (возрастает адгезия) и равномерное распределение базальтовых волокон в объеме бетона, т.е. “ровинги” при использованной технологии расщепляются на отдельные волокна.

Прочность сцепления арматуры с базальтофибробетоном

Таблица 3

Класс базальтофибробетона	Прочность бетона, МПа	Класс арматуры	Прочность сцепления арматуры с бетоном, МПа		
			Диаметр арматуры, мм		
			12	18	25
В15	21.6	А240	1.52	-	-
	21.5		1.59	-	-
	20.4		1.5	-	-
Среднее значение	21.2(20.6)		1.54		
В15	21.6	А400	5.69	4.95	3.25
	21.5		5.67	5.02	3.16
	20.4		6.16	4.45	3.07
Среднее значение	21.2(20.6)		5.84	4.81	3.16
В20	28.41	А240	2.12	-	-
	27.83		2.22	-	-
	24.2		1.90	-	-
Среднее значение	26.8(27.8)		2.08		
В20	28.41	А400	6.10	5.4	3.66
	27.83		5.93	4.8	3.35
	24.2		6.55	4.81	3.00
Среднее значение	26.8(27.8)		6.19	5.0	3.34
В22.5	29.28	А240	2.32	-	-
	30.24		2.28	-	-
	30.82		2.12	-	-
Среднее значение	30.1(32.0)		2.24		
В22.5	29.28	А400	6.48	5.30	4.22
	30.24		6.50	5.64	3.94
	30.82		6.37	4.95	4.54
Среднее значение	30.1(32.0)		6.45	5.3	4.23

Примечания. 1. В скобках значения, измеренные прибором ОНИКС 2.5.

2. Средняя плотность бетона в естественном состоянии составляет 2260-2270 кг/м³.

По данным, приведенным в таблице 3, можно также определить, что прочность сцепления арматуры периодического профиля на много больше, чем аналогичная характеристика для арматуры класса А240 при прочих равных условиях. По результатам такого сопоставления прочность сцепления арматуры диаметром 12мм с бетоном класса В15 в 3,8 раза, с бетоном класса В20 в 3,0 раза и с бетоном класса В22,5 в 2,88 раза больше, среднее значение которого равно 3,22, чем прочность сцепления арматуры гладкой поверхности. Такой результат объясняется тем, что адгезия по поверхности арматуры разная и её поперечные ребра зацепляются с бетоном. Изменения прочности сцепления арматуры с базальтофибробетоном проявляется по существующей “теории сцепления” и происходит по известным закономерностям. Полученные экспериментальные результаты были проанализированы с использованием коэффициентов, учитывающих влияния изменений диаметра арматуры и прочности бетона.

Изменения коэффициента K_d , учитывающего влияния диаметра арматуры для базальтофибробетона, приведены на рис.7.

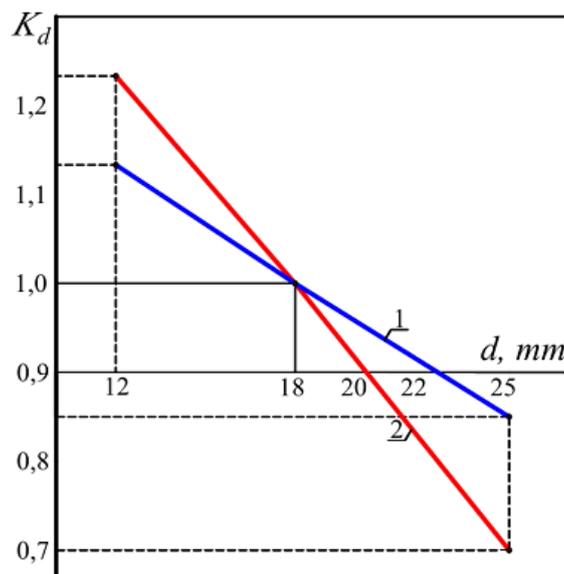


Рис. 7. Изменения коэффициента K_d , учитывающего влияния диаметра арматуры класса А400, на прочность сцепления
 1 – тяжелый бетон; 2 – базальтофибробетон

Прочность сцепления арматуры диаметром 12 мм с базальтофибробетоном на 10% больше, чем с арматурой диаметром 18 мм; Прочность сцепления арматуры диаметром 25 мм с базальтофибробетоном на 15% меньше, чем с арматурой диаметром 18 мм. Причиной этому является влияние дисперсного армирования на формирование структуры и контактной зоны бетона с арматурой, а также давления между ними.

Изменения коэффициента (K_b), учитывающего влияния класса базальтофибробетона, приведены на рис.8.

