

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**УМАРОВ ШОДИЛЖОН АБДУҒОФУРОВИЧ**

**КОМПОЗИТ АРМАТУРАЛАНГАН ЭГИЛУВЧИ ТЎСИНЛАРНИНГ  
МУСТАҲКАМЛИК, БИКРЛИК ВА ЁРИҚБАРДОШЛИГИНИ  
ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

**05.09.01 - Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация  
автореферати мундарижаси**

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

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

**Умаров Шодилжон Абдуғофурович**

Композит арматураланган эгилувчи тўсинларнинг мустаҳкамлик,  
бикрлик ва ёрикбардошлигини тадқиқ қилиш.....5

**Умаров Шодилжон Абдуғофурович**

Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых  
балок, армированных композитной арматурой.....23

**Umarov Shodiljon Abdugofurovich**

Study of bending beams reinforced with composite reinforcement  
in terms of strength, stiffness and crack resistance .....41

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....45

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**УМАРОВ ШОДИЛЖОН АБДУҒОФУРОВИЧ**

**КОМПОЗИТ АРМАТУРАЛАНГАН ЭГИЛУВЧИ ТЎСИНЛАРНИНГ  
МУСТАҲКАМЛИК, БИКРЛИК ВА ЁРИҚБАРДОШЛИГИНИ  
ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

**05.09.01 - Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/T1369 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)), Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

Акрамов Хусниддин Ахрарович  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

Аскарлов Бахтиёр Аскарлович  
техника фанлари доктори, профессор

Усмонов Валиахмад Файзуллаевич  
техника фанлари номзоди, доцент

**Ётақчи ташкилот:**

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «19» июль соат 12<sup>00</sup> да архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7в-уй. Тел.:(99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 59 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.:(+99871) 235-43-30; факс:(+99871) 234-15-11, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)). факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация автореферати 2021 йил «06» июл куни тарқатилди.  
(2021 йил «21» июндаги 3 - рақамли реєстр баённомаси).



А.И. Адилоджаев  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
раиси муовини, т.ф.д., профессор

Х.Х. Камиллов  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

Б.А. Аскарлов  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошмадаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда замонавий қурилиш амалиётининг жадал ривожланиши билан бино ва иншоотларнинг темирбетон конструкцияларида композит материаллардан фойдаланиш салмоғи тобора ортиб бормоқда. Шу жиҳатдан, қурилиш конструкцияларини лойиҳалаш ва ишлаб чиқариш саноатининг устувор вазифаларидан бири ҳисобланган, эгилувчи темирбетон конструкцияларда пўлат арматураларига муқобил бўлган маҳаллий хом-ашёлардан фойдаланиб, композит арматураларни ишлаб чиқиш, қўллаш, мустаҳкамлигини ошириш, ишлаб чиқариш технологияларини модернизация қилиш, таннархини арзонлаштириш ҳамда уларнинг кенг қўламда қўлланилишини таъминлашга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон миқёсида ҳозирги кунда, композит материаллардан тайёрланган арматуралардан фойдаланган ҳолда, эгилувчи конструкцияларни ишлаб чиқариш билан, бино ва иншоотларнинг устуворлигини, мустаҳкамлигини ва умурбоқийлигини таъминлашга йўналтирилган кўплаб илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Қурилиш амалиётида композит полимер арматуралардан фойдаланиб, арматураларнинг бетон билан тишлашиши, оловбардошлиги ва эластиклик модулини ошириш йўналишиларида тадқиқотлар олиб бориш ва эгилувчи конструкцияларни мустаҳкамлигини, бикрлигини, ёриқбардошлик хоссаларини яхшилаш масалалари долзарб вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Республикамызда қурилиш соҳасини ривожлантириш ва қурилишда инновацион композит материалларни қўллаб, конструкцияларни енгиллаштириш, металл руда захираларини тежаш, бино ва иншоотларни ишончлилигини таъминлаш, уларни янги конструктив ечимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, хусусан «... қурилиш, йўл-транспорт, муҳандислик коммуникациялари ва ижтимоий инфраконструкцияларини ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурлар амалга ошириш, ....»<sup>1</sup> вазифалари алоҳида таъкидлаб ўтилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан композит арматуралар асосидаги яхлит ва йиғма бетон конструкцияларни кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини баҳолаш, арматураланган эгилувчи бетон элементларни мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва бикрлиги бўйича ҳисоблаш ва уларни конструкциялашга доир амалий тавсияларни ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” Фармони, 2016- йил 28- сентябрдаги ПҚ-2615-сон “2016-2020 йилларда қурилиш индустриясини янада

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7- февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони.

ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида”, 2017 йил 8 августдаги ПҚ-3182-сон “Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019-йил 23-майдаги ПҚ-4335-сон “Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарорларда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян ва керакли даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Композит арматураланган эгилувчи тўсинларнинг мустаҳкамлик, бикрлик ва ёриқбардошлигини тадқиқ қилиш муаммолари билан жаҳондаги йирик тадқиқотчилари жумладан: А.А. Гвоздев, К.В. Михайлов, Н.А. Мощанский, О.Я. Берг, Н.П. Фролов, Ю.М.Вильдавский, Л.Г.Асланова, G. Kretsis, S.H.Alsayed, V. Gribniak, H.Y. Leung, M.A. Adam, M. Said, A.A. Mahmoud, A.S. Shanour, C. Mias, L. Torres, M. Guadagnini, A. Turon, D. Shantha Kumar, R. Rajkumar, C.E. Bakis, A. Nanni, J.A.Terosky, S.W. Koehler, Y.J. You, Y.H. Park, H.Y. Kim, J.S. Park, C.E. Bakis, A. Nanni, J.A.Terosky, S. W. Koehler, K.T. Park, D.W. Seo, J.H. Hwang, G. Wu, Z.S. Wu, Y.B. Luo, Z.Y. Sun, X.Q. Hu, A. Nanni, M.J. Henneke, T. Okamoto, M.M.S. Cheung, T.K.C. Tsang, Z.Wang, Y.Goto, O.Joh, ва бошқалар шуғуланиб, ушбу тадқиқотлар йўналишида салмоқли илмий ишларни бажарганлар ва масалаларни илмий ҳал қилишда ўз ўрнига эга бўлганлар.

Юртимиз олимлари А.И. Адилходжаев, Х.А. Акрамов, Б.А. Асқаров, А.А. Ашрабов, С.Р. Раззақов, С.С. Шаумаров, А.А. Ходжаев, В.Ф. Усмонов, С.А. Холмирзаев, С. Раззақов, П.Т. Мирзаев ва бошқалар композит арматураланган эгилувчи тўсинларнинг мустаҳкамлик, бикрлик ва ёриқбардошлигини тадқиқ қилиш бўйича бир қатор тадқиқотлар олиб бориб, турли йилларда ўз тадқиқотлари асосида муҳим илмий ва амалий натижаларга эришган. Ушбу олимларнинг илмий изланишлари натижаларидан фойдаланилган ҳолда, композит полимер арматураларни бетон конструкцияларда қўлланилаши бўйича Ўзбекистон Республикаси Қурилиш Вазирлиги томонидан ШНҚ 2.03.14-18 «Композит полимер арматурали бетон конструкциялар» номли меъёрий ҳужжат ишлаб чиқишда ва қурилишга жорий этишда ўз ўрнини топган.

Бажарилган илмий тадқиқот ишларининг таҳлили, бино ва иншоотларни лойиҳалаш ва қуриш тажрибаси шуни кўрсатдики, композит полимер арматурани бетон конструкцияларда қўллаш бўйича бир қатор таклифлар ишлаб чиқилгани амалда ўз исботини топган. Аммо амалдаги ҳолат, ушбу бетон конструкциялар ичида эгилувчи элементларда қўлланилиши бўйича, олиб борилган ишлар етарли даражада ўрганилмаганлигини ва янада кенгрок илмий изланишларни талаб этаётганини кўрсатди.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти, Тошкент архитектура-қурилиш институтининг илмий кенгаш томонидан тасдиқланган “Маҳаллий хомашё ва саноат

чиқиндилари асосида қурилиш материаллари, тўлдирувчилар ва улар асосида қурилиш конструкциялари ва девор панелларини лойиҳалаш” мавзуси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади.** Композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи тўсинларнинг мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва бикрлигини тадқиқ этишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

эгиловчи бетон тўсинларнинг умумий кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини статик юклар таъсирида аниқлаш;

композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи тўсинларни мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва бикрлигини ҳисоблаш ва уларни лойиҳалаш учун тавсиялар тайёрлаш;

тўсинларни мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва бикрлигини қия кесим ҳудудида кўндаланг арматураланишга боғлиқлигини ишлаб чиқиш;

шишапластик композит арматураларнинг бетон билан тишлашиши ва биргаликда ишлашини аниқлаш;

эгиловчи тўсинларда композит арматураларни ҳисоблаш учун автоматлаштирилган дастурни ишлаб чиқиш;

композит арматурали тўсинларни тик (нормал) ва қия кесимлардаги ёриқларнинг вужудга келиши ва ўзгариш соҳаларини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида шишапластик композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи бетон тўсинлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида шишапластик композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи бетон тўсинларнинг мустаҳкамлиги, ёриқбардошлиги ва бикрлик ҳолатларини ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида шишапластик композит арматурали бетон тўсинларни, қисқа муддатли юклар таъсирига синаш, тадқиқот натижаларини статистик таҳлил қилиш, чегаравий ҳолатлар усуллари бўйича ҳисоблаш, лойиҳалашнинг конструктив ечим усуллари, тажриба-синов натижаларини таҳлил қилиш ҳамда таққослаш усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

шиша толали композит арматураларнинг механик хоссаларини назарий ва экспериментал тадқиқ қилиш орқали эгиловчи бетон тўсин конструкцияларида қўллаш имкониятлари асослаб берилган;

шиша толали композит арматураларни эгиловчи бетон тўсинларда фойдаланилган ҳолда кўндаланг арматуралар ўрнига пўлат хомутларни қўллаш орқали тўсиннинг мустаҳкамлиги ва ёриқбардошлигини ошириш имкониятлари асослаб берилган;

шиша толали композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи бетон тўсинларда тик ва қия кесимларнинг арматуралаш миқдорларини вариациялаш орқали бетон ва арматурада пайдо бўладиган ички зўриқиш кучларининг ўзгариш қонунияти аниқланган;

эгиловчи бетон тўсин конструкцияларда шиша толали композит арматураларни қўллаган ҳолда қия кесим бўйича ҳисоблаш усули такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Тўсинларни мустаҳкамлик, ёриқбардошлик ва бикрлигини таъминлаш учун арматуралаш схемаларининг амалий усуллари тавсия этилган. Ташқи юк

миқдори, соф эгилиш оралиғи ва арматуранинг бетон билан тишлашишдаги зўриқишини ҳисобга олган ҳолда арматуралаш усуллари ишлаб чиқилган;

Шишапластик композит арматурали эгилувчи бетон тўсинларни мустаҳкамлик, ёриқбардошлик ва бикрлигини ҳисоблашнинг ишлаб чиқилган амалий усуллари автоматлаштириш имконини берувчи ҳисоблаш дастурлари яратилган;

Эгилувчи бетон тўсинларни юк қўйиш оралиғи ўзгариши билан тик ва қия кесимларда ёриқлар ҳосил бўлиши, ёриқларнинг миқдори, кенглиги, баландлиги ва улар орасидаги масофаларни арматуралаш вариациясига боғлиқ ҳолда ўзгаришини эътиборга олиш омиллари яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги, тадқиқотлар замонавий услуб ва воситалардан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, назарий ҳисобларнинг қурилиш меъёрлари ва қоидалари асосида амалга оширилганлиги, тажриба натижалари меъёрий ҳужжатларда келтирилган натижалар билан таққосланганлиги, ҳисоблаш компьютер дастури ҳамда тажриба ва назарий тадқиқот натижаларини ўзаро муносиблиги ва амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти композит арматурали бетон тўсинларни ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш, композит арматуралар билан арматураланган бетон тўсинларни ҳисоблаш назариясини ривожлантириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини амалий аҳамияти, тўсин композит арматуралардаги зўриқишларни реал баҳолаш, композит арматурали эгилувчан бетон тўсинларни белгиланган нуқталаридаги кучланиш ва деформацияларини аниқлаш имконини берувчи меъёрий кўрсатма ва ҳисоблаш усулини лойиҳалаш амалиётида қўллаш натижасида, тўсинларни мустаҳкамлиги, ёриқбардошлилиги ва бикрлигини таъминлаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Композит арматураланган эгилувчи тўсинларнинг мустаҳкамлиги, бикрлик ва ёриқбардошлигини тадқиқ қилиш бўйича олинган натижалар асосида:

Шишапластик композит арматуралар “Қишлоқ қурилиш инвест” ИК Андижон ва Фарғона вилоят филиаллари ҳамда Фарғона вилояти “Қурилиш бош бошқармаси” томонидан 2020 йилда қурилган 45 та 5 қаватли, Фарғона шаҳри марказида қурилган 4 қаватли 24 хонадонли турар-жой биноларининг қурилишида қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2021 йил 31 мартдаги 09-06/3562-сон маълумотномаси). Шу билан бир қаторда, шишапластик композит арматуралар юқоридаги турар-жой биноларининг қаватлар сатҳидаги антисейсмик камарларда, эшик ва дераза сарровларида қўлланилган. Шишапластик арматураларни қўллаш натижада сейсмик камарлар, қамровчи белбоғлар, ўзаклар, тасмасимон пойдеворлар мустаҳкамлиги арматура материалининг мустаҳкамлиги ҳисобига 1,2 мартага, бикрлик ва ёриқбардошлиги 1,1 мартага, шу билан бир қаторда 01.12.2020 йил ҳолатига кўра 1,05 мартага ҳамда 01.04.2021 йил ҳолатига нисбатан 1,4 мартага иқтисодий самарадорликка эришилган.

Композит арматуралар билан арматураланган эгилувчи тўсинларни лойиҳалаш ва ҳисоблаш дастурлари Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан 19.11.2020 йилда №DGU 09712 рақамли “Комбинацияланган арматурали эгилувчи бетон конструкцияларни



мустаҳкамликка ҳисоблаш дастури” ҳамда 07.07.2020 йилда №DGU 08728 рақамли “Композит арматураларни тўсинлар учун ҳисоблашда автоматлаштириш” дастурлари расмий рўйхатдан ўтказилган. Ишлаб чиқилган дастурлар компьютерларда фойдаланиш натижалари ишлаб-чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2021 йил 31 мартдаги 09-06/3562-сон маълумотномаси ҳамда “Бинокор лойиҳа” МЧЖнинг 2020 йил 25 сентябрдаги 09/73-01 сон далолатномаси). Натижада лойиҳалаш ва ҳисоблаш жараёнларига сарфланадиган вақтнинг 15% гача тежалишига эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 2 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 5 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр қилинган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги томонидан №DGU 08728, №DGU 09712, №DGU 07456 рақамли 3 та электрон ҳисоблаш машиналари учун гувоҳномалар олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида бажарилган диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсад ва вазифалар шакллантирилиб, объект ва предметлари келтирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва илмий-амалий аҳамияти, уларни қурилиш амалиётида қўлланилганлиги ҳамда тадқиқот натижаларининг нашри ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Композит арматурали эгилувчи бетон элементларнинг мустаҳкамлиги, бикрлиги ва ёрикбардошлигини тадқиқ этишга бағишланган илмий-тадқиқот ишларининг қисқача шарҳи”** деб номланган биринчи бобда, илмий техник адабиётларда тадқиқот мавзусига доир чоп этилган илмий ишларнинг аналитик шарҳи изоҳланган. Шунингдек, композицион материаллар тўғрисида умумий маълумотлар ўз аксини топган. Композит полимер арматуралар устида сўнгги йилларда дунёнинг кўплаб мамлакатларида, жумладан, Япония, Хитой, Англия, Германия, Франция, Италия, АҚШ, Канада, Россия, Украина ва бошқа мамлакатларда композит полимер арматурага қизиқиш тобора ортиб бормоқда, қурилишда унинг қўлланилиш соҳалари ҳажми кенгайиб, қўлланиш миқдори ортиб бормоқда. Композит полимер арматуранинг янги, самарадор турлари яратилмоқда ва уларни бино ва иншоотларнинг конструкцияларида ишлашини тадқиқ қилиш бўйича ҳам кенг қамровли ишлар амалга оширилмоқда. Кўплаб ривожланган

давлатларда композит полимер арматурани қўллаш бўйича миллий ва халқаро меъёрий хужжатлар ишлаб чиқилган ва улар асосида конструкциялар лойиҳаланиб, қурилиш амалиётига жорий этиб борилмоқда. Бунга мисол қилиб, композит полимер арматуралар билан жиҳозланган кўприкларда, гидротехник иншоотларда, биноларнинг ер ости қисмларини тиклашда, йўл қопламалари ва элементларини барпо этишда, кўплаб ер остида жойлашган тоннеллар, коллекторлар каби иншоотларда ва бошқаларда қўлланилаётганлигини келтириш мумкин.