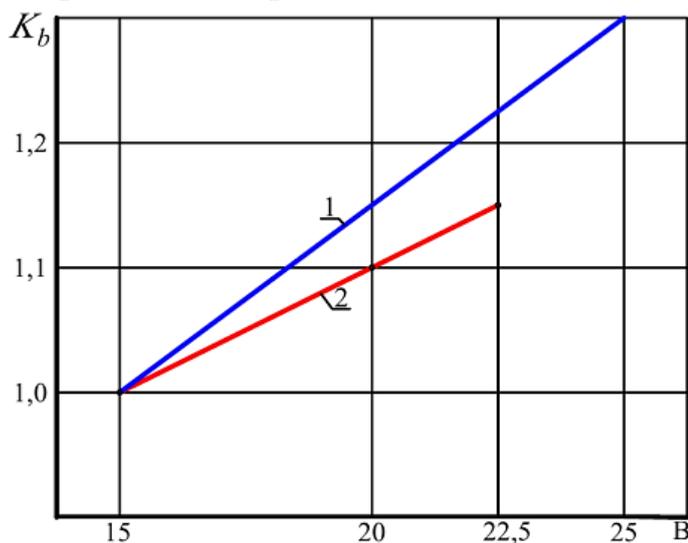


Рис. 8. Изменения коэффициента K_b , учитывающего влияния класса бетона базальтофибробетона, на прочность сцепления
 1 – тяжелый бетон; 2 – базальтофибробетон

Экспериментальные результаты, приведенные выше, были получены на гидравлическом прессе (ПГМ-1000МГ4) и разрывной машине (РГМ-500МГ4), работа которой контролируется компьютерным управлением. Деформации смещения арматуры, которые возникают в процессе её выдергивания, измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм и испытательной машиной (рис.9.)

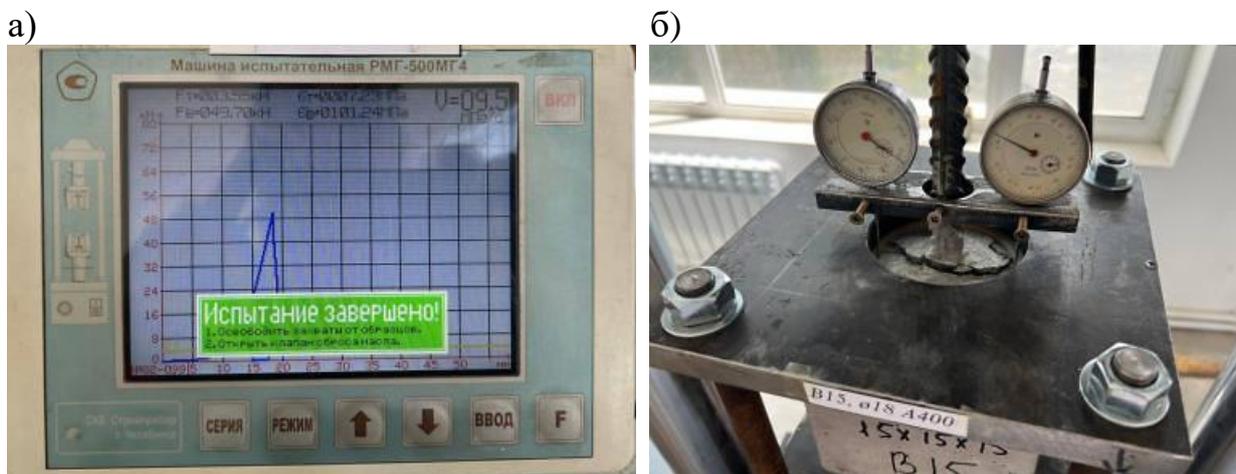
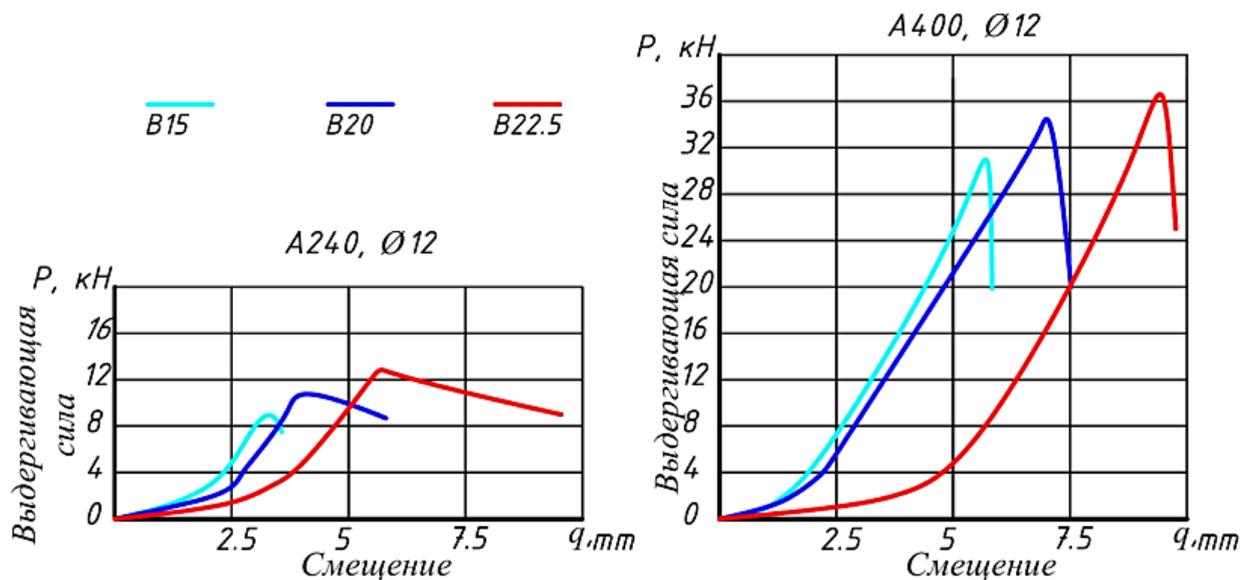


Рис. 9. Измерение смещения арматуры в процессе её выдергивания компьютером (а) и индикаторами (б)

Графические изображения, полученные в экспериментальных исследованиях, для отдельных образцов приведены на рис.10.



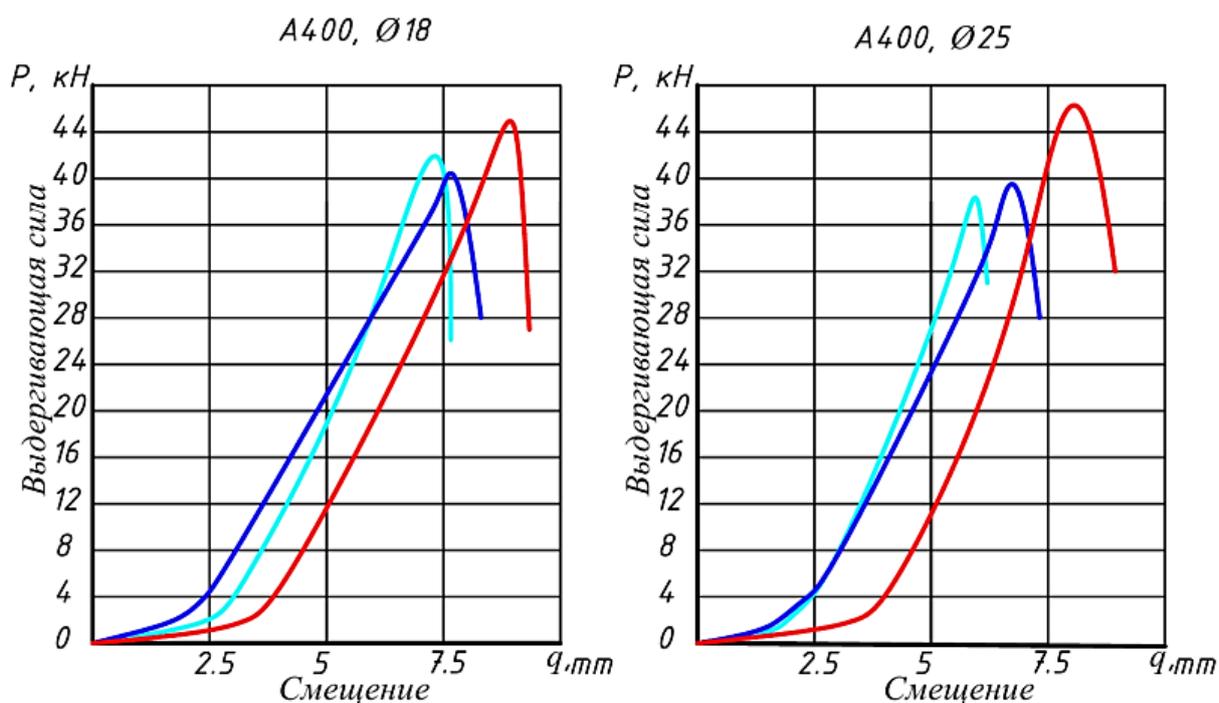


Рис. 10. Графики изменения смещений арматуры во время её выдергивания из базальтофибробетонных образцов

Согласно данным экспериментов, в начальной стадии нагружения образцов силы сцепления проявляются за счет адгезии. В этом состоянии смещения очень малы и прочность сцепления превышает 0,5 – 1,0 МПа, т.е. равно порядка 50 – 60 % прочности сцепления гладкой арматуры. Такое состояние оценивается упругой работой, незаметны поперечные деформации бетона. Первые трещины в бетонном образце образуются, по всей вероятности, в конце упругой работы и с повышением выдергивающей силы наступает новое напряженно-деформированное состояние. Прочность сцепления на данном этапе формируется за счет периодического профиля арматуры, её геометрических параметров и зацепления. По высоте образца распределения напряжения неравномерное, высокие значения которого наблюдаются в средней части образца. В таком состоянии образование первых трещин происходит за счет разрушения контактов и напряжений, превышающих прочность бетона на растяжение. Кроме того, в этот момент наблюдается начало смещения арматурного стержня по отношению к поверхности бетонного образца.

По результатам экспериментальных исследований прочности сцепления арматуры с базальтофибробетоном можно констатировать, что характер разрушения образцов различны (рис.11). Причиной этому является то, что условия совместной работы арматуры с базальтофибробетоном несколько другие.



Рис. 11. Характер разрушения бетонных образцов из базальтофибробетона при выдергивании центрально расположенных арматурных стержней

При выдергивании гладких арматурных стержней из базальтофибробетонных образцов продольные трещины не образуются, так как прочность сцепления при этом в 2 – 3,5 раза меньше, чем у образцов с арматурой периодического профиля.

Значения смещений арматурных стержней из базальтофибробетонных образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Прочность базальтофибробетона, МПа	Класс арматуры	Смещение, мм		
		Диаметр арматуры, мм		
		12	18	25
21,2	A240	3,32	–	–
26,8		3,79	–	–
30,1		6,18	–	–
21,2	A400	9,03	7,63	6,72
26,8		7,55	7,54	6,08
30,1		9,08	8,87	7,98

Приложение. Приведены средние значения.

Для арматуры класса A240 смещения в зависимости от прочности базальтофибробетона по данным экспериментов составили 3,3 – 6,2 мм. Для арматуры класса A400 этот показатель имеет тенденцию к снижению с уменьшением диаметра арматуры и изменяется в пределах 6,08 – 9,08 мм, на которое влияет присутствие в составе бетона базальтовых волокон, способствующие повышению трения с арматурой.