Композит полимер арматуранинг зичлиги, материал компонентлари (арматураловчи толалар ва матрица) нинг зичлигига боғлиқ ҳолда толаларнинг 0,5-0,75 ҳажмий ҳиссасидан аниқланади. Зичлик углепластик арматура учун 430-1670 кг/м<sup>3</sup>, органик пластик арматура учун 1300-1450 кг/м<sup>3</sup>, шиша толали арматура учун 1730-2180 кг/м<sup>3</sup> ни ташкил этади, бу пўлат арматуранинг зичлигидан 3,6-6 баробар кичикдир.

Ҳарорат кенгайиш коэффициентининг қиймати бетонникига яқин бўлган пўлат арматураникидан фарқли равишда, композит полимер арматураларнинг ҳарорат кенгайиш коэффициентининг қийматлари бетонникидан сезиларли даражада фарқ қилади.

Композит полимер арматурани конструкцияларга қўллаш имконияти полимерли матрицани шишалаштириш ҳарорати билан чегараланади (бу ҳарорат билан полимерли матрица ўзининг физик-механик хоссаларини қайтмайдиган тарзда ўзгартиради). Композит полимер арматура учун шишалаштириш ҳарорат матрицаси типига боғлиқ бўлади ва 70÷175 0С диапазон оралиғида жойлашади. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, шишалаштириш ҳароратига эришилгандан кейин, композит полимер арматуранинг мустаҳкамлик ва деформацияланганлик хоссалари кескин пасаяди, бундан ташқари, унинг бетон билан тишлашиши (сцепление) бузилади. Юқори ҳароратлар нафақат композит полимер арматура тузилишининг бузилишига олиб келади, балки қиздирилганда стерженнинг сезиларли даражада кўндаланг кенгайиши туфайли ҳимоя қатламининг парчаланиб синиши ҳам юз беради. Композит полимер арматурали конструкцияларни ёнғиндан ҳимоя қилиш муаммоси жуда долзарб ва мазкур муаммо унинг қўлланишига маълум бир чекловларни қўяди.

Паст ҳароратлар ҳам арматуранинг бетон билан тишлашининг бузилишига олиб келиши ва композит материалларда ички микрошикастланишлар ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

Композит полимер арматурали конструкцияларни ҳисоблаш бўйича мавжуд бўлган меъёрлар ва тавсиялар аксарият ҳолларда пўлат арматурали конструкцияларни ҳисоблаш бўйича меъёрлашнинг модификацияси деб ҳисобланади. Киритилган ўзгартиришлар арматуранинг физик-механик хоссаларини меъёрлаш ва экспериментал маълумотларга асосланган бир қатор эмперик нисбатлар билан боғлиқдир.

Композит полимер арматурали бетон конструкцияларни ҳисоблашда чегаравий ҳолатлар усули қабул қилинди.

Меъёрий хужжатлар ва тавсияларда эгиладиган элементларни

ҳисоблашларда қуйидаги асосий гипотезалар мавжуд:

- ясси кесимлар гипотезаси кесим ишлашининг барча босқичларида бажарилади;
- композит полимер арматура ва бетоннинг биргаликда ишлашининг мавжудлиги;
- бетоннинг чўзилишга ишлаши ҳисобга олинмайди;
- композит полимер арматуранинг сиқилишга ишлаши ҳисобга олинмайди;
- композит полимер арматура бузилгунга қадар чизиқли эластик диаграмма бўйича ишлайди.

Пўлат арматурали конструкцияларни ҳисоблаш учун қандай тамойиллар қабул қилинган бўлса, мазкур меъёрларда ҳам кўндаланг кучни ҳисоблаш учун шундай тамойиллар сақланиб қолинган.

Умуман олганда, композит арматуранинг коррозиябардошлигини, етарлича мустаҳкамликка эга эканлигини, меъёрий юкларда ундан тайёрланган эгиловчи элементлар дарзбардошлик ва бикрлик бўйича талабларга жавоб бера олишини ва яна бир маҳим жиҳати-нисбатан арзонлиги ва маҳаллий хом-ашёдан тайёрланиши эътиборга олган ҳолда пўлат арматурага муносиб муқобил бўла олиши қайд этилган.

Диссертациянинг **“Композит арматурали эгиловчи бетон элементларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини экспериментал тадқиқ этиш”** деб номланган иккинчи бобида экспериментал тадқиқотларнинг вазифалари, синов қурилмалари, воситалари ва ўлчов асбоблари, синов моделларини тайёрлаш натижалари келтирилган.

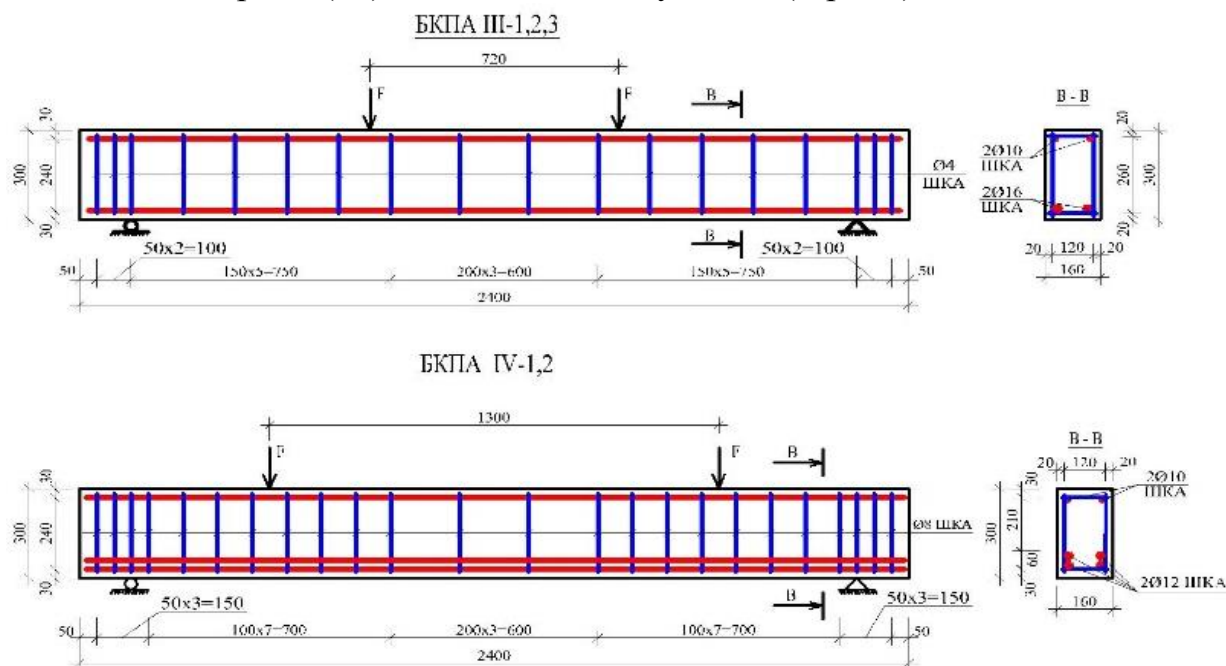
Мавжуд илмий тадқиқот ишларини ўрганиш ва таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, Ўзбекистон Республикаси шароитида композит арматуралар билан жиҳозланган эгиловчи бетон конструкцияларнинг куч таъсирлари остида ишлаши ҳали етарлича ўрганилмаган.

Ўзбекистон Республикасида ишлаб чиқарилаётган шишапластик арматуралар ва қурилиш амалиётида энг кўп ҳажмда ва барча турлардаги қурилиш объектларида қўлланилувчи оддий оғир бетонлар устида тадқиқотлар ўтказилиши энг мақбул вариант ҳисобланади.

Экспериментал тадқиқотларни ўтказиш учун кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган синов моделлари-намуна тўсинлар тайёрланди. Тўсинлар учун оддий оғир бетон ишлатилди. Боғловчи сифатида бетон учун фаоллиги 42,5 МПа бўлган Фарғона вилояти Бешариқ туманидаги “Турон” цемент заводининг портландцементи қўлланилди. Тўлдирувчилар сифатида фракцияси 5-15мм ли гранит чақиқтоши (щебень) ва йириклик модули М2,25 бўлган Фарғона вилояти Қува тумани Акбарабод карьеридан олинган кварцли дарё куми ишлатилди. Бетоннинг таркибини, унинг кубик мустаҳкамлиги В20-В25 синфига мос келадиган сиқилишдаги мустаҳкамликка эга бўладиган қилиб танланди.

Кесим ўлчамлари  $b \times h = 16 \times 30$  см, узунлиги  $l = 240$  см, таянчлар оралиғи  $l_0 = 210$  см бўлган намуна тўсинлари махсус тайёрланган синов стендида синалди. Тўсинлар ёғоч қолипларда тайёрланди. Қолипларнинг ички сирти

металл листлар билан қопланди. Ишчи арматура сифатида чўзилувчи соҳага 2Ø12 ёки 2Ø16ШКА, сиқилувчи соҳага 2Ø10ШКА, хомутлар сифатида Ø 4 ёки Ø8ШКАлар, 15 (10)см қадам билан қўйилди (1-расм).

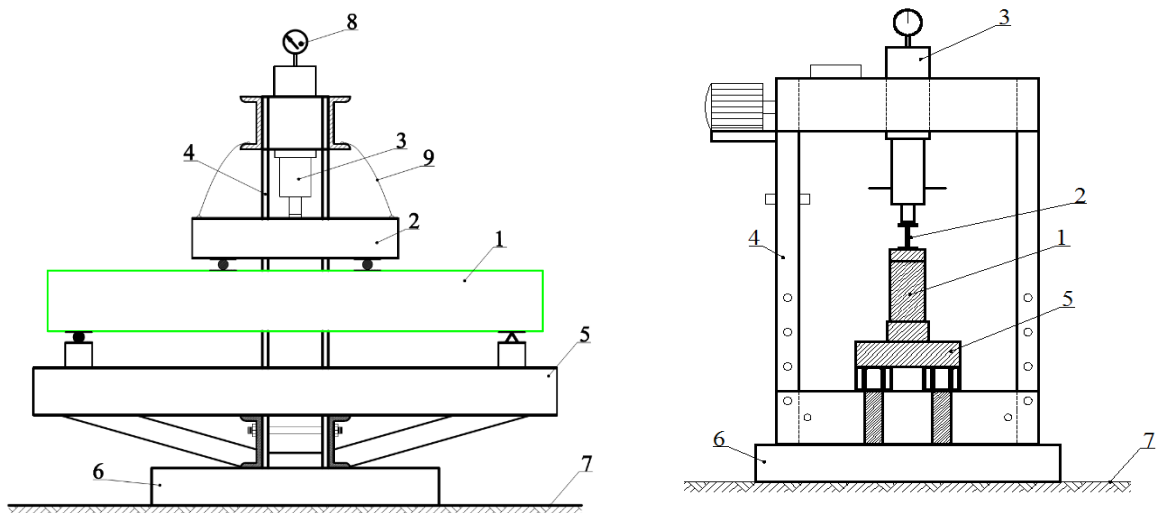


**1-расм. Намуна тўсинларнинг арматураланиш ва юкланиш схемалари**

Хомутлар учун мўлжалланган композит арматуралар юмшоқ пўлат симлар билан, бўйлама арматураларга боғлаб бириктирилди. Арматура синчлари қолипларга лойиҳа ўрнида ўрнатилиб, фиксация қилинди. Тўсин намуналари В20-В25 синфли оғир бетондан тайёрланди. Намуна тўсинлар билан биргаликда ўлчами 10х10х10см бўлган кублар ва суғурилишга синаш учун намуналар ҳам бир вақтнинг ўзида худди шу бетондан тайёрланди.

Тўсинлар стенднинг намуналарни синаш учун мўлжалланган 2 та шарнирли таянчларига ўрнатилди. Шарнирларнинг бири қўзғалмас, иккинчиси қўзғалувчан қилиб тайёрланган. Кучлар орасидаги массофа 700 ва 1300 мм, таянчлардан юкгача бўлган масофалар эса 700 ва 400 мм ни ташкил этди. Таянчдан тўсинларнинг четигача бўлган масофалар 150 мм ни ташкил этди. Юк кўтариш қобилияти 40 тонналик гидравлик домкрат воситасида босқичма-босқич бериб борилди. Бунинг учун тақсимловчи траверсалар қўлланилди (2-расм).

Синовлар бошланишидан олдин намуна тўсинда ўрнатилган барча ўлчов асбоблари бўйича бошланғич кўрсаткичлар ёзиб олинди. Бу кўрсаткичлар “Шартли нол” сифатида қабул қилинди. Юклар аста секин бир неча босқичда берилди. Босқичда ҳар бир юк ҳисобий бузувчи юкнинг тахминан 10%ини ташкил этди. Ҳар бир босқичда юк бериб бўлингандан сўнг, 20 минутгача унинг стабиллашиши кутиб турилди. Ҳар бир босқич юки берилгандан сўнг ва босқич сўнггида ўлчов асбоблари бўйича кўрсаткичлар ёзиб олинди.



**2-расм. Синов стендининг олд ва ён томондан умумий кўриниши.**

1-синов намунаси, 2-юкларни тақсимловчи траверса, 3-гидравлик домкрат, 4-устун, 5-таянч тўсини, 6-асос плитаси, 7-асос, 8- манометр, 9-хавфсизлик триси

Диссертациянинг “Композит арматурали эгиловчи бетон элементларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати” деб номланган учинчи бобида эгилишга ишловчи тўсинларнинг мустаҳкамлик, бикрлик ва ёриқбардошлигини текшириш учун ўтказилган экспериментал тадқиқот натижалари келтирилган.

Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатдики, кучлар остида композит арматуралар билан жиҳозланган эгиловчи бетон тўсинларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тавсифи, ёриқларнинг ҳосил бўлиши ва ривожланиши, арматура ва бетондаги деформациялар, тўсинлардаги салқиликларнинг ортиб бориши, пўлат арматурали эгиловчи элементлар билан сифат жиҳатидан бир хил бўлиши аниқланди.

Экспериментал тадқиқотларда намуна тўсинларда ёриқлар ҳосил бўлиши бетон ва арматурадаги деформациялар қийматиغا қараб аниқланди. Шунинг билан биргаликда, тўсиннинг ён сирти, юк бериш вақтида синчиклаб кузатиб борилди. Бундай комбинациялашган кузатув ва босқич юкининг нисбатан кичик қийматга эгаллиги ( $\sim 0,05F_{ult}$ ) тажрибаларда ёриқлар ҳосил бўлиш пайтидаги юкнинг миқдорини аниқлаш имконини берди.