В проведенных экспериментальных исследованиях арматура класса A400 диаметром 25мм с бетонами классов B20 и B30 имеет те же изменения, т.е. максимальное напряжение наблюдается после предела текучести. Геометрические параметры арматуры периодического профиля серповидной формы приводятся в таблице 5.

Арматура периодического профиля согласно данным стандартов различных стран имеет разные величины по геометрическим параметрам.

Геометрические параметры арматуры периодического профиля

Таблица 5

Нормативный документ	d_H	e	t	h_1	h_s	h_{SV}	b_1	b_2	α град	Вид поверхности	f_R
	мм										
EN 10080 (Евронорма) [75]	25	$> b_1$	12-25	2	1,25-2,0	-	-	-	35-75	С	0,054
ГОСТ 5781[22]	25	-	8,6	1,5	2,1	1,79	2,7	1,8	75	К	0,204
BS 44499 (Британия)	25	5,6	17,5	2,1	2,5	1,7	3,2	2,2	60	С	0,05
O'z Dst – 3025[26]	25	-	15,0	1,7			1,2	2,0	45	С	0,056
	12	-	9,0	1,2			0,7	2,0	45	С	0,056
	18	-	12,0	1,5			1,0	2,5	45	С	0,056
ТУ 14 – 1 – 5254 - 2006 [76]	25	5,0	13	2,5	1,63	-	2,5	2,5	35-60	С	0,056
	12	2,5	7	1,2	0,8	-	1,2	1,2	35-60	С	0,056
	18	3,5	10	1,5	1,1	-	1,8	1,8	35-60	С	0,056

Приложения: Условные обозначения приведены согласно чертежам стандартов. К - кольцевая; С - серповидная. b_1 – высота продольных ребер; b_2 – ширина поперечных ребер; h_1 – высота поперечных ребер.

Применение арматуры серповидной формы, удовлетворяющая по геометрическим параметрам требований стандартов для изготовления несущих железобетонных конструкций, особенно для сейсмических районов имеет важное значение, надежность которых во многом зависит от прочности сцепления арматуры с бетоном.

На основе анализа результатов экспериментальных исследований установлена возможность использования следующей математической модели для расчетного определения прочности сцепления арматуры периодического профиля серповидной формы с тяжелыми бетонами:

$$R_{bd} = K_d \cdot K_b \cdot K_{tb} R_{bd}^n \quad (4)$$

где:

K_d – коэффициент, учитывающий влияния диаметра арматурного стержня; $K_d = 1,1$ – при диаметре арматуры менее 18 мм для базальтфибробетона; $K_d = 0,85$ при диаметре арматуры более 18 мм;

K_b – коэффициент, учитывающий влияния класса бетона; K_{tb} – коэффициент, зависящий от вида бетона; $K_{tb} = 1,0$ – для тяжелого бетона; $K_{tb} = 0,95$ – для базальтофибробетона; R_{bd}^n – условно принятое нормативное значение прочности сцепления арматуры с бетоном ($d = 18$ мм и класс бетона В15).

В формуле (4) значение R_{bd}^n определяют испытанием центрально расположенного арматурного стержня класса А400 в бетонном кубе или призме при возрасте образца 28 суток и длине анкеровки не менее $6 \cdot d$.

По данным собранных материалов для расчетного определения коэффициентов K_d и K_b , входящих в состав модели (4), предлагается соответственно следующие зависимости:

$$K_d = \frac{68-d}{50} \quad (5)$$

$$K_b = \frac{18+B}{33} \quad (6)$$

где:

d – диаметр арматуры, мм; B – класс бетона по прочности на сжатие.

Согласно результатам экспериментов, для арматуры периодического профиля местного производства значение R_{bd}^n равно 6,0 МПа.

Значения параметров статистического распределения предлагаемых зависимостей (5) и (6) достаточно высоки; среднее значение отношения расчетных и опытных величин коэффициента K_d 1,06 при коэффициенте вариации 3,9%. Аналогические показатели для коэффициента K_b соответственно равны 0,97 и 5,9%. Такие результаты подтверждают высокую степень использования рекомендуемых линейных зависимостей.

Графические изменения коэффициентов K_d и K_b соответственно приводятся на рис. 7 и 8.

В четвертой главе диссертации **“Расчет длины анкеровки арматуры железобетонных изгибаемых элементов”** приводятся результаты расчета длины анкеровки арматуры, предложение по совершенствованию существующего метода расчета длины анкеровки арматуры, а также данные анализа технико-экономических показателей внедрения результатов исследований.

Методика расчета длины анкеровки арматурных стержней по ЕН 1992-1-1 Еврокод 2. “Проектирование железобетонных конструкций” и СП 63.13330.2018 “Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения” близки между собой.

Согласно КМК 2.03.01-96 “Бетонные и железобетонные конструкции” расчет длины анкеровки арматуры относительно оси растянутых и сжатых элементов должно вводиться не менее l_{an} и определяется с помощью эмпирической формулы.

В соответствии с ростом диаметра арматуры и её нормативного сопротивления можно увеличить длину анкеровки, а с ростом сцепления арматуры с бетоном, ее можно уменьшать.