Барча синалган намуна тўсинларда дастлаб соф эгилиш соҳасида тик ёриқлар ҳосил бўлди, кейинчалик юк миқдори ортгани сари таянч билан юк оралиғи (қирқилиш оралиғи) да тўсин бўйлама ўқига нисбатан қия ёриқлар ҳам ҳосил бўлди.

Намуна тўсинларда ёриқлар ҳосил бўлиши вақтидаги эгувчи моментлар  $M_{crc}$  нинг миқдори юк билан таянч оралиғидаги масофа “ $a$ ” (қирқилиш оралиғи)нинг қийматиغا боғлиқлиги кузатилди.

I серия намуна тўсинларида  $a=70$  см ( $a/h_0=2,59$ ) тик ёриқлар 9,0-9,3кНм га тенг эгувчи моментларда ҳосил бўлди. Бунда, ёриқ ҳосил қилувчи моментнинг бузувчи моментга нисбати  $\frac{M_{crc}^T}{M_{ult}^T} = 0,205$  ни ташкил этди.

II серия намуналарда  $M_{crc}^T = 8,2 - 8,5$  кНм,  $\frac{M_{crc}^T}{M_{ult}^T} = 0,214$  га тенг бўлди.

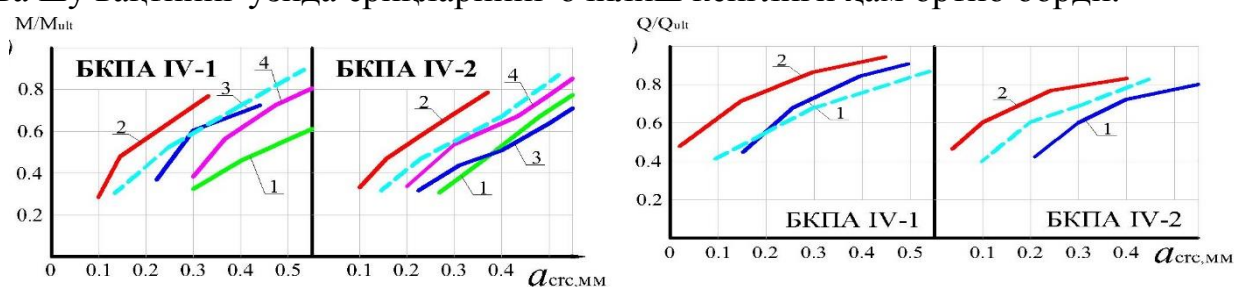
III сериядаги намуна тўсинларнинг бетони бошқа намуна тўсинларига нисбатан паст мустаҳкамликка эга бўлгани учун тик ёриқлар эртароқ ҳосил бўлди, яъни ёриқ ҳосил бўлишидаги моментлар миқдори 8-11% га кам бўлди. Бунда  $\frac{M_{crc}^T}{M_{ult}^T}$  нисбат пасайиб, ўртача 0,163 миқдорни ташкил этди.

I сериядаги БКПА I-3A намуна ва IV сериядаги намуна тўсинлари  $a=40$ см ( $a/h_0=1,48$ ) қийматларда синалди. Бунда БКПА I-3A тўсин учун  $M_{crc}^T$  нинг қиймати 6,8кН·м ни,  $\frac{M_{crc}^T}{M_{ult}^T}$  нисбати эса 0,24 ни ташкил этди.

IV сериядаги тўсинларда дастлабки тик ёриқлар 11,7 ва 12,3 кН·м қийматларида ҳосил бўлди. Буларга мос келувчи  $\frac{M_{crc}^T}{M_{ult}^T}$  қиймати эса ўртача 0,31 га тенг бўлди.

Ёриқ ҳосил қилувчи моментларнинг тажрибавий қийматининг ҳисобий қийматига нисбати I, II ва IV серия намуна тўсинлари учун 1 дан кичик бўлди ва 0,61 дан 0,84 гачани миқдорни ташкил этди, уларнинг ўртача қиймати 0,71га тенг бўлди. Бу шуни англатадики, тажрибаларда тик ёриқлар ҳисобий миқдорлардан (назарийлардан) қарийиб 30% га паст юкларда ҳосил бўлар экан. IV сериядаги намуна тўсинларда тажрибавий ва ҳисобий ёриқ ҳосил қилувчи моментлар нисбати 1,04 ва 1,07 миқдорларни ташкил этди.

Тўсинларга юк бериш бошланганда, юклашнинг маълум босқичларида (II ва ундан кейинги) соф эгилиш соҳасида тўсинларда дастлаб 1 та ёки 2 та тик ёриқлар пайдо бўлди, сўнгра юк ортиб боргани сари яна янги тик ёриқлар ҳосил бўлди. Дастлаб ҳосил бўлган ёриқларнинг очилиш кенглиги 0,05-0,08 мм миқдорни ташкил этди, юклар ортиб боргани сари тик ёриқлар ривожланиб борди, уларнинг учи кесим баландлиги бўйича кўтарилиб бориши кузатилди ва шу вақтнинг ўзида ёриқларнинг очилиш кенглиги ҳам ортиб борди.



**3-расм. Намуна тўсинлардаги тик ва қия ёриқларнинг ривожланиши.**

1,2,3,4- ёриқларнинг тартиб рақамлари. — — — — — ҳисобий (назарий); — — — — — тажрибавий

Бузувчи юкнинг тақрибан ярмига тенг юкларда тик ёриқларнинг очилиш кенглиги  $a_{crc}=0,2-0,35$ мм миқдорни ташкил этди, юкларнинг кейинги ортиши тик ёриқларнинг интенсив ривожланиши ва очилиш кенглигининг сезиларли даражада ошишига сабаб бўлди. Босқич юкининг бузувчи юкка нисбати 0,6-0,85 га етганда, тик ёриқларнинг очилиш кенглиги 0,4-0,7мм миқдорни ташкил этди. Бундан кейинги юкларнинг ортиши тик ёриқларнинг шиддатли очилишига олиб келди.

Элемент бўйлама ўқига нисбатан тик йўналган ёриқларнинг очилиш кенглигини ШНҚ 2.03.14.18 «Композит полимер арматурали бетон конструкциялар»да келтирилган усул бўйича ҳисоблаш натижалари тажрибаларда олинган ўзгариш қонунияти ва миқдорлари билан қониқарли даражада мос тушиши аниқланди (3-расм).

Назарий ҳисобларга асосан  $M_{crc}^x$  нинг қийматлари 11,51 кН·м дан 12,52 кН·м гача бўлган миқдорларни ташкил этади.  $M_{crc}^x$  нинг ўртача қиймати 6,07 кН·м га тенг бўлди.  $M_{crc}^x$  ўртача қиймати билан энг кичик ва энг катта қийматлари орасидаги фарқ мос равишда 0,63 кН·м (5,2%) ва 0,38 кН·м (3,0%) ни ташкил этади. Бошқача қилиб айтганда, ҳисобларда  $M_{crc}^x$  учун деярли ўзгармас қийматлар олинди.

Тик ёриқ ҳосил бўлишидаги эгувчи моментлар  $M_{crc}^T$  нинг қийматларида эса, катта фарқлар юзага келди. Тажрибаларда  $M_{crc}^T$  нинг қийматлари 7,7-9,1 кН·м (III-сериядаги намуна тўсинларида)дан 14,24-16,88 кН·м (IV-сериядаги намуна тўсинларида)гача бўлган миқдорларни ташкил этди.

$M_{crc}^T$  нинг қийматлари бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги  $R_{bt,ser}$  нинг қийматларига мос ҳолда ўзгариши кузатилди. Масалан, III сериядаги намуна тўсинларнинг бетони энг кам мустаҳкамликка эга бўлгани учун, уларда ёриқ ҳосил бўлишидаги моментлар, худди шундай шароитда синалган бошқа сериялардаги тўсинларникидан ўртача 1,76 баробарга кичик бўлди.

Тажрибавий  $M_{crc}^T$  нинг ҳисобий (назарий)  $M_{crc}^x$  га нисбати, III сериядаги намуналардан ташқари, Iдан катта бўлди ва ўртача 1,18 миқдорни ташкил этди. III сериядаги намуналар учун ушбу нисбат 0,723га тенг бўлди. III сериядагидан бошқа намуналарда тажрибавий ёриқ ҳосил қилувчи моментларнинг ўртача қиймати бузувчи моментларнинг 22,0% га тенг эканлиги аниқланди. III сериядаги намуналарда эса ёриқлар бузувчи юкнинг 11,0% га тенг юкларда ҳосил бўлди.

I серия намуна тўсинларида ( $a=70$ см) дастлабки қия ёриқлар  $Q_{crc}^x = 12,9 - 13,3$  кН юкларда ҳосил бўлди, бунда  $\frac{Q_{crc}^T}{Q_{ult}^T}$  нисбати 0,9 ни ташкил этди. II ва III серияларнинг тўсинларида ( $a=70$ см)  $Q_{crc}^T$  нинг қийматлари 10,4-12,2 кН оралиғида бўлди, бунда ёриқ ҳосил бўлишига мос келувчи кўндаланг кучнинг бузувчи юкка нисбати 0,35-0,38 миқдорга тенг бўлди.

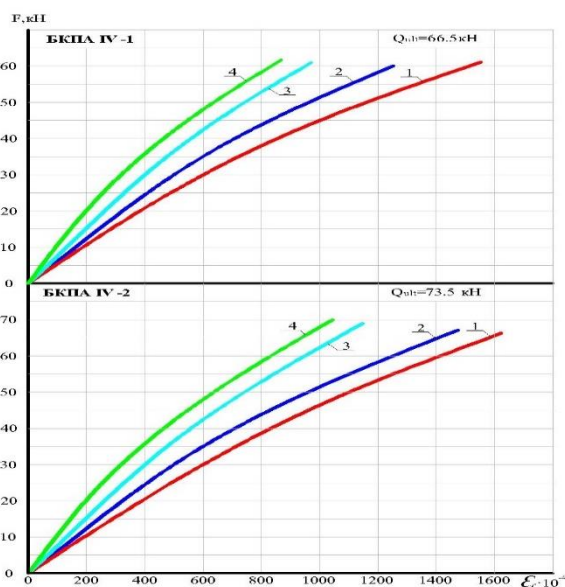
Қирқилиш оралиғи “а” нинг қиймати 70 смдан 40смга камайиши, ёриқ ҳосил бўлишига мос келувчи кучнинг ортишига олиб келди. Бунда,  $Q_{crc}^T$  нинг қиймати ўртача 2,18 марта ортиши кузатилди.

Қирқилиш оралиғи  $a=40$  см бўлган ҳолларда, намуна тўсинларда асосан битта қия ёриқ ҳосил бўлиши кузатилди,  $a=70$  смда эса 2-3 та қия ёриқлар пайдо бўлди. Юкнинг ортиб бориши билан, қия ёриқларнинг шиддат билан очилиши рўй берди. Айниқса юк миқдори  $0,8Q_{ult}$  ва ундан ортган босқичларда қия ёриқлар шиддат билан ривожланди, уларнинг очилиш кенглиги 1,0мм ва ундан катта қийматларни ташкил этди. Шу тариқа қия ёриқлар критик ёриқларга айланди ва тўсинларнинг бузилиши рўй берди.



Юкларнинг  $(0,5-0,7)Q_{ult}$  миқдорларида тўсинларда қия ёриқларнинг очилиш кенглиги  $0,2-0,5$  мм оралиғида бўлди.

Қия ёриқларнинг очилиш кенглигини назарий ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатдики, ҳисоблаш формулалари тажриба-лардан олинган



**4-расм. Намуна тўсинлари арматураларининг ўртача нисбий деформациялари:** 1-соф эгилиш соҳасида остки чўзилувчи арматуранинг; 2-соф эгилиш соҳасида устки чўзилувчи арматуранинг; 3-қирқилиш соҳасидаги остки чўзилувчи арматураларнинг; 4-қирқилиш соҳасидаги устки чўзилувчи арматураларнинг.

арматурани ёриқлар кесиб ўтувчи жойларида яққол намоён бўлди. Тик ёриқлар ҳосил бўлишидан олдин соф эгилиш соҳасида бўйлама арматуралардаги деформациялар, қирқилиш оралиғидагига қараганда 2-3 баробар катта бўлди (4-расм).

Масалан, I серия намуна тўсинларида соф эгилиш соҳасида тик ёриқлар ҳосил бўлишидан олдин бўйлама ишчи арматураларнинг деформациялари  $\epsilon_f = (44 \div 46) \cdot 10^{-5}$  миқдорни ташкил этган бўлса, худду шу арматураларда қирқилиш оралиғида деформациялар  $\epsilon_f = (15 \div 25) \cdot 10^{-5}$  миқдорга тенг бўлди. IV серия тўсинларида эса бўйлама ишчи арматураларнинг деформациялари соф эгилиш соҳасида  $(42 \div 44) \cdot 10^{-5}$  га, қирқилиш оралиғида эса  $(12 \div 25) \cdot 10^{-5}$  миқдорга тенг бўлди. Бу ҳолатга юкларнинг  $Q = (0,18 \div 0,21)Q_{ult}$  қийматлари мос келади.

Намуна тўсинларида кесим бўйлама ўқига нисбатан тик ёриқлар ҳосил бўлгандан сўнг, бўйлама ишчи арматуралардаги деформациялари соф эгилиш соҳасида  $(150 \div 220) \cdot 10^{-5}$  миқдорни, қирқилиш соҳаларида эса  $(50 \div 100) \cdot 10^{-5}$  миқдоргача ортди.

қийматларга қониқарли даражада мос келиши аниқланди.

Композит арматурали эгилювчи бетон элементларда кучлар таъсири остида намуна тўсинларнинг узунлиги бўйича бўйлама арматураларнинг деформациялари нотекис тақсимланган бўлади.

Бўйлама чўзилувчи арматураларда ёриқлар ҳосил бўлгунга қадар деформациялар юк ортиши билан пропорционал равишда ортиб боради. Бунда, соф эгилиш соҳасидаги деформациялар қийматлари кўндаланг кучлар таъсир этувчи қирқилиш оралиғидагидан кўра бирмунча ортиқроқ бўлди.

Тўсинларнинг чўзилувчи соҳаларида кесим бўйлама ўқига тик ёриқлар ҳосил бўлгандан сўнг, бўйлама арматуралардаги деформациялар тезроқ орта бошлади. Бу ҳолат айниқса



Қия ёриқларнинг ҳам ҳосил бўлиши, қирқилиш оралиғида ҳам бўйлама ишчи арматуралардаги деформацияларнинг  $(150\div 250)\cdot 10^{-5}$  микдоргача ошишига олиб келди.

Юкларнинг кейинги ортиши, тўсинларнинг узунлиги бўйича бўйлама ишчи арматуралар деформацияларининг бирмунча “Текисланишига” – тенглашишига олиб келди. Шу тариқа, юклар ортиб бориши билан, бўйлама ишчи арматуралардаги деформацияларнинг ҳам ортиб бориши кузатилди. Юклар микдори  $(0,8\div 0,9)Q_{ult}$  оралиғида бўлганида бўйлама ишчи арматураларнинг деформациялари  $(300\div 400)\cdot 10^{-5}$  микдорларгача етиши аниқланди.

Ўлчов натижаларига кўра, ёриқлар ҳосил бўлишидан аввал бўйлама чўзилувчи арматураларда  $(80\div 120)$ МПа кучланишлар вужудга келар экан. Чўзилувчи ишчи арматураларнинг соф эгилиш соҳасидаги ўртача нисбий деформациялари, юк микдори ортиб боргани сари, эгри чизикли қонуният бўйича тинимсиз ортиб боради, бунда айниқса юкнинг юқори қийматларида тезроқ ортиши кузатилди.