На основе полученных выводов и анализа коэффициента η_3 согласно ЕН 1992 -1-1 можно будет совершенствовать методику его расчета. Для этого, используем максимальные значения сил по формуле(7), после чего можно будет определять значение коэффициента η_3

$$\eta_3 = \frac{\sigma_{s,max} \cdot \phi}{4 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ct} \cdot l_{an}} \quad (7)$$

Для анализа данного вопроса также были использованы результаты других экспериментальных исследований, потому что условия опытов очень близки между собой, разница лишь в классах арматуры. В наших опытах была использована местная арматура класса А400 диаметром 25мм, в других опытах использована арматура класса А500 того же диаметра (класс бетона В25).

Полученные таким образом опытные значения коэффициента η_3 приведены в таблице 6. Согласно данным этой таблицы, максимальные значения выдергивающего напряжения согласно прочности бетона изменяется от 132МПа до 181МПа: значение f_R постоянное. При этом значение коэффициента η_3 не изменяется. При классе бетона В25 ($f_R=\text{const}$) по результатам сравнения максимальное напряжение изменяется от 485 МПа до 618МПа. Изменения коэффициента η_3 соответственно располагается в пределах 3.7÷4.56 и 3.9÷6.96. Полученные результаты можно объяснить особенностями работы арматуры серповидного профиля в составе бетона.

Опытные значения коэффициента η_3

Таблица 6

Класс бетона (арматура)	h_s , мм	f_R	l_{an} , мм	σ_s , max МПа	f_{bt} , МПа	Коэффициент η_3 (эксперимент)	
В15 (А400)	1.3	0.056	150 (6·d)	132	1.75	4.49	
	1.3	0.056		134		4.56	
	1.3	0.056		130		4.42	
В20 (А400)	1.29	0.055		142	2.25	3.76	
	1.3	0.056		140		3.70	
	1.31	0.058		140		3.70	
В30 (А400)	1.29	0.055		181	2.75	3.92	
	1.3	0.056		175		3.79	
	1.31	0.058		176		3.81	
В25* (А500)	2.5	0.08		125 (5·d)	495	5.11	6.92*
	2.5	0.08			498		6.96
	2.5	0.08			495		6.92
В25* (А500)	2.5	0.08	175 (7·d)	535	5.11	5.34	
	2.5	0.08		536		5.35	
	2.5	0.08		536		5.35	
В25* (А500)	2.5	0.08	200 (8·d)	555	5.11	4.85	
	2.5	0.08		550		4.81	
	2.5	0.08		552		4.82	
В25* (А500)	2.5	0.08	275 (11·d)	618	5.11	3.9	
	2.5	0.08		616		3.9	
	2.5	0.08		616		3.9	

Примечания: * - результаты относятся к арматуре класса А500 серповидной формы профиля; h_s – высота поперечного ребра; f_R – относительная площадь смятия (индекс $P_{эм}$); l_{an} – длина анкеровки арматуры; $\sigma_{s,max}$ – максимальное напряжение в арматуре при ее выдергивании; f_{bt} – сопротивление бетона на растяжение.

Фактическое значение коэффициента $\eta_3=3.7÷6.96$ от 1.65 до 3.1 раза больше, чем его нормативное значение ($\eta_3=2.25$). Это, в свою очередь, доказывает, что прочность сцепления арматуры периодического профиля и длина ее анкеровки могут быть разными.

На основе вышеприведенных материалов можно прийти к следующему выводу: длина зоны анкеровки арматуры и прочность сцепления зависят друг

от друга. По этим данным можно вывести расчетную формулу для определения длины анкеровки арматуры.

Прочность сцепления арматуры с бетоном находят по формуле(1):

Из этой формулы определяют усилие (P) в арматуре:

$$P = R_{bd} \cdot l_{an} \cdot \pi \cdot d \quad (8)$$

где: d – диаметр арматуры.

Напряжение в арматурном стержне:

$$\sigma_n = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \quad (9)$$

После сложения формулы (8) в формулу (9) получим,

$$\sigma_n = \frac{4 \cdot R_{bd} \cdot l_{an} \cdot \pi \cdot d}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot R_{bd} \cdot l_{an}}{d} \quad (10)$$

Если принят, что $\sigma = R_s$ то формула для расчета длины анкеровки арматуры имеет следующий вид:

$$l_{an} = \frac{R_s \cdot d}{4 \cdot R_{bd}} \quad (11)$$

R_{bd} – прочность сцепления арматуры с бетоном в формуле (11) определяется по предложению данной работы.

В завершающей части диссертации приведены результаты анализа технико-экономических показателей от внедрения предложений и рекомендаций настоящей работы.

ВЫВОДЫ

На основе результатов экспериментально-теоретических исследований диссертации: “Влияние конструктивных факторов на прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетоном”, выполненных по диссертационной работе доктора философии (PhD), представлены следующие основные выводы:

1. Вопросы сцепления арматуры периодического профиля до настоящего времени изучались и изучаются в широких масштабах. Проведенные исследования в основном выполнены в зарубежных странах, в нашей республике объем системных исследований с использованием местной арматуры недостаточен.

2. Экспериментальное определение напряжения сцепления между арматурой и бетоном проводилось в основном в бетонных образцах с центрально расположенным арматурным стержнем, использование которого доказало получение реальных результатов. Использование такого метода было обосновано в настоящей диссертационной работе.

3. По результатам исследований влияния конструктивных факторов на прочность сцепления установлены следующее:

- прочность сцепления арматуры с керамзитобетоном в среднем на 10% больше, чем аналогичная характеристика тяжелого бетона;

- прочность сцепления арматуры с базальтофибробетоном при диаметре арматуры 12 мм на 10% больше, чем аналогичная характеристика тяжелого бетона; при диаметре 25мм на 15% меньше;

- прочность сцепления арматуры периодического профиля в среднем в 3,22 раза больше, чем прочность сцепления с арматурой гладкой поверхностью.

Установленные характеристики связаны с особенностями свойств бетонов и сформированной контактной зоны вокруг арматуры.

4. На основе анализа установленных зависимостей предложена математическая модель для расчетного определения прочности сцепления арматуры с бетоном. Сопоставление величин прочности сцепления с бетоном, определенных по разработанной математической модели и рассчитанных по методам нормативных документов, показала, что разница между расчетными и опытными данными (разница не более 10%) является минимальной; определены высокие показатели параметров статистического распределения.

5. Для расчетного определения длины зоны анкеровки арматуры предложено использовать методы действующих нормативных документов (евронормы), внося в них прочность сцепления арматуры с бетоном по предлагаемой математической модели. При этом обеспечивается наилучшее совпадение расчетных значений с экспериментальными данными. Для выполнения этих расчетов разработаны рекомендации, использование которых позволит сэкономить рабочую арматуру до 3-5%.

6. Внедрение результатов диссертационной работы в практику проектирования железобетонных конструкций обеспечит их надежность, а также долговечность строящихся зданий и сооружений. Исследованные характеристики железобетонных элементов имеют важное практическое значение при определении их предельных состояний.

7. Для проведения экспериментальных исследований по выдергиванию центрально расположенного арматурного стержня из бетонного образца созданы программы для статистической обработки результатов испытаний и расчетного определения прочности сцепления арматуры с бетоном, на которые получены свидетельства Министерства юстиции Республики Узбекистан, подтверждающие интеллектуальную собственность (№DGU 11325 , № 24777 и № 27718).

8. Результаты исследований по изучению прочности сцепления арматуры с разными бетонами дают основание предложить включение в действующий стандарт O'zDst 3025-2015 "Прокат арматурный гладкого и периодического профиля. Технические условия" республики определение этой характеристики.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AWARDING THE
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT UNIVERSITETE OF
ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

**TASHKENT UNIVERSITETE OF ARCHITECTURE AND CIVIL
ENGINEERING**

KHUJAEV DAVLATKHUJA KHASAN UGLI

**THE INFLUENCE OF STRUCTURAL FACTORS ON THE BOND
STRENGTH BETWEEN REINFORCEMENT OF PERIODIC PROFILE
AND CONCRETE**

05.09.01 - Building structure, buildings and structures

DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Tashkent -2024

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 B2023.2.PhD/T3768

The dissertation was conducted at the Tashkent university of architecture and civil engineering. The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) it is web pages at (www.taqi.uz) and information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Scientific advisor: **Yusupov Rakhimbay Rikhsibaevich**
candidate of technical sciences, ass.prof.

Official opponents: **Khodjayev Saidaglam Agloyevich**
doctor of technical sciences, professor

Berdiyev Oblakul Bobakulovich
candidate of technical sciences, ass.prof.

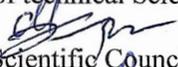
Leading organization: **JSC "Uzogirsanoatloyiha"**

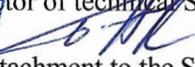
The defence of the dissertation will take place on « 19 » december 2024 at 12⁰⁰ at the Scientific Council numbered DSc.26/30.12.2019.T.11.01 meeting at Tashkent University of Architecture and Civil Engineering as the following address: 100011, Tashkent, Yunusobod, street Yangi shahar 9, Building 4, 5th floor tel/faks (55) 508-50-14, 508-03-12 e-mail: devon@taqu.edu.uz.

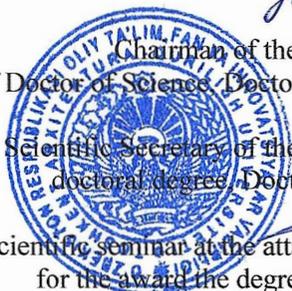
The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent University of Architecture and Civil Engineering (registration number № 135). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100011, Tashkent, Yunusobod, street Yangi shahar 9, Tel: (+ 99890) 372-71-94, faks (+ 99871) 234-15-11, Email: taqi_atm@edu.uz.

The abstract of the dissertation has been sent out « 6 » december 2024 year. (register of the mailing protocol № 46 from « 23 » october 2024 year).


Kh.A. Akramov
Chairman of the Scientific Council for the award
the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor


I.I. Siddikov
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award
doctoral degree, Doctor of technical Sciences, ass.prof


B.A. Askarov
Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council
for the award the degree of Doctor of technical Science,
Doctor of technical Science Professor



INTRODUCTION (abstract for the dissertation of doctor of philosophy in technical sciences (PhD))

The object of research. The objective of this research is to conduct experimental-theoretical studies focused on examining the impact of structural factors on the bond strength between deformed reinforcement bars and concrete. Additionally, the research aims to develop proposals and recommendations for determining the bond strength between reinforcement and concrete using a calculation method and to implement these findings into the practice of designing reinforced concrete structures.

The subject of the research.