Юк микдори бузувчи кучларга яқин бўлганда, арматуралардаги деформациялар  $(1000\div 1200)\cdot 10^{-4}$  қийматларгача эришиши кузатилди. Графикдан бундай ҳолларда, арматуралардаги чўзувчи кучланишлар 520÷650 МПа ни ташкил этишини аниқлаш мумкин.

Тўсинларнинг қирқилиш оралиғидаги чўзилувчи бўйлама арматуралардаги деформациялари, соф эгилиш соҳаларидагига нисбатан 1,2-1,5 марта кам бўлди. Ушбу арматураларда фақат энг катта юклар берилганда, яъни тўсинда чегаравий ҳолат юзага келишидан аввал деформацияларнинг шиддатли ортиши ва тўсинларнинг соф эгилиш соҳаларида арматуранинг деформацияларига яқинлашиши кузатилди.

Сиқилувчи бўйлама арматураларда деформациялар, берилаётган юк  $(0,4\div 0,6)Q_{ult}$  қийматларга етгунга қадар деярли тўғри чизик бўйича оз микдорда ошиб борди. Бундан кейинги юкларнинг ортиши натижасида график эгри чизик бўйича ўзгара бошлади ва деформацияларнинг бирмунча ортиши кузатилди. Тўсин намуналари бузилишига яқин қолганда, сиқилувчи соҳадаги арматураларда  $\varepsilon'_f=(100\div 150)\cdot 10^{-4}$  қийматларгача етувчи сиқилиш деформациялари кузатилди. Бундан шундай ҳулоса чиқариш мумкинки, сиқилувчи бўйлама арматураларда чегаравий ҳолатларда  $\sigma'_f = 100$  МПа дан ортадиган кучланишлар ҳосил бўлар экан.

Бетоннинг бўйлама сиқилиш деформациялари берилаётган куч қиймати 20 кН гача бўлган вақтда унча катта қийматларга эга бўлмайди ва уларнинг ўзгариши деярли тўғри чизик бўйича ортиб боради.

Юкларнинг бундан кейинги босқичларда ортиб бориши, бетоннинг бўйлама сиқилиш деформацияларининг жадал ошиб боришига олиб келди. Намуна тўсинларда босқич юкининг қиймати бузувчи юкка яқинлашганда,  $Q=(0,85\div 0,95)Q_{ult}$  энг катта сиқилиш деформацияларининг қиймати микдори  $(140\div 160)\cdot 10^{-5}$  гача етиши кузатилди. Юкларнинг сўнгги босқичида, бетоннинг бўйлама сиқилиш деформациялари  $(150\div 175)\cdot 10^{-5}$  гача етиши аниқланди ва бетондаги кучланишлар унинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасидаги микдорларга эришди. Бунда, босқич юки микдори бузувчи

юкнинг 35÷40% ига етганидан сўнг, сиқилувчи соҳадаги бетонда ноэластик деформацияларнинг тўпланиб бориши содир бўлди.

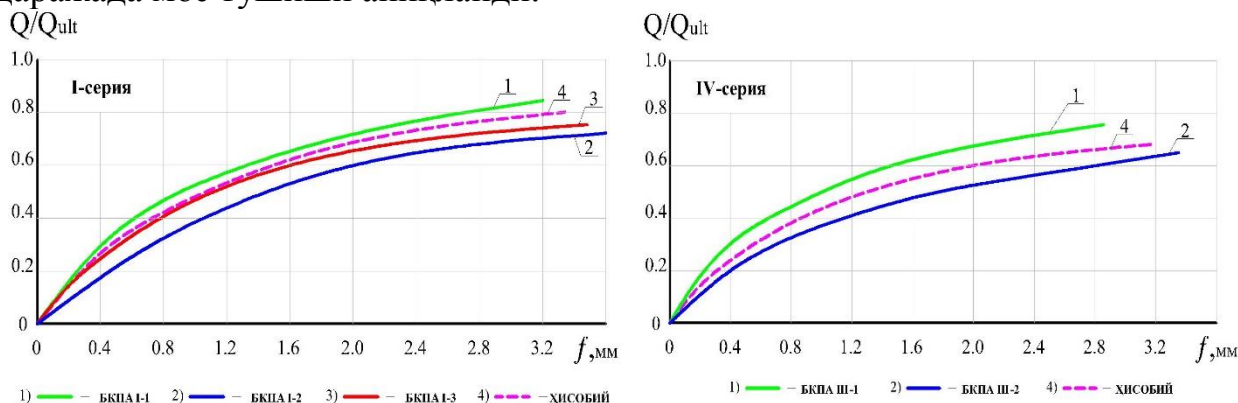
Композит арматурали эгиловчи бетон тўсинларнинг салқилиги элемент таянчлари орасидаги масофага, юкнинг миқдorigа, тўсиннинг арматураланишига ва бетоннинг мустаҳкамлигига боғлиқ бўлади.

Юкларнинг кичик қийматларида,  $Q=0,2\div0,3Q_{ult}$ , намуна тўсинларнинг салқиликлари унча катта бўлмади ( $f \leq 0,4\text{мм}$ ) ва улар деярли чизикли равишда ортиб борди. Босқич юкининг ортиб бориши билан график эгри чизикли тавсифга эга бўла бошлайди ва  $Q \geq 0,4Q_{ult}$  қийматларда салқиликнинг жадал ортиши кузатилади (5-расм).

$Q > 0,6Q_{ult}$  қийматларда салқиликлар кескин ортди ва уларнинг миқдори 2,4-3,2мм гача етиши қайд этилди. Бу ҳолат композит арматуранинг юқори деформацияланувчанлиги билан изоҳланади.

Тўсинларда чегаравий ҳолатлар вужудга келишидан олдин улардаги салқиликлар  $f = 3,2\div4,0\text{мм}$  гача етиши кузатилди.

Намуна тўсинларининг тажрибаларда аниқланган ва назарий ҳисоблар бўйича топилган салқилиklarини таққослаганда, уларнинг қониқарли даражада мос тушиши аниқланди.



**5-расм. Намуна тўсинларда салқиликларнинг ривожланиши**

Намуна тўсинларининг эксплуатация юкларига ( $0,5-0,65M_{ult}$ ) мос келувчи салқиликлари қуйидаги қийматларни ташкил этди:

$$\text{I серия тўсинлар учун : } f_{\text{ўр}} = 2,8\text{мм}, \quad \frac{f_{\text{ўр}}}{l} = \frac{l}{750} < f_{ult} = \frac{l}{200}$$

$$\text{II серия тўсинлар учун : } f_{\text{ўр}} = 2,4\text{мм}, \quad \frac{f_{\text{ўр}}}{l} = \frac{l}{875} < f_{ult} = \frac{l}{200}$$

$$\text{III серия тўсинлар учун : } f_{\text{ўр}} = 3,0\text{мм}, \quad \frac{f_{\text{ўр}}}{l} = \frac{l}{700} < f_{ult} = \frac{l}{200}$$

$$\text{IV серия тўсинлар учун : } f_{\text{ўр}} = 3,2\text{мм}, \quad \frac{f_{\text{ўр}}}{l} = \frac{l}{656} < f_{ult} = \frac{l}{200}$$

Синов натижаларидан маълум бўлдики, тўсинларнинг салқиликлари меъёрларда йўл қўйиладиган чегаравий қийматлардан ошмас экан.

Намуна тўсинларга юк берилиши бошлангандан сўнг, юклашларнинг дастлабки босқичларида бетон ва арматуралар эластик ишлайди, уларда ёриқлар пайдо бўлмаган бўлади. Бетон ва арматуралардаги кучланишлар миқдори кичик бўлади ва ноэластик деформациялар ривожланмайди.

Юк миқдори ортиб борган сари, тўсинларнинг чўзилувчи соҳасидаги бетонда кучланишлар, унинг чўзилишга бўлган ҳисобий қаршилигига етади ва дастлабки ёриқлар пайдо бўлади. Шу вақтдан бошлаб намуна тўсинларда сифат жиҳатдан мутлақо бошқа кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати

бошланади, бетон ва арматурадаги кучланишлар қайта тақсимланиши кузатилади. Дастлабки ёриқлар ҳосил бўлгач, бетон чўзилувчи соҳада деярли қаршилигини йўқотади, арматура билан факатгина ёриқлар орасидаги участкалардагина бетоннинг биргаликда ишлаши кузатилади.

Ёриқлар ҳосил бўлгандан сўнг, бўйлама чўзилувчи арматуранинг деформациялари сезиларли даражада ортади, бу ҳол айниқса ёриқлар арматурани кесиб ўтувчи жойларда яққол намоён бўлади.

Қирқилиш оралиғи  $a/h_0 = 1,48$  га тенг бўлган намуна тўсинларда яққол ифодаланган қия ёриқнинг ҳосил бўлиши ва ривожланиши рўй берди. Кейинчалик, ушбу ёриқнинг кенгроқ очилиши ва намуна тўсинининг тўсатдан мўрт синиши содир бўлди.

Куч билан юк оралиғи 70 смга тенг бўлган ҳолларда, тўсинларнинг бузилиши нисбатан тинч, сокинроқ вазиятда рўй берди,  $a=40$  см бўлган ҳолларда эса, тўсинларнинг бузилиши мўрт, тўсатдан юз берди.

Бошқа кўрсаткичлари бир хил бўлган ҳолда қирқилиш оралиғининг  $a/h_0 = 2,59$  дан  $a/h_0 = 1,48$  гача камайиши натижасида тўсинларнинг юк кўтариш қобилияти  $Q_{ult}$  нинг 1,48 баробар ортиши кузатилди. Ҳудди шундай, хомутлар билан арматураланиш бир хил бўлгани ҳолда, бўйлама арматураланиш коэффицентининг  $\mu_f = 0,641$ дан 0.942 гача, яъни 1,47 баробар ортиши натижасида тўсиннинг бузилиш вақтида қабул қила оладиган моменти 18,8кНм дан ўртача 28,0 кНм гача, яъни 1,49 баробар ортишига олиб келди.

Тажрибаларда намуна тўсинларида, максимал эгувчи моментнинг нисбий қиймати ортиши билан, элемент қия кесимининг нисбий мустаҳкамлигини пасайиши аниқланди.  $\frac{M_{ult}}{Q_{ult}h_0}$  нинг қиймати 1,48 ва 1,67 дан 2,59 гача ортиши тўсинлар қия кесимларининг нисбий мустаҳкамлиги мос равишда 1,35 ва 2,25 марта камайишига олиб келган. Композит арматурали эгилувчи бетон элементларнинг мустаҳкамлиги, юкнинг қўйилиш жойи ва унинг қийматига, шунингдек, конструкциянинг бузилиш шаклига боғлиқ бўлиши аниқланди. Қирқилиш оралиғи  $a/h_0 = 0,5 \div 1,5$  бўлганда эгилувчи элементнинг ишлаши ва кучларга қаршилиги учун нисбатан қулай шароитлар яратилади.

$a/h_0$  нисбатнинг камайиши элемент бузилишидан олдин қабул қиладиган кучнинг ортишига олиб келади. Бунда максимал эгувчи момент миқдори сезиларли даражада ўзгармайди. Шунингдек, бузилиш сиқилувчи соҳа бетонида юз бериб, бўйлама чўзилувчи арматуралардаги кучланишлар ўзининг максимал қийматига эришса, эгилувчи элементнинг мустаҳкамлиги юқори бўлади. Агар бузилиш вақтида хомутларнинг боғламлари мустаҳкамлигини йўқотиши, узилиши ва бўйлама арматуранинг бетон билан тишлашишининг бузилиши натижасида рўй берса, тўсиннинг мустаҳкамлиги сезиларли даражада пасаяди.

Тажрибада синалган намуна тўсинларининг ШНҚ 2.03.14.18 «Композит полимер арматурали бетон конструкциялар»да келтирилган усуллар асосида ҳисобланганда, бузувчи кучларнинг қийматлари қоникарли даражада мос келиши аниқланди.

Мазкур диссертация тадқиқотларида белгиланган муҳим вазифалардан бири, пўлат арматурали эгилувчи темирбетон элементлар билан шишапластик

арматурали бетон тўсинларнинг куч остида ишлашни таққослаш ва композит арматураларнинг пўлат арматурага муқобил бўла олишини аниқлашдан иборат эди. Шу мақсадда, кўплаб тадқиқотчиларнинг эгилувчи темирбетон конструкциялари устида олиб борган ишлари ўрганиб чиқилиб, таҳлил қилинди. Таққослаш учун олинган ишларда тажриба намуналарининг ўлчамлари, бетон синфлари, арматуралаш коэффициентлари, элементларнинг юкланиш схемалари, ёриқларнинг ҳосил бўлиш ва ривожланиш жараёнлари, бузилиш шакллари, салқиликларининг ривожланиши каби жиҳатлари ҳисобга олинди ва қиёслашнинг моҳияти, самарадор бўлишига эътибор қаратилди.

Шунинг билан биргаликда, юқори даражали юклаш босқичларида композит арматурали эгилувчи бетон элементларда тик ва қия ёриқларнинг очилиш кенглиги (эни) пўлат арматурали эгилувчи темирбетон конструкцияларникига қараганда каттароқ бўлишини ва конструкцияларнинг кўпроқ салқилланилишини (бикрликнинг бирмунча пастлигини) таъкидлаш зарур. Шунга қарамасдан, юк кўтарувчи эгилувчи конструкцияларда меъёрий ҳужжатларда қўллаш мумкин эмаслиги белгилаб қўйилган ҳоллардан ташқари жойларда ва объектларда композит арматуралар муваффақиятли қўлланилиши мумкин.

Диссертациянинг **“Тадқиқ этилган конструкцияларнинг техник-иқтисодий самарадорлиги”** деб номланган тўртинчи бобида композит арматурали эгилувчи бетон конструкцияларининг ҳисоблаш бўйича амалий тавсиялар, металл сарфи ва иқтисодий самарадорлиги таҳлил этилган.

Бажарилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар шишапластик композит арматуралар билан арматураланган эгилувчи бетон конструкцияларни чегаравий ҳолатлар усули бўйича ҳисоблаш ва уларни лойиҳалаш бўйича амалий тавсияномаларни ишлаб чиқиш имконини берди.

1. Композит арматурали бетон конструкцияларни ҳисоблашда пўлат арматурали темирбетон конструкциялар учун ишлаб чиқилган чегаравий ҳолатлар усули асос қилиб олинганлиги ҳар жиҳатдан тўғри ёндашув эканлиги, ўтказилган тажрибалар натижасида ўзининг тасдиғини топди. Бунда, янги экспериментал тадқиқотлардан олинадиган натижалар асосида эмпирик боғланишларга даврий равишда тегишли ўзгартиришлар киритиб борилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

2. Композит арматурали эгилувчи элементларни қия кесимлари бўйича мустаҳкамликка ҳисоблашда, унинг юкланиш схемасига кўра қатор қия кесимлар кўриб чиқилиши керак. Бунда, элементнинг бўйлама ва кўндаланг арматураланишига эътибор қаратиш зарур бўлади. Кўрилган қия кесимлардан энг ноқулайи бўйича ҳисоблар бажарилиши талаб этилади.

3. Шишапластик арматурали эгилувчи бетон конструкцияларининг қия кесимлари бўйича мустаҳкамликка ҳисоби, бир вақтнинг ўзида ҳам кўндаланг кучлар таъсирига, ҳам эгувчи моментлар таъсирига бажарилиши шарт. Бундан ташқари, тўсинлар бўйлама ишчи арматураларнинг бетондан суғурилиш ёки сирпаниб силжиши ҳолатига ҳам, ҳисобланиши керак, чунки бундай ҳолат юз берганда элементнинг қия кесимлари энг паст мустаҳкамликка эга бўлади.