1. Study and analyze technical literature and scientific articles related to the factors that determine the bond strength between reinforcement and concrete.
2. Analyze experimental methods for studying the bond between reinforcement and concrete and justify the selection of the method used in this dissertation.
3. Conduct new experimental studies to investigate the impact of structural factors on the bond strength between crescent-shaped deformed reinforcement bars and concrete, and analyze the results obtained.
4. Analyze the interaction between concrete and reinforcement located at the center of a concrete sample during pull-out tests. Based on the research results, determine the bond strength of the reinforcement, considering the specific properties of the reinforcement and concrete.
5. Develop a mathematical model for calculating the bond strength of ribbed reinforcement to concrete and prepare proposals for calculating the anchorage length of the reinforcement.

The scientific novelty of the research is:

new experimental results have been identified regarding the influence of structural factors on the bond strength of reinforcement with a periodic profile in heavy concrete, lightweight aggregate concrete, and basalt fiber-reinforced concrete. According to the obtained data, regardless of the type of concrete studied, the bond strength decreases as the diameter of the reinforcement increases and decreases as the concrete strength increases;

the stress-strain states in the contact zone between the reinforcement and the concrete were investigated, and it was experimentally proven that they change together under the influence of tensile forces. It was demonstrated step by step that these changes occur according to similar dependencies;

changes in bond strength depending on the geometric parameters of the reinforcement were established. It was determined that the bond strength of reinforcement with a periodic profile is up to 3.22 times higher compared to reinforcement with a smooth surface;

a mathematical model was developed to calculate the bond strength of reinforcement with a periodic profile and concrete, taking into account the influence of reinforcement diameter and concrete compressive strength classes;

based on the calculated determination of the bond strength of reinforcement with concrete, recommendations were developed for their application in defining and assigning the optimal anchorage length for reinforcement in reinforced concrete structures.

Practical research results:

- New experimental data were obtained on the bond strength of locally produced A400-grade deformed reinforcement bars with heavy concrete, lightweight aggregate concrete, and basalt fiber-reinforced concrete, enabling the assessment of their technical efficiency.

- Mathematical models were developed for determining the calculated bond strength of A400-grade reinforcement with concrete, with recommendations for their use in the calculation and design of reinforced concrete structures.

- The accuracy of determining the bond strength between deformed reinforcement bars and concrete has been improved, ensuring more reliable calculations for the anchorage length of reinforcement.

- The research demonstrated an increase in the accuracy of crack resistance calculations for flexural reinforced concrete elements, taking into account the bond strength between reinforcement and concrete, in accordance with European standards.

Implementation of the research results:

Based on the results of experimental-theoretical studies on the influence of structural factors on the bond strength of concrete structures with reinforcement of periodic profile:

calculation methods for anchorage length and stress-strain states of reinforcement have been implemented. Accurate methods for calculating the anchorage length of reinforcement and its actual stress-strain state for the design of reinforced concrete structures have been adopted at JSC “ToshuyjoyLITI” (according to the certificate from the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan № 24-06/9710 dated September 16, 2024). This has increased the reliability of calculations during the design of reinforced concrete structures;

educational materials for master's students at the Tashkent Architectural and Civil Engineering University have been developed and introduced in the subjects “Fundamentals of Structural Design According to European Union Standards” and “Reconstruction, Inspection, and Testing of Buildings and Structures.” This has improved the quality of specialist training (certificate № 24-06/9710 dated September 16, 2024);

practical application of the dissertation's recommendations has been implemented at the scientific and design center of LLC “MASSHTAB PROEKT-STROY” (according to certificate № 24-06/9710 dated September 16, 2024). As a result, optimization of anchorage lengths in the supporting beams of multi-story frame buildings has reduced the consumption of reinforcement by 3–5%;

the methodology for conducting tests and software for statistical data processing have been implemented at the testing laboratory of JSC “Hydroproject” (according to certificate № 24-06/9710 dated September 16, 2024). As a result, the quality and reliability of tests in determining bond strengths has increased;

proposals to update the current standard O’zDst 3025-2015 “Reinforcing Steel with Smooth and Periodic Profiles. Technical Conditions” have been included in the work plan of the Technical Committee for Standardization STQ 21 “Construction and Housing and Communal Services” for 2024 (according to certificate № 24-06/10927 dated October 17, 2024). This has raised the requirements for reinforcing bars in regulatory documents.

Approbation of the research results.

Dissemination: The main results of the dissertation have been discussed at three international and two national scientific-practical conferences.

Publication of research results. The research results have been published in 21 scientific papers, including 2 articles in international journals, 12 articles in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for doctoral dissertations, and 6 articles in the proceedings of international and national conferences.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, the list of references, and appendices. It comprises 119 pages, with 15 tables, 39 figures, and 4 appendices.