Тажрибаларда вертикал хомутлар билан бўйлама ишчи арматуралар боғламаси кўндаланг кучлар таъсири остида энг заиф жойларидан бири эканлиги аниқланди. Шу сабабли, хомутларнинг бўйлама арматуралар билан

боғланишини ишончли бажарилишига алоҳида эътибор қаратилиш зарур. Бунда, хомутларни бўйлама арматурага букиб боғланиши яхши натижа беради (очик ёки ёпиқ хомут билан); акс ҳолда хомутлар жадаллиги калинлаштирилиши (қадами қисқартирилиши) талаб этилади.

Бажарилган назарий-экспериментал тадқиқотлар композит шишапластик арматуралар бетон билан яхши бирикиши, яъни ишончли тишлашишини, кучлар остида улар то бузилгунча, биргаликда қаршилиқ кўрсатишини аниқлаш имконини берди. Композит арматурали эгилувчи бетон конструкциялар ҳам худди, пўлат арматурали темирбетон элементлар сингари айнан шундай кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатда бўлади ва ишончли мустаҳкамликни таъминлайди. Фойдаланишга киритилган амалдаги ШНҚ 2.03.14.18 «Композит полимер арматурали бетон конструкциялар»да композит арматураларнинг қўлланилишига қўйилган чекловлардан ташқари ҳолатларда, шишапластик композит арматуралар бино ва иншоотларнинг юк кўтарувчи эгилувчи бетон конструкцияларида муваффақиятли равишда ишлатилиши мумкин. Бунинг натижасида катта миқдорда импорт қилинувчи қиммат пўлат арматурани тежаш имконияти яратилади ва маҳаллий хом ашёлардан ишлаб чиқариладиган шишапластик композит арматуранинг қўлланилиши натижасида иқтисодиётда сезиларли самарадорликка эришилади.

## ХУЛОСА

“Композит арматураланган эгилувчи тўсинларнинг мустаҳкамлик, бикрлик ва ёриқбардошлигини тадқиқ қилиш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Шишапластик композит арматуралар билан арматураланган эгилувчи бетон тўсинларнинг юклар остида кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тавсифи, уларда тик ва қия ёриқларнинг ҳосил бўлиши, ривожланиши ва очилиши (кенгайиши), бўйлама чўзилувчи ва сиқилувчи зоналарида деформацияларнинг ривожланиши, куч таъсири остида элементларда салқиликларнинг ортиб бориши, чегаравий ҳолатларнинг вужудга келиши ва конструкцияларнинг бузилиш шакли ва тавсифи пўлат арматурали эгилувчи темирбетон элементлар билан сифат жиҳатидан бир хил бўлиши аниқланди.

2. Юкларнинг кичик қийматларида, яъни чўзилиш соҳасида  $\sigma_{bt} < R_{bt}$  бўлганда тўсинларда асосан эластик деформациялар ва кучланишлар ҳосил бўлади, элементлар ёриқларсиз ишлайди. Чўзилиш соҳасида  $\sigma_{bt} \rightarrow R_{bt}$  қийматларга эришгач, дастлаб тўсинларнинг соф эгилиш соҳасида кесим бўйлама ўқига нисбатан нормал ёриқлар ҳосил бўлди, кейинчалик, юк ортиб боргани сири Q ва M лар биргаликда таъсир этадиган қирқилиш оралиқларида қия ёриқлар ҳам ҳосил бўлди. Дастлабки ҳосил бўлган нормал ва қия ёриқларни очилиш кенглиги ( $\alpha_{crc}$ ) 0,05-0,1 мм ни ташкил этди.

3. Таъсир этувчи юклар ортиб боргани сари, нормал ва қия ёриқларнинг ривожланиши, сиқилувчи соҳа баландлигининг қисқариши, ёриқлар очилиш кенглигининг 0,1-0,3 мм гача етиши кузатилди. Юклар даражаси (0,6÷0,85)  $Q_{ult}$  оралиғида бўлганда ёриқларнинг интенсив ривожланиши, улар очилиш кенглигининг  $\alpha_{crc} = 0,4 \div 0,7$  мм гача етиши рўй берди. Бундан сўнг

юкларнинг ортиши тўсинларда чегаравий ҳолатларнинг вужудга келишига олиб келди.

4. Чегаравий ҳолатлар вужудга келгандан сўнг, юкларнинг оз миқдорда ортиши ёки босқич юки даражасида ушлаб туриш оқибатида, намуна тўсинларининг бузилиши содир бўлди. Элементлар бузилишига аксарият ҳолларда, хомутларнинг бўйлама арматуралар билан боғлиқ бириктирилишининг заифлиги оқибатида, хомутнинг бирикмадан суғурилиши натижасида тўсинларнинг қия кесимлари бўйича синиши рўй берди. Шунини таъкидлаш жоизки, бузилиш содир бўлгунга қадар элемент қия кесими бўйича ҳам, соф эгилиш соҳасида тик кесими бўйича ҳам, чегаравий ҳолатда эканлиги қайд этилди.  $a/h_0 = 2,59$  бўлган намуна тўсинлари нисбатан сокин, тинч ҳолатда бузилди,  $a/h_0 = 1,48$  бўлган элементларнинг бузилиши эса мўрт ҳолатда тўсатдан содир бўлди.

5. Бўйлама чўзилувчи арматураларда ҳосил бўлган максимал деформациялар, уларда композит арматуранинг ҳисобий қаршилигига етиб борадиган миқдорлардаги чўзувчи кучланишлар вужудга келганини кўрсатди. Сиқилувчи бўйлама арматуралардаги деформациялар  $(100-150) \cdot 10^{-4}$  қийматларгача эришди. Бетон сиқилувчи соҳасининг деформациялари бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига тенг келадиган кучланишларнинг ҳосил бўлганидан далолат берди.

6. Кучлар остида намуна тўсинларда салқиликлар куч қийматига мос ҳолда ошиб бориши кузатилди. Кичик юкларда салқиликлар деярли тўғри чизик қонунияти билан ортиб борган бўлса, юқори даражадаги юкларда уларнинг кескин ортиши кузатилди. Тажрибада аниқланган салқиликлар миқдори назарий ҳисобланган қийматлар билан қониқарли даражада мос келиши кузатилди.

7. Композит арматурали тўсинлар ҳам, худди пўлат арматурали тўсинлар каби ишлаганлиги учун, бундай тўсинларни ҳам пўлат арматурали тўсинлар сингари чегаравий ҳолатлар усулида ҳисоблаш ва лойиҳалаш таклиф қилинади. Бунда, конструктив жиҳатдан композит арматуранинг хусусиятларини эътиборга олувчи тегишли ўзгаришлар киритиш мақсадга мувофиқ бўлади. Композит арматуралар қўлланилганда уларга мос келадиган бетон тури ва синфларини белгилаб қўйиш зарур бўлади. Намуна тўсинларида ёриқлар ҳосил бўлишига мос келувчи  $M_{crc}^T$  ва  $Q_{crc}^T$  зўриқишлар миқдорлари ШНҚ 2.03.14-18 бўйича аниқланган  $M_{crc}^X$  ва  $Q_{crc}^X$  миқдорларига етарли даражада яқин эканлиги кузатилди.

8. Шишапластик композит арматуралар билан арматураланган эгиловчи бетон конструкцияларни мустаҳкамлик, бикрлик ва ёриқбардошлигини ҳисоблаш ва лойиҳалаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

9. Композит арматураларни эгиловчи бетон элементларга қўллаш орқали катта миқдорда импорт қилинувчи қиммат пўлат арматурани тежаш имконияти яратилади ва маҳаллий хом ашёлардан ишлаб чиқариладиган шишапластик композит арматуранинг қўлланилиши натижасида иқтисодиётда сезиларли самарадорликка эриш имконини беради.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**УМАРОВ ШОДИЛЖОН АБДУГОФУРОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И  
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ  
КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ**

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

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

**Ташкент – 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.3.PhD/T1369.

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

**Научный руководитель:** Акрамов Хусниддин Ахрарович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Аскарлов Бахтиёр Аскарлович,  
доктор технических наук, профессор  
Усманов Валлахмад Файзуллаевич,  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «19» июля 2021 года в 12<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте. Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдуллы Кадыри, дом 7а. Тел.: (71) 241-10-84; факс: (71) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за № 59 ). (Адрес: 100084, г.Ташкент, улица Милля кольцевая дорога, дом 7. Тел.: (71) 235-43-40, факс: (71) 234-15-11), e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «06» июля 2021 года.  
(Ресепт Протокола рассылки № 3 от «21» июня 2021 года).



**А.И. Адилходжаев**  
Заместитель председателя Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Х.Х. Камилев**  
Учебный секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

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



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Важной задачей при проектировании и производстве строительных конструкций является замена в изгибаемых конструкциях стальной арматуры на аналогичную, изготавливаемую из местного сырья, композитную арматуру. Производству композитной арматуры, её применению и повышению её прочности, модернизации технологии её производства, снижению себестоимости, повсеместному использованию композитных материалов уделяется большое внимание.

В настоящее время на основе производства изгибаемых конструкций с применением арматуры, выполненной из композитных материалов, достигается устойчивость, прочность и долговечность зданий и сооружений. Для изучения этих свойств выполняются многочисленные научно-исследовательские работы. В связи с этим актуальными задачами являются применение в практике строительства композитной полимерной арматуры. Актуально армирование композитной арматурой бетонных конструкций зданий и сооружений, работающих в агрессивной среде; изучение сцепления арматуры с бетоном, повышение модуля упругости, прочности и устойчивости изгибаемых конструкций, повышение трещиностойкости.

В нашей республике особое внимание уделяется развитию строительной отрасли и применению в строительстве инновационных композитных материалов, облегчению конструкций, сокращению расхода металла, обеспечению надежности зданий и сооружений, а также разработке новых конструктивных решений. В Стратегии действий, по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы особо выделены (такие задачи, как строительство, дороги, транспорт, инженерные коммуникации, развитие социальной инфраструктуры, а также реализация целевых программ по модернизации. Из них к наиболее важным относятся задачи по оценке напряженно-деформированного состояния цельных и сборных бетонных конструкций, выполненных на основе композитной арматуры, прочности армированных изгибаемых бетонных элементов, расчету трещиностойкости и жесткости и по выработке рекомендаций по их конструированию.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан за № УП-2615 от 28 сентября 2016 г. "О дальнейших мерах развития строительной индустрии"; за № УП-4947 от 7 февраля 2017 г. "О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан"; за № УП-3182 от 8 августа 2017 г. "Об основных мерах социально-экономического развития регионов"; за № УП-4335 от 23 мая 2019 г. "О дополнительных мерах по ускоренному развитию отрасли производства строительных материалов", а также в других нормативных документах, касающихся отрасли строительства.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в Республике Узбекистан "Энергетика, энергия и ресурсосбережение".

**Степень изученности проблемы.** Проблемой исследования прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых балок, армированных

композитной арматурой, занимались такие видные зарубежные ученые, как А.А. Гвоздев, Ю.В. Чиненков, К.В. Михайлов, Н.А. Мощанский, О.Я. Берг, Н.П. Фролов, Ю.М. Вильдавский, Л.Г. Асланова, G. Kretsis, S.H. Alsayed, V. Gribniak, H.Y. Leung, M.A. Adam, M. Said, A.A. Mahmoud, A.S. Shanour, C. Mias, L. Torres, M. Guadagnini, A. Turon, D. Shantha Kumar, R. Rajkumar, C.E. Bakis, A. Nanni, J.A. Terosky, S.W. Koehler, Y.J. You, Y.H. Park, H.Y. Kim, J.S. Park, C.E. Bakis, A. Nanni, J.A. Terosky, S. W. Koehler, K.T. Park, D.W. Seo, J.H. Hwang, G. Wu, Z.S. Wu, Y.B. Luo, Z.Y. Sun, X.Q. Hu, A. Nanni, M.J. Henneke, T. Okamoto, M.M.S. Cheung, T.K.C. Tsang, Z. Wang, Y. Goto, O. Joh и др. В этом направлении ими выполнены значительные научные исследования по достоинству занявшие свое место в решении этой задачи.

Ряд исследований в республике Узбекистан по изучению прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых балок, армированных композитной арматурой, провели отечественные ученые К.С. Абдурашидов, А.И. Адилходжаев, Х.А. Акрамов, Б.А. Асқаров, А.А. Ашрабов, С.Р. Раззақов, А.А. Ходжаев, В.Ф. Усмонов, С.С. Шаумаров, С.А. Холмирзаев, С. Раззақов, П.Т. Мирзаев и добившиеся в результате многолетних исследований важных научных и практических результатов. ШНК 2.03.14-18” Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой” Министерства строительства Республики Узбекистан явилось плодотворным результатом научных исследований этих ученых. Данный документ позволил применить композитную арматуру в практике строительства.

Анализ проведенных научных исследований, опыт проектирования и строительства зданий и сооружений, свидетельствуют о том, что ряд предложений по применению полимерной композитной арматуры в бетонных конструкциях получил своё подтверждение на практике. Между тем практика показала, что вопрос применения в бетонных конструкциях изгибаемых элементов изучен в недостаточной степени, поэтому требуется проведение дополнительных научных исследований.

### **Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с утверждённой Научным советом Ташкентского архитектурно-строительного института исследовательской темой “Планирование производства стеновых панелей и строительных конструкций из местного сырья, строительных материалов и заполнителей, полученных из промышленных отходов”.

**Цель исследования** - изучение и исследование прочности, трещиностойкости и жёсткости изгибаемых балок, армированных композитной арматурой.

#### **Задачи исследования:**

определить напряженно-деформированное состояние изгибаемых бетонных балок армированных композитной арматурой под воздействием статической нагрузки и дать рекомендации по расчёту и проектированию;

разработать взаимосвязи поперечного армирования сечения с прочностью, жесткостью и трещиностойкостью балок;

выявить силы сцепления с бетоном стеклопластиковой арматуры и её совместной работы с бетоном;

создать автоматизированную программу расчёта композитной арматуры в изгибаемых балках;

установить и изменить места возникновения трещин в вертикальном(нормальном) и наклонном сечениях балок, армированных композитной арматурой.

**Объектом исследования** выбраны бетонные балки, армированные стеклопластиковой композитной арматурой.

**Предмет исследования** - прочность, трещиностойкость и жёсткость бетонных балок, армированных стеклопластиковой композитной арматурой.

**Методы исследования** В ходе исследования проводились: испытание армированных стеклопластиковой арматурой бетонных балок под воздействием кратковременных нагрузок; статический анализ полученных данных, анализ полученных данных от воздействия статической нагрузки, расчёт по предельным состояниям, анализ результатов опытно-испытательных исследований и применявшиеся методы сравнения.

**Научная новизна исследования** состоит в следующем:

теоретическими и экспериментальными исследованиями механических свойств стеклопластиковой композитной арматуры доказана возможность ее применения в изгибаемых бетонных балочных конструкциях;

предложена рекомендации по расчёту и проектированию при расчёте прочност, трещиностойкост и жесткости бетонов армированных с стеклопластиковых композитной арматурой;

доказана возможность повышения прочности и трещиностойкости балки за счет использования стальных хомутов вместо поперечной арматуры при использовании стеклопластиковой композитной арматуры в гибких бетонных балках;

Изменения внутренних растягивающих усилий в бетоне и арматуре определялся путем варьирования величины армирования нормальных и наклонных участков в гибких бетонных балках, армированных композитной арматурой из стекловолокна;

усовершенствована методика расчета на участке откоса с применением гибкой стеклопластиковой композитной арматуры в гибких бетонных балочных конст.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

для обеспечения прочности, трещиностойкости и жесткости балок предложены практические схемы армирования в соответствии внешней нагрузки, разработаны способы армирования(с учётом диаметра арматуры и профилирования периметра) и определены фактические промежутки изгибов и силы сцепления с бетоном;

созданы программы, дающие возможность автоматизированного вычисления прочности, трещиностойкости и жесткости изгибаемых бетонных балок, изготовленных с применением стеклопластиковой арматуры на практике;

определено, что с изменением промежутков прикладываемой силы в изгибаемых балках происходит образование трещин в нормальных и наклонных сечениях; определены количество трещин, их ширина, высоты и расстояния между ними и дают возможность варьирования и создают предпосылки для их учёта в исследованиях.

**Достоверность результатов исследования** состоит в применении современных методов исследования и приборов, проведении теоретических расчетов на основе строительных норм и правил, сопоставлений итогов

экспериментов с данными нормативной документации, компьютерной программы вычислений, а также в сопоставимости результатов экспериментальных и теоретических исследований и подтверждается внедрением в практику.

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

Научное значение результатов исследования состоит в совершенствовании методов расчета бетонных балок с композитной арматурой, а также дать рекомендации по расчёту и проектированию бетонных балок, армированных композитной арматурой.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что реальная оценка напряженных сил в композитной арматуре балок, нормативные показатели, позволяющие устанавливать в определенных точках напряжение и деформацию изгибаемых бетонных балок с композитной арматурой, планирование практических результатов дают возможность достижения прочности, трещиностойкости и жёсткости балок.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов проведённых исследований изгибаемые балки и ленточные фундаменты, армированные композитной арматурой были, применены при строительстве 5-этажных жилых домов Андижанским филиалом ИК “Қишлоқ қурилиш инвест” в 2020 г. (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан от 31 марта 2021 г. №09-06/3562). В результате применения стеклопластиковой арматуры в сейсмопоясах, работающих под воздействием горизонтальной сейсмической нагрузки, обвязочных поясах, стержнях прочность ленточных фундаментов увеличилась в 1,2 раза, жёсткость и трещиностойкость - в 1,1 раза, экономическая эффективность - в 1,05 раза;

При проектировании и расчёте изгибаемых балок, армированных композитной арматурой внедрено компьютерное программное обеспечение (программы зарегистрированы в Агентстве интеллектуальной собственности Республики Узбекистан от 19 ноября 2020 г. за №DGU09712 “Программный расчёта на прочность комбинированно армированных изгибаемых бетонных конструкций”; от 7 июля 2020 г. официально зарегистрированной №DGU 08728 цифровой программой “Автоматизация расчёта композитной арматуры для колонн” и выдана справка Министерства строительства Республики Узбекистан от 31 марта 2021 г. № 09-06/3562. В результате время необходимое на проектирование и расчёты уменьшилось на 15%;

Применение изгибаемых балок, армированных композитной арматурой, рекомендовано для практического использования Главным строительным управлением (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан от 31 марта 2021 г. № 09-06/3562). В результате изгибаемые балки, армированные композитной арматурой, были применены при постройке 4-этажного 24- квартирного жилого дома в центре города Ферганы.

**Опробация результатов исследования.** Результаты проведенного исследования были обсуждены на 2 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ. Из них - 8 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 3 в международных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, для публикации основных научных диссертации доктора философии (PhD). От агентства

интеллектуальной собственности Республики Узбекистан получены свидетельства на разработку программ расчётов на компьютерах (№DGU 08728, №DGU 09712).

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность выполненного диссертационного исследования, приводятся цели и задачи исследования, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна исследования и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования в производство, приводятся сведения об апробации результатов исследования и опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объёме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **“Краткое изложение научно-исследовательских работ, посвященное на исследование прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых бетонных элементов с композитной арматурой”** приведён аналитический обзор научных исследований по рассматриваемой теме в научно-технической литературе. Описаны общие сведения о композиционных материалах. Усилилось внимание в последние годы изучение композитно-полимерной арматуры во многих странах мира, в том числе в Японии, Китае, Англии, Германии, Франции, Италии, США, Канаде, России, Украине и др. Во многих странах также растёт интерес к использованию композитно-полимерной арматуры в строительстве и других отраслях. Создаются новые более эффективные виды полимерной композитной арматуры и проводятся исследования по более широкому применению их при строительстве зданий и сооружений. В развитых странах приняты национальные и международные нормативные документы по применению композитно-полимерной арматуры и на их основе планируются конструкции и внедряются в практику строительства. В качестве примеров можно привести мосты, отделанные композитно-полимерной арматурой, гидротехнические сооружения, восстановление подземной части зданий, создание дорожных покрытий и их элементов, множество расположенных под землёй тоннелей, при сооружении коллекторов и др.

Плотность композитно-полимерной арматуры, компоненты композитных материалов (армирующие нити и матрица) связаны с плотностью композитного материала (плотностью нити) 0,5-0,75 от объёмной массы, принятых в качестве исследованной композитно-полимерной арматуры. Плотность для углепластиковой арматуры - 1430-1670 кг/м<sup>3</sup>, для органической пластиковой арматуры - 1300-1450 кг/м<sup>3</sup>, для стеклопластиковой арматуры - 1730-2180 кг/м<sup>3</sup>, что меньше плотности стальной арматуры в 3,6-6 раз.

Величина коэффициента температурного расширения стальной арматуры несущественно отличается от таких показателей бетона, между тем

как величина коэффициента температурного расширения композитно-полимерной арматуры значительно отличается от аналогичных показателей бетона.

Возможность применения композитно-полимерной арматуры в конструкциях ограничивается температурой остекления полимерной матрицы (при этой температуре полимерная матрица безвозвратно теряет свои физико-механические свойства). Для композитно-полимерной арматуры температура остекления матрицы связана с её типом и располагается в диапазоне  $70 \div 175$  °С. Проведенные испытания показали, что при достижении температуры остекления, прочностные и деформационные свойства композитно-полимерной арматуры резко падают, нарушается её сцепление с бетоном.

Высокие температуры приводят не только к разрушению строения композитно-полимерной арматуры, но и при нагреве стержня в результате поперечного расширения происходит осколочное разрушение защитного слоя. Наиболее остро стоит вопрос защиты конструкций с композитно-полимерной арматурой от возгорания и эта проблема ставит ряд ограничений для её применения.

Нормы и рекомендации по расчёту конструкций с композитной полимерной арматурой в большинстве случаев считаются модификацией нормативов расчёта конструкций со стальной арматурой. Введённые изменения нормируют физико-механические свойства и на основе экспериментальных данных связаны с рядом эмпирических значений.

В некоторых нормах рассматриваются условия работы элементов в зависимости от воздействующей на них нагрузки.

При расчёте бетонных конструкций с композитной полимерной арматурой принят метод расчёта при предельных условиях. Основные гипотезы, заложенные в основу расчёта, состоят из следующего:

- общая гипотеза плоских сечений выполняется на всех этапах работы сечения ;
- наличие совместной работы композитной полимерной арматуры и бетона;
- работа бетона на растяжение не учитывается;
- не берётся в расчёт работа композитно-полимерной арматуры на сжатие;
- композитно- полимерная арматура до разрушения работает по линейной эластичной диаграмме.

Теорий деформации бетона при расчёте конструкций со стальной арматурой сохраняется и для конструкций с композитно-полимерной арматурой.

Коррозиестойкость композитной арматуры, наличие достаточной прочности, требуемые трещиностойкость и жёсткость под действием нормативных нагрузок изгибаемых элементов с применением композитной арматуры, низкая стоимость и изготовление из местного сырья - всё это свидетельствует о том, что композитная арматура способна достойно заменить стальную арматуру.

Во второй главе диссертации, названной **«Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния изгибаемых бетонных элементов с композитной арматурой»**, приведены результаты

экспериментальных исследований, испытательных устройств, приспособлений и измерительных приборов, подготовка испытательных моделей.

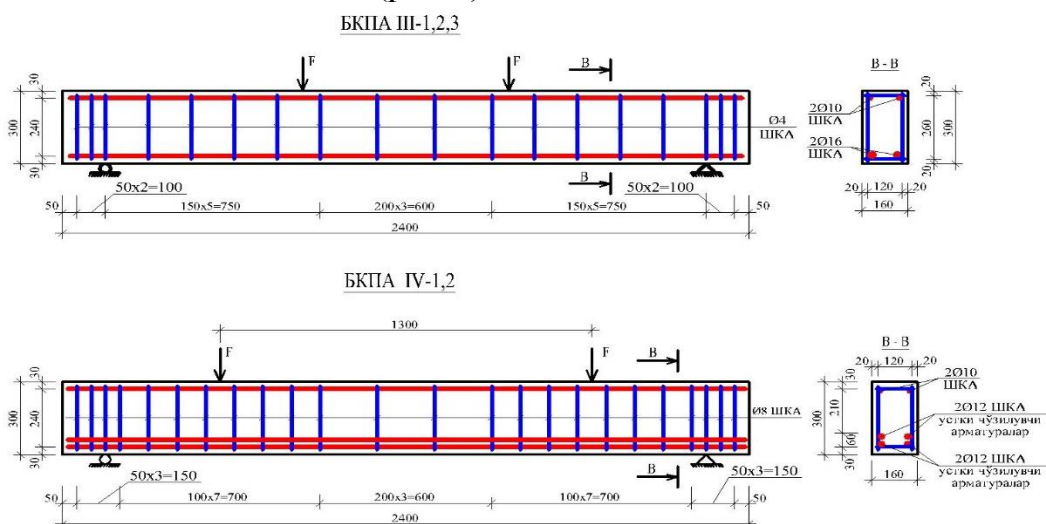
Изучение существующих научно-исследовательских работ и их анализ показали, что работа армированных композитной арматурой изгибаемых бетонных конструкций, работающих под нагрузкой в Республике Узбекистан, еще в недостаточной мере исследована.

Проведение исследований стеклопластиковой арматуры, производимой в Республике Узбекистан для применения в обычных тяжелых бетонах в строительной практике на всех строительных объектах и в значительном объеме, является оптимальным вариантом.

Для проведения экспериментальных исследований изготовлены испытательные модели образцы-балки с прямоугольными поперечными сечениями.

Для изготовления балок принят обычный тяжелый бетон. В качестве вяжущего для бетона использован портландцемент активностью 42,5 МПа, изготовленный на заводе «Турон» в Бешарикском районе Ферганской области. В качестве заполнителей использованы: гранитный щебень с фракциями 5-15мм и речной кварцевый песок, взятые из карьера Акбаробод Кувинского района Ферганской области. Состав бетона подобран с учетом соответствия его кубиковой прочности при сжатии классам бетона В20-В25.

Образцы-балки с размерами сечения  $b \times h = 16 \times 30$  см, длиной  $l = 240$  см и расстоянием между опорами  $l_0 = 210$  см испытаны на специально изготовленном стенде. Балки изготовлены в деревянной опалубке с обшивкой металлическими листами. Рабочая арматура в балке установлена в растянутой зоне  $2\varnothing 12$  мм или  $2\varnothing 16$  СПА (рис.1).

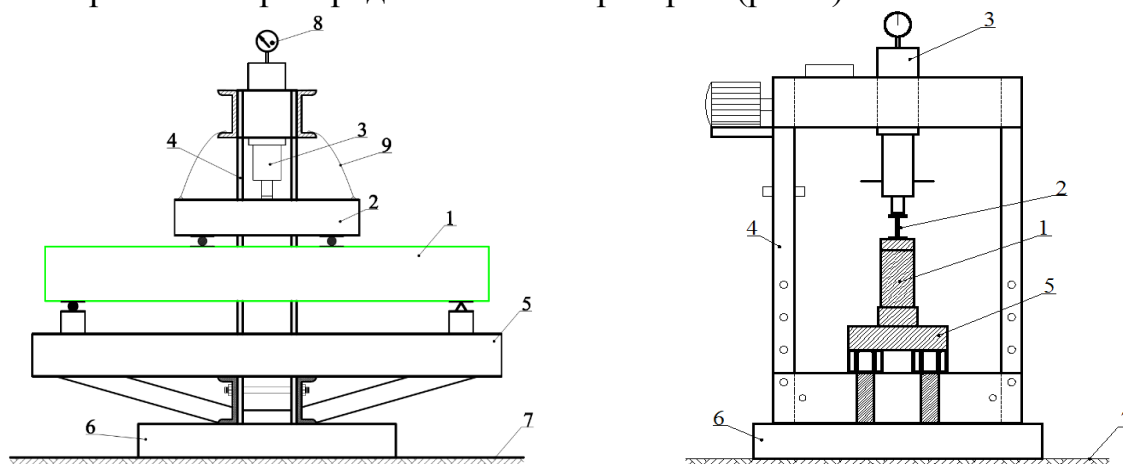


**Рис.1. Схема армирования и загрузки образцов балок**

Композитная арматура хомутов соединена с продольной арматурой вязками из мягкой арматурной проволоки. Арматурный каркас в опалубке установлен и зафиксирован по проекту. Образцы-балки изготовлены из тяжелого бетона класса В20-В25. Одновременно с образцами-балок из этого же состава бетона были изготовлены кубики с размерами 10х10х10см и образцы для испытания на выдергивание. Балки установлены на 2-х

шарнирных опорах стенда (одна из неподвижная, второй подвижная). Расстояния между приложенными силовыми нагрузками составляет 700 и 1300мм, а расстояния между опорами и приложенной силовой нагрузкой составили 700 и 400мм.

Расстояние от опоры до края балки равно 150мм. Нагрузка передается с помощью гидравлического домкрата грузоподъемностью 40 т поэтапно. Для этого применены распределительные траверсы (рис.2).



**Рис.2. Общий вид испытательного стенда спереди и с боку:**

1-испытательные образцы; 2-траверса-распределитель нагрузки (траверса, распределяющая нагрузки); 3- гидравлический домкрат; 4-стойка; 5-опорная балка; 6-опорная плита; 7-основание; 8-монومتر; 9-трос безопасности

Перед началом испытаний со всех измерительных приборов, установленных на балках выписаны все начальные показания. Эти показания приняты в качестве «условного нуля». На каждом этапе нагружение составляло 10%. После приблизительно 20 - минутного ожидания для стабилизации на каждом этапе до и после передачи нагрузки записывались показания всех измерительных приборов.

В третьей главе диссертации, именуемой **«Напряженно-деформированное состояние бетонных элементов, армированных композитной арматурой»**, приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных для проверки прочности, жёсткости и трещиностойкости изгибаемых балок.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что на изгибаемых балках, армированных композитной арматурой под нагрузкой, определены характеристика напряженно-деформированного состояния, появление трещин и их развитие, деформации бетона и арматуры, увеличение прогиба балки, по качеству одинаковое с изгибаемыми элементами со стальной арматурой.

В экспериментальных исследованиях в балках-образцах появление трещин определяется в зависимости от значений деформации арматуры и бетона. При этом боковая поверхность балки при нагружении тщательно осматривается. Такой тщательный осмотр и относительно малые нагрузки на этапах ( $\sim 0,05F_{ult}$ ) дают возможность при экспериментах определять величины нагрузки при появлении трещин.

Во всех испытываемых балках-образцах в начале в зоне чистого изгиба



появились вертикальные трещины, затем при увеличении нагрузки между опорами и точками приложения нагрузки (пролет среза) появились и наклонные к продольной оси балки трещины.

При появлении трещин на балках-образцах обнаружено, что величина изгибающего момента  $M_{crс}$  взаимосвязана с расстоянием «а» (пролет среза) между опорами и точкой приложения нагрузки.

Появившиеся на образцах-балках I серии вертикальные трещины при  $a=70$  см ( $a/h_0 = 2,59$ ) имеют изгибающие моменты, равные 9,0-9,3кН·м. При этом отношение момента образования трещин к разрушающему моменту составляет  $\frac{M_{crс}^T}{M_{ult}^T} = 0,205$ .

Во II серии образцов:  $M_{crс}^T = 8,2 - 8,5$  кН · м,  $\frac{M_{crс}^T}{M_{ult}^T} = 0,214$ .

В III серии испытания балок- образцов прочность бетона относительно других балок- образцов меньше, поэтому вертикальные трещины появились при нагрузках, на 8-11% меньших чем у других образцах. При этом отношение  $\frac{M_{crс}^T}{M_{ult}^T}$  уменьшилось, и его величина составила в среднем 0,163.