E'lon qilingan ishlar ro'yhati
Список опубликованных работ
List of published works
I-bo'lim (I часть; I part)

1. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. Влияние технологических факторов на сцепление арматуры с бетоном. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2021, №1, б. 163-167 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
2. Юсупов Р.Р., Юсуфхўжаев С.А., Хўжаев Д.Х. Особенности прочности сцепления арматуры периодического профиля с тяжелыми бетонами. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2021, №1, б. 151-154 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
3. Хўжаев Д.Х. Арматуранинг бетонлар билан тармашиш мустаҳкамлигини аниқловчи асосий омиллар. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2022, №1, б. 226-230 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
4. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х., Хасанов Б.Б. Метод испытания ненапрягаемой арматуры на сцепление с бетоном и расчёт длины её анкеровки. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2022, №4, б. 197-202 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
5. Хўжаев Д.Х. Расчетное определение напряжения сцепления стержневой арматуры с бетоном. // “Меъморчилик ва Курилиш муаммолари”, 2023, №1, б. 143-146 / ISSN 2901-5004. (05.00.00. №14)
6. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. Влияние диаметра арматуры на прочность сцепления с бетоном. // “Меъморчилик ва Курилиш муаммолари”, 2022, №2, б. 146-148 / ISSN 2901-5004. (05.00.00. №14)
7. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. Даврий кесим юзали арматуранинг конструкцион керамзитобетон билан боғланиш мустаҳкамлигини тадқиқоти. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2023, №3, б. 248-252 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
8. Хўжаев Д.Х. Арматуранинг бетон билан боғланишидаги кучланганлик-деформация ҳолатлари. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2023, №4, б. 124-128 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)
9. Юсупов Р. Р., Юсупходжаев С. А., Хужаев Д. Х. Влияние конструктивных и технологических факторов на прочность сцепления арматуры с бетоном //Universum: технические науки. – 2023. – №. 12-3 (117). – С. 57-63. (02.00.00. №1)
10. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. Арматуранинг бетон билан боғланиш мустаҳкамлигини аниқлашнинг экспериментал усуллари. // “Меъморчилик ва Курилиш муаммолари”, 2024, №1, б. 103-106 / ISSN 2901-5004. (05.00.00. №14)
11. R. Yusupov., S.Yusufkhojaev., D.Khodjayev., Eunsoo Choi. Determination of the bond strength of reinforcement with concretes using local materials. // “Архитектура. Курилиш. Дизайн”, 2024, №2, б. 214-219 / ISSN 2010-7064. (05.00.00. №4)

II-bo'lim (II часть; II part)

12. Юсупов Р.Р., Юсуфхўжаев С.А., Хўжаев Д.Х., Шожалилов Ш.Ш. Некоторые вопросы сцепления стальной арматуры с конструкционным керамзитобетоном. // “Современные тренды в архитектуре и строительстве, энергоэффективность энергосбережение, BIM технологии, проблемы городской среды”. Алматы 2020. -363-367.

13. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х., Сайдазимов М.Р., Шожалилов Ш.Ш. Зависимость деформаций керамзитобетона от его структурных параметров. // “Курилишда инновациялар, бино ва иншоотларнинг конструкциявий ва сеймик хавфсизлиги”. Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник конференция" материаллари тўплами. Наманган 2021. -251-254.

14. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х., Нигматжонов Д. Ғ. Сцепление арматуры класса АIII (А400) с бетоном разной прочности. // “Замонавий тадқиқотлар, инновациялар, техника ва технологияларнинг долзарб муаммолари ва ривожланиш тенденциялари” мавзусидаги Республика миқёсидаги илмий-техник анжумани материаллари тўплами. Жиззах 2022, б. -371-373.

15. Хўжаев Д.Х. Экспериментальные исследования сцепления с бетоном арматурных стержней средних диаметров. // “Қурылыс тараўында илим хем билимлендириўди тураклы раўажландырыўдын регионаллык аспектлери.” мавзусидаги республика илмий-амалий конференция тўплами. Қорақалпоқ 2022, б. -87-93.

16. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х., Хасанов Б.Б. Совместная работа арматуры с бетоном при ее выдергивании. // “Фан, таълим ва техникани инновацион ривожлантириш масалалари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий онлайн анжуман. Андижон 2022. -43-47.

17. Yusupov R.R., Khujaev D.Kh., Khasanov B.B. Study of bonding of locally produced reinforcement with medium-strength concretes. // The american journal of engineering and technology. -10-16, 2022-yil. <https://doi.org/10.37547/tajet/Volume04Issue09-03>

18. Yusupov R.R., Khujaev D.Kh., Makhmudov J.I. The strength of reinforcement connection with ceramsite concrete. // GOLDEN BRAIN VOLUME 1|ISSUE25|2023.-20-27,2023-yil. <https://researchedu.org/index.php/goldenbrain/article/view/4776>

19. Yusupov R.R., Xo'jayev D.X., Ergashov J.D. “Betonlarning mustahkamligini aniqlash uchun o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar va laboratoriya sinovlari natijalariga statistik ishlov berish.” № DGU 27718, 20.09.2023.

20. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. “Davriy kesim yuzali armaturaning beton bilan tarmashish mustahkamligini hisobiy aniqlash.” № DGU 24777, 16.03.2023.

21. Юсупов Р.Р., Хўжаев Д.Х. “Пўлат арматуранинг бетон билан тармашиш мустаҳкамлигини аниқлаш” № DGU 11325, 07.04.2021.

Avtoreferat «Arxitektura. Qurilish. Dizayn»
ilmiy-amaliy jurnal tahririyatidan o'tkazildi va
matnlarini mosligi tekshirildi (04.12.2024 yil)

Bichimi 60x84 1/16. Raqamli bosma usuli. "Times New Roman"
garniturasida. "Max Pristil" MChJ bosmaxonasida chop etildi. 100095,
Toshkent shahri, Olmazor tumani, Ziyo ko'chasi 6-uy.