Первые серии образцов БКПА I-3А и IV серия балок-образцов были испытаны при величине  $a=40$ см ( $a/h_0 = 1,48$ ).

При этом для балки БКПА I-3А величина  $M_{crс}^T = 6,8$  кН · м, а отношение  $\frac{M_{crс}^T}{M_{ult}^T}$  составило 0,24.

В IV серии балок начальные трещины появились при величинах 11,7 и 12,3 кН·м, а соответствующие этому величины  $\frac{M_{crс}^T}{M_{ult}^T}$  в среднем равны 0,31.

Экспериментальные значения отношения моментов трещинообразования к расчётному разрушающему моменту для I, II и IV серий меньше 1,0 и составляют величину от 0,61 до 0,84, среднее их значение равно 0,71. Это свидетельствует о том, что при экспериментах вертикальные трещины появляются при меньших на 30% нагрузках расчётных (теоретических).

В IV серии балок- образцов отношение экспериментальных и расчётных моментов трещинообразования составляет величину 1,04 и 1,07.

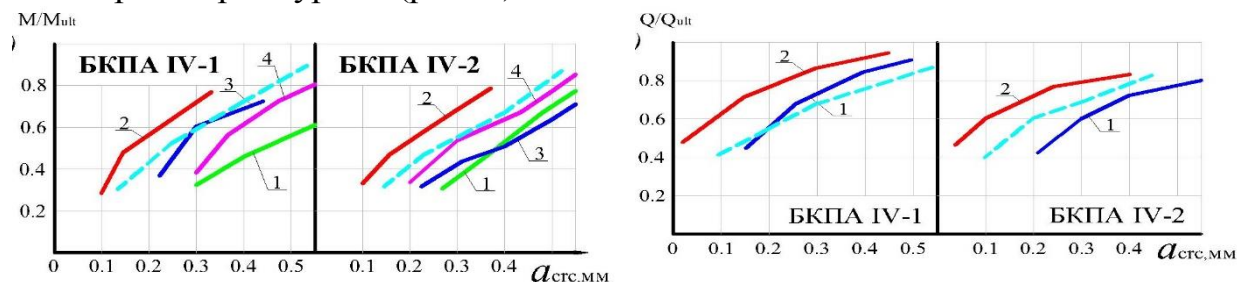
В начале нагружения балок при определенных этапных загрузениях (II и последующие) в зонах чистого изгиба сначала появились одна или две вертикальные трещины, затем по мере увеличения нагрузки появились и новые вертикальные трещины.

Ширина раскрытия наклонных трещин составляла 0,05-0,08мм. При увеличении нагрузки наблюдалось развитие трещин: их концы поднимались по высоте сечения, при этом одновременно увеличивалась их ширина раскрытия.

Ширина раскрытия вертикальных трещин при нагрузке, равной примерно половине разрушающей нагрузки составляла величину  $a_{crс}=0,2-0,35$ мм. Последующее увеличение нагрузки стало причиной интенсивного развития вертикальных трещин и увеличения их ширины раскрытия.

Когда поэтапная нагрузка достигла 0,6-0,85 от разрушающей нагрузки, величина ширины раскрытия вертикальных трещин составила 0,4-0,7мм. Последующее увеличение нагрузки привело к интенсивному раскрытию

вертикальных трещин. При этом ширина раскрытия вертикально направленных относительно продольной оси элемента трещин, по экспериментальным данным имела величины и закономерности изменений удовлетворительно совпадающие с расчётными данными, полученными по методике ШНК 2.03.14-18 «Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой» (рис. 3).



**Рис. 3. Схемы развития наклонных трещин на балках-образцах:**

1–4 – порядковые номера трещин. — — — — — расчётный; — — — — — экспериментальный

На основании теоретического расчёта величины  $M_{crc}^x$  составляют от 11,51 до 12,52 кН·м. Разница между средним значением  $M_{crc}^x$  с наименьшим и наибольшим значениями соответственно составляет 0,63 кН·м (5,2%) и 0,38 кН·м (3,0%). Таким образом, при расчётах для  $M_{crc}^x$  получены практически стабильные значения.

Величины изгибающих моментов трещинообразования  $M_{crc}^T$  для разных балок имеют значительные отклонения. Экспериментальные значения  $M_{crc}^T$  составляли от 7,7-9,1 кН·м (III серия балок-образцов) до 14,24-16,88 кН·м (IV серия балок-образцов).

Выявилось, что значения  $M_{crc}^T$  меняются в соответствии со значениями прочности бетона на растяжение  $R_{bt,ser}$ . Например, в III серии балки- образцы имели наименьшую прочность бетона, в них моменты при появлении трещин, испытанных в таких же условия, что и другие, имели значения в среднем в 1,76 раза меньше.

Отношение экспериментальных моментов трещинообразования  $M_{crc}^T$  к расчётным (теоретическим), кроме III серии образцов, больше чем 1,0 и в среднем составляли 1,18. Для III серии образцов это отношение равно 0,723. Определено, что кроме образцов III серии, в других образцах среднее значение экспериментально полученных моментов трещинообразования равнялось 22% значений разрушающих моментов.

В III серии образцов трещины появились при нагрузках, равных 11% разрушающих моментов.

При I серии балок-образцов ( $a=70$ см) начальные наклонные трещины появились при нагрузке  $Q_{crc}^x = 12,9 - 13,3$  кН, при этом отношение  $\frac{Q_{crc}^T}{Q_{ult}^T}$  составило 0,9. Во II и III сериях балок ( $a=70$ см) значения  $Q_{crc}^T$  находились между 10,4-12,2 кН, при этом отношение поперечной силы, соответствующее появлению трещин, к разрушающим нагрузкам равнялось 0,35-0,38.

Уменьшение величины пролета среза «а» от 70см до 40см, приводит к увеличению трещинообразующей силы. При этом наблюдалось увеличение среднего значения  $Q_{crc}^T$  в 2,18 раза.

При пролете среза  $a=40\text{см}$  в балках-образцах наблюдалась, в основном, одна наклонная трещина, а при  $a=70\text{см}$  появились 2-3 наклонные трещины. С увеличением нагрузки наблюдалось интенсивное раскрытие наклонных трещин. Наклонные трещины особенно интенсивно развивались при величине нагрузки  $0,8Q_{ult}$  и больших нагрузках: раскрытие их ширины составляло  $1,0\text{ мм}$  и больше.

Таким образом, наклонные трещины превращались в критические трещины и происходило разрушение балки.

При величине нагрузки  $(0,5-0,7)Q_{ult}$  в балках ширина раскрытия наклонных трещин была в пределах  $0,2-0,5\text{мм}$ . Результаты теоретических расчётов ширины раскрытия наклонных трещин показали, что расчётные формулы дают возможность получить значения, удовлетворительно соответствующие экспериментальным величинам.

В изгибаемых бетонных элементах с композитным армированием при действии нагрузки на балки-образцы по длине продольной арматуры деформации распределяется неравномерно.

До появления трещин в продольной растянутой арматуре деформация увеличивается пропорционально увеличению нагрузки. При этом величины деформаций в зоне чистого изгиба намного больше, чем в пролете среза.

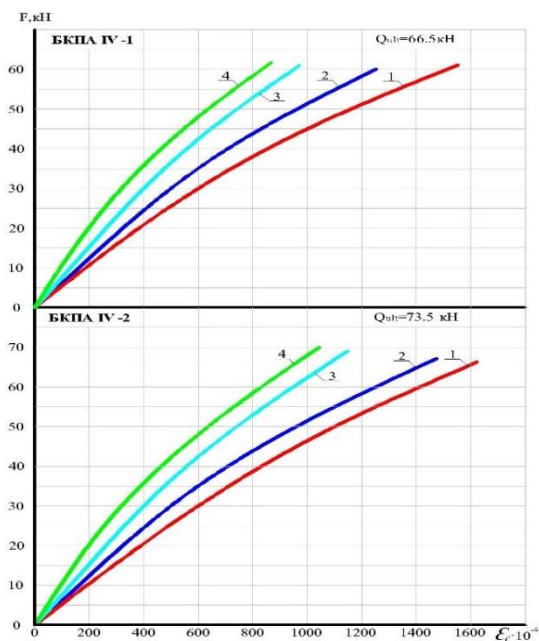
В растянутых зонах балки после появления трещины, направленной вертикально к продольной оси элемента, деформации в продольной арматуре увеличиваются быстрее. Эти случаи особенно ярко выражаются в местах, где трещины пересекают арматуру. До появления вертикальных трещин в зоне чистого изгиба деформация продольной арматуры в 2-3 раза больше, чем в пролете среза (рис.4). Например, если в I серии балок-образцов в зоне чистого изгиба до появления вертикальных трещин деформация продольной рабочей арматуры составляет величину  $\varepsilon_f=(44\div 46)\cdot 10^{-5}$ , то в этой же арматуре в пролете среза величина деформации равна  $\varepsilon_f=(15\div 25)\cdot 10^{-5}$ .

В IV серии балок, деформация продольной арматуры в зоне чистого изгиба равна  $(42\div 44)\cdot 10^{-5}$ , а в пролете среза  $(12\div 25)\cdot 10^{-5}$ . После появления вертикальных трещин относительно продольной оси сечения в балках-образцах величина деформации продольной рабочей арматуры в зоне чистого изгиба  $(150\div 220)\cdot 10^{-5}$ , а в зоне среза увеличивается на значение  $(50\div 100)\cdot 10^{-5}$ . Появление наклонных трещин также способствует увеличению напряжения до значения  $(150\div 250)\cdot 10^{-5}$  в продольной рабочей арматуре в пролете среза.

Последующее увеличение нагрузки приводит к «сглаживанию», выравниванию деформаций в продольной рабочей арматуре по длине балки. Таким образом, с увеличением нагрузки наблюдается увеличение деформаций в продольной рабочей арматуре. Определено, что при значении нагрузки  $(0,8\div 0,9) Q_{ult}$  деформации продольной рабочей арматуры могут достигать значения  $(300\div 400)\cdot 10^{-5}$ . По результатам измерений, перед появлением трещин в продольной растянутой арматуре возникает напряжение равное  $(80\div 120)\text{ МПа}$ .

В среднем относительные деформации рабочей растянутой арматуры в зоне чистого изгиба с увеличением величины нагрузки непрерывно увеличиваются по закономерности кривой линии, что особенно проявляется при быстром увеличении больших значений нагрузки.

Наблюдается, что при значении нагрузки, близкой к разрушающей, деформации арматуры достигают величины  $(1000 \div 1200) \cdot 10^{-4}$ . В таких случаях по графику можно определить, что напряжение в растянутой арматуре составляет  $520 \div 650$  МПа.



**Рис.3. Средняя относительная деформация арматуры набора образцов:** 1, 2-удлиненная арматура в зоне чистого изгиба; 3, 4-удлиненная арматура в зоне выскабливания.

увеличением нагрузки наблюдалось, что график стал меняться по кривой линии и деформации несколько увеличивались.

Когда состояние балки-образца стало близко к разрушению, сжимающие деформации в арматуре в сжатой зоне достигли значения  $\varepsilon'_f = (100 \div 150) \cdot 10^{-4}$ . Отсюда можно сделать вывод: в предельном состоянии в сжатой продольной арматуре возникает напряжение, превышающее  $\sigma'_f = 100$  МПа.

Продольные сжимающие деформации бетона при величине нагрузки до 20 кН составляют небольшие величины и их развитие происходит почти по прямой линии.

Увеличение нагрузки на следующих этапах приводит к интенсивному увеличению продольных сжимающих деформаций бетона. При поэтапной нагрузке  $Q = (0,85 \div 0,95) Q_{ult}$  на балки-образцы отмечается, что величина максимальной деформации сжатия достигает  $(140 \div 160) \cdot 10^{-5}$ . На последнем этапе нагружения определено, что продольные сжимающие деформации бетона достигают значения до  $(150 \div 175) \cdot 10^{-5}$  и напряжение в бетоне достигает значения предела прочности на сжатие. При этом после достижения величины поэтапной нагрузки  $35 \div 40\%$  и более от разрушающей нагрузки происходит накопление неупругих деформаций бетона в сжатой зоне.

Прогиб бетонной балки с композитной арматурой при изгибе зависит от расстояния между опорами, величины нагрузки, армирования балки и прочности бетона.

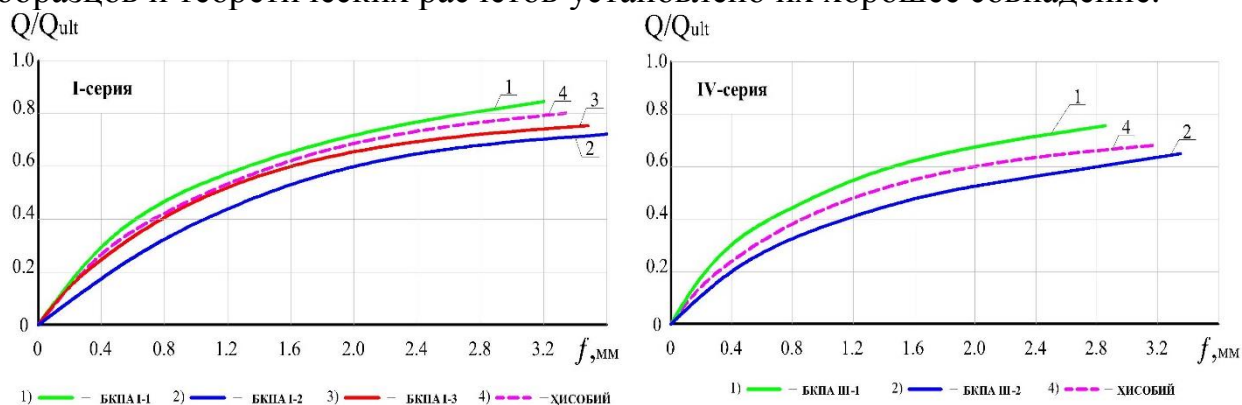
При малых величинах нагрузки  $Q = (0,2 \div 0,3) Q_{ult}$  прогиб балки-образца не очень большой ( $f \leq 0,4$  мм) и увеличивается почти линейно. С повышением этапной нагрузки график получает криволинейный характер. И при величинах  $Q \geq 0,4 Q_{ult}$  наблюдается интенсивное увеличение прогиба (рис.4).

Деформации в продольной растянутой арматуре в пролёте среза балки относительно зоны чистого изгиба будет в  $1,2 \div 1,5$  раза меньше.

В этой арматуре только при наибольших нагрузках, перед появлением предельного состояния балки, наблюдается интенсивное увеличение деформаций арматуры, находящейся в зоне чистого изгиба балки.

Деформации продольно сжатой арматуры при достижении нагрузки до величин  $(0,4 \div 0,6) Q_{ult}$  почти прямолинейно увеличиваются. С

При величинах  $Q > 0,6 Q_{ult}$  прогиб резко увеличивался и фиксировано достижение его значения до  $2,4 \div 3,2$  мм. Этот случай объясняется высокой деформируемостью композитной арматуры. Перед появлением в балках предельного состояния наблюдалось, что прогиб у них достигает  $f = 3,2 - 4,0$  мм. При сравнении прогибов балок, полученных в результате испытаний балок-образцов и теоретических расчетов установлено их хорошее совпадение.



**Рис. 4. Развитие прогибов в балках-образцах**

Прогибы балок-образцов при нагрузках, соответствующим эксплуатационным нагрузкам ( $0,5 - 0,65 M_{ult}$ ), составляют следующие величины:

Для I серии балки  $f_{cp} = 2,8$  мм,  $f_{cp}/l = 1/750 < f_{ult} = l/200$ ;

Для II серии балки  $f_{cp} = 2,4$  мм,  $f_{cp}/l = 1/875 < f_{ult} = l/200$ ;

Для III серии балки  $f_{cp} = 3$  мм,  $f_{cp}/l = 1/700 < f_{ult} = l/200$ ;

Для IV серии балки  $f_{cp} = 3,2$  мм,  $f_{cp}/l = 1/656 < f_{ult} = l/200$ ;

По результатам испытания установлено, что прогибы балок не превышают предельных значений, допустимых нормами.

В начальной стадии нагружения балок бетон и арматура работают упруго сопротивляясь появлению трещин.

Величины напряжений в бетоне и арматуре не велики и неупругие деформации не развиваются. С увеличением величины нагрузки, напряжения в бетоне в растянутой зоне балки достигают его расчетного сопротивления на растяжение и появляются первые трещины, бетон в растянутой зоне почти теряет сопротивление, совместное действие арматуры и бетона наблюдается только на участках между трещинами.

После появления трещин деформации в растянутой арматуре существенно увеличиваются, что особенно ярко проявляется в местах пересечения трещины с арматурой.

В балках-образцах с пролетом среза  $a/h_0 = 1,48$  активизируется появление особенно ярко проявляющихся наклонных трещин и их развитие. Позже происходит расширение этих трещин и в балках-образцах наступает внезапное хрупкое разрушение.

При случае, когда пролет среза равен 70 см, разрушение балки происходит относительно спокойно, тихо, а случае  $a = 40$  см хрупко и внезапно.

При прочих равных условиях в результате уменьшения пролета среза от  $a/h_0 = 2,59$  до  $a/h_0 = 1,48$  наблюдается увеличение несущей способности балки  $Q_{ult}$  в 1,8 раза.

Также при одинаковом поперечном армировании в результате

увеличения коэффициента продольного армирования от  $\mu_f=0,641$  до 0.942, т.е. увеличения в 1,47 раза, моменты, принимаемые во время разрушения увеличивались от 18,8 кНм в среднем до 28,0, т.е. происходило увеличение в 1,49 раза.

В экспериментах в балках-образцах с увеличением относительной величины максимального изгибающего момента, снижалась относительная прочность наклонного сечения элемента.

С увеличением величины  $\frac{M_{ult}}{Q_{ult}h_0}$  от 1,48 и 1,67 до 2,59 относительная прочность наклонного сечения балки уменьшалась соответственно в 1,35 и 2,25 раза. Установлено, что прочность бетонных элементов с композитной арматурой зависит от места приложения нагрузки и его значения, а также от вида разрушения элемента.

При пролете среза  $a/h_0 = 0,5 \div 1,5$  для работы изгибающих элементов создаются более благоприятные условия:

уменьшение отношения  $a/h_0$  приводит к увеличению нагрузки, воспринимаемой элементом перед разрушением.

При этом величина максимального изгибающего момента в существенной степени не меняется. Если разрушение происходит по сжатой зоне бетона и напряжение в продольной растянутой арматуре достигает своего максимального значения, то прочность изгибаемого элемента будет высокой. Если в процессе разрушения связки хомутов теряют свою прочность, расходятся и в результате этого происходит разрушение сцепления бетона с продольной арматурой, тогда прочность балок существенно снижается.

При расчете экспериментально испытанных балок-образцов на основе метода, приведенного в ШНК 2.03.14.18 «Бетонные конструкции с композитным полимерным армированием», определено, что величина разрушающей силы в удовлетворительной степени соответствует опытным.

Одной из основных намеченных задач исследований в настоящей диссертации являлось сопоставление работы под нагрузкой изгибаемых железобетонных элементов со стальной арматурой с бетонными балками со стеклопластиковой арматурой и установление возможности применения композитной арматуры альтернативой стальной арматуре. С этой целью изучались работы многих исследователей по изгибаемым железобетонным конструкциям и проведен их анализ.

В принятых работах для сопоставления учтены размеры экспериментальных образцов, класс бетона, коэффициент армирования, схемы нагружения элементов.

Появление трещин и процесс их развития, схемы и вид разрушения, развитие прогибов и тому подобных факторов и составляют сущность сопоставления и его эффективность.

Вместе с тем, необходимо отметить, что на верхних стадиях загрузки в изгибаемых бетонных элементах с композитной арматурой ширина раскрытия вертикальных и наклонных трещин, развитие прогибов по сравнению с изгибаемыми железобетонными элементами со стальной арматурой значительно больше и конструкции имеют меньшую жесткость. Несмотря на это, в несущих изгибаемых конструкциях, кроме объектов, запрещенных нормативной документацией, композитную арматуру можно



применять успешно.

В четвертой главе диссертации, названной “**Технико-экономическая эффективность исследуемых конструкций**”, даны практические рекомендации по расчету изгибаемых бетонных конструкций с композитной арматурой, расхода металла и приведен анализ экономической эффективности.

Выполненными экспериментальными и теоретическими исследованиями представлена возможность разработки следующих практических рекомендаций по расчету изгибаемых бетонных конструкций с композитной арматурой по методу предельных состояний и их проектированию:

1. При расчете бетонных конструкций с композитной арматурой принят за основу расчет по методу предельных состояний, который разработан для железобетонных конструкций со стальной арматурой, что оказалось всесторонне правильным решением, подтвержденным результатами проведенных экспериментальных исследований. При этом на основе результатов, полученных экспериментальными исследованиями, целесообразно с течением времени вносить соответствующие изменения в эмпирические зависимости.

2. При расчете прочности наклонных сечений изгибаемых элементов с композитной арматурой по схеме их нагружения необходимо рассмотреть ряд наклонных сечений. Тогда будет необходимо обратить внимание на армирование элементов продольной и поперечной арматурой. Из рассмотренных наклонных сечений требуется рассчитать самые невыгодные.

3. Стеклопластиковую композитную арматуру в несущих изгибаемых бетонных конструкциях зданий и сооружений можно успешно применять, кроме случаев ограниченного использования композитной арматуры, указанных в ШНК 2.03.14.18 «Композит полимер арматурали бетон конструкциялар», принятого в практике применения. В результате этого появляется возможность сэкономить импортную дорогостоящую стальную арматуру и за счет применения производимой из местного сырья стеклопластиковой композитной арматуры достигается существенная эффективность в экономике.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам проведенных исследований в диссертации на тему «Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых балок, армированных композитной арматурой», представленной на соискание учёной степени доктора философии (PhD) сформулированы следующие выводы:

1. Выявлены характер напряженно-деформированного состояния армированной стеклопластиковой композитной арматурой изгибаемой бетонной балки под нагрузкой, появление в ней нормальных и наклонных трещин, их развитие и раскрытие (расширение), развитие деформаций в продольно растягиваемых и сжатых зонах, увеличение прогиба элементов под нагрузкой, возникновение предельного состояния, формы разрушения конструкции, по характеру и качеству одинаковые с железобетонными изгибаемыми элементами со стальной арматурой.

2. При малых нагрузках, т.е. в растянутой зоне  $\sigma_{bt} < R_{bt}$ , в балках, в основном, проявляются упругие деформации и напряжения и элемент работает без трещин. В растянутой зоне, когда достигается значение  $\sigma_{bt} \rightarrow R_{bt}$ , в зоне чистого изгиба появляются трещины, направленные перпендикулярно продольной оси элемента, в последующем, по мере увеличения нагрузки в пролетах среза от совместного действия  $Q$  и  $M$  появляются и наклонные трещины. Ширина раскрытия первых

нормальных и наклонных трещин составляет  $\alpha_{crc}=0,05-0,1$  мм.

3. С увеличением действующих нагрузок наблюдается развитие вертикальных и наклонных трещин, сокращается высота сжатой зоны, ширина раскрытия трещины достигает  $0,1\div 0,3$  мм. Когда степень нагружения достигает значений  $(0,6\div 0,85)Q_{ult}$  то происходит интенсивное развитие трещин, их ширина раскрытия достигает  $\alpha_{crc}=0,4-0,7$  мм. Последующее увеличение нагрузки приводит к возникновению предельного состояния балки.

4. После появления предельного состояния в результате небольшого увеличения нагрузки или её выдержки на этом этапе происходит разрушение балок-образцов. Разрушение элементов в основном происходит из-за непрочного (слабого) соединения хомутов с продольной арматурой и в результате выдергивания хомутов из соединения в наклонных сечениях. Следует отметить, что до возникновения разрушения по наклонным сечениям элемента, а также в зоне чистого изгиба по вертикальным сечениям зафиксирован факт, что элемент находился в предельном состоянии. При  $a/h_o=2,59$  балки- образцы разрушались спокойно, плавно, а при  $a/h_o=1,48$  разрушение элемента происходило внезапно и хрупко.

5. Максимальные деформации, возникающие в продольной растянутой арматуре, показали, что в ней появились такие растягивающие напряжения, которые достигали расчётного сопротивления композитной арматуры. Деформации в продольной сжатой арматуре достигали значения  $100-150\cdot 10^{-4}$ . Деформации бетона в сжатой зоне свидетельствуют, что появилось такое напряжение, при котором достигается критическая прочность бетона на сжатие.

6. Наблюдалась, что прогиб балок-образцов под нагрузкой увеличивается соответственно увеличению нагрузки. При малых нагрузках прогибы увеличивались почти по закономерности прямой линии, при высокой степени нагрузки наблюдалось их резкое увеличение и искривление графика. Отмечалось, что величины прогибов при испытаниях удовлетворительно соответствовали величинам, полученным теоретическим расчётом.

7. Балки с композитной арматурой работают также как балки со стальной арматурой, следовательно, эти балки можно проектировать и рассчитывать, как балки со стальной арматурой по методу предельного состояния. При этом будет целесообразно вносить необходимые изменения, учитывающие конструктивные особенности композитной арматуры. При применении композитной арматуры необходимо отметить соответствующие им виды и классы бетона. Величины усилий  $M_{crc}^T$  и  $Q_{crc}^T$ , соответствующие появлению трещин в балках-образцах, в достаточной степени близки к величинам усилий  $M_{crc}^X$  и  $Q_{crc}^X$ , определённых по СНиП 2.03.14-18.

8. Разработана рекомендации по расчёту и проектированию изгибаемых бетонных конструкций армированных стеклопластиковой композитной арматурой по прочности, жесткости и трещиностойкости.

9. С применением композитной арматуры в изгибаемых бетонных конструкциях появилась возможность экономии дорогой импортируемой стальной арматуры. В результате применения стеклопластиковой композитной арматуры, производимой из местного сырья, достигается возможность получения существенной эффективности в экономике.



**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AWARDING THE  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT ARCHITECTURE AND  
CONSTRUCTION INSTITUTE**

---

**TASHKENT ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE**

**SHODILJON ABDUGOFUROVICH UMAROV**

**STUDY OF STRENGTH, RIGIDITY AND CRACK RESISTANCE OF  
BENT BEAMS REINFORCED WITH COMPOSITE REINFORCEMENT**

**05.09.01 - Building structures, buildings and structures**

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

**Tashkent -2021**

The theme of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №B2017.1.PhD/T127

The dissertation was conducted at the Tashkent Architecture and Construction Institute.  
The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) it is web pages at ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) and information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

Scientific advisor:

**Akramov Xusniddin Akhbarovich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents:

**Askarov Baxtiyor Askarovich**  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Usmonov Vallaxmad Sayfullayevich**  
Candidate of technical sciences, dotsent

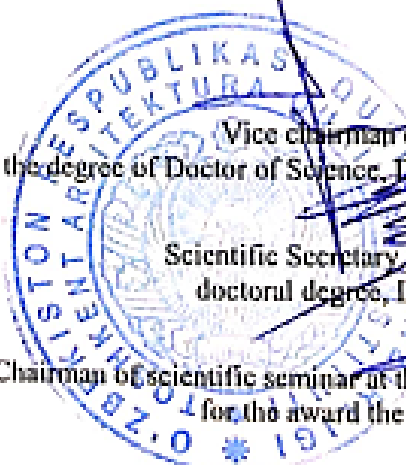
Leading organization:

**Namangan Engineering-Construction Institute**

The defence of the dissertation will take place on «19» July 2021 at 12<sup>00</sup> at the Scientific Council numbered DSc.26/30.12.2019.T.11.01 meeting at Tashkent Architecture and Construction Institute at the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (99871) 241-10-84; Fax: (99871) 241-80-00, (e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number № 59 ). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100011, Tashkent, Abdulla Qodiriy Street, 7v. Phone: (99871) 244-63-30; Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The abstract of the dissertation was circulated on «06» July 2021 year.  
(mailing report № 3 on «21» June 2021).



**A.I. Adilxodjaev**  
Vice chairman of the Scientific Council for the award  
the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

**Kh.Kh. Kamillov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award  
doctoral degree, Doctor of technical Sciences, Professor

**B. 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 of PhD thesis)

**The purpose of the research.** Study and research of strength, crack resistance and rigidity of bent beams reinforced with composite reinforcement.

**The tasks of research are:**

determination of the stress-strain state of bent concrete beams under the influence of static load;

development of the relationship of cross-section reinforcement with the strength, rigidity and crack resistance of beams;

determination of the adhesion force to concrete of fiberglass reinforcement and its joint work with concrete;

development of an automated program for calculating composite reinforcement in bendable beams;

determination and modification of the places of occurrence of cracks in the vertical (normal) and inclined sections of beams reinforced with composite reinforcement.

**The object of research** is concrete beams reinforced with fiberglass composite reinforcement..

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

theoretical and experimental studies of the mechanical properties of fiberglass composite reinforcement have proved the possibility of its use in flexible concrete beam structures;

it is proved that it is possible to increase the strength and crack resistance of the beam by using steel clamps instead of transverse reinforcement when using fiberglass composite reinforcement in flexible concrete beams;

the law of changes in internal tensile forces in concrete and reinforcement was determined by varying the amount of reinforcement of vertical and inclined sections in flexible concrete beams reinforced with composite reinforcement made of fiberglass;

improved the calculation method for the slope section with the use of flexible fiberglass composite reinforcement in flexible concrete beam structures.

**The outline of the dissertation.**

According to the results of the conducted research on the dissertation of the Doctor of Philosophical Sciences (PhD) Umarov Shodiljon Abdugofurovich. on the topic "Research of strength, rigidity and crack resistance of bent beams reinforced with composite reinforcement" the following conclusions are made:

1. It is revealed that the nature of the stress-strain state of the reinforced fiberglass composite reinforcement of the bent concrete beam under load, the appearance of vertical and inclined cracks, their development and opening (expansion), the development of deformations in longitudinally stretched and compressed zones, the increase in the deflection of elements under load, the appearance of the limit state, the form of destruction of the structure and the nature of the quality are the same with reinforced concrete bent elements with steel reinforcement.

2. At low loads, that is, in a stretched zone, elastic deformations and stresses are mainly manifested in the beams, the element works without cracks. In the stretched zone, when the value is reached, cracks appear in the zone of pure bending, directed perpendicular to the longitudinal axes of the section, and subsequently, as the load

increases, inclined cracks appear in the areas between the sections from the joint action. The opening width of the initial vertical and inclined cracks is.

3. With an increase in the operating loads, the development of vertical and inclined cracks is observed, the height of the compressed zone is reduced, the width of the crack opening reaches. When the degree of loading reaches the limit, there is an intensive development of cracks, their opening width reaches. The subsequent increase in the load leads to the appearance of the limit state of the beam.

4. After the appearance of the limit state, as a result of a small increase in the load or its holding at this stage, the destruction of the sample beams occurs. The destruction of the elements mainly occurs due to the fragile (weak) connection of the clamps with the longitudinal reinforcement and as a result of pulling the clamps out of the connection in inclined sections, destruction occurs. It should be noted that prior to the occurrence of destruction along the inclined sections of the element, as well as in the zone of pure bending along the vertical sections, the fact that the element was in the limit state was recorded. At  $a/h_0=2.59$ , the sample beam was destroyed calmly, slowly, and at  $a/h_0=1.48$ , the destruction of the element was suddenly brittle.

5. The maximum deformations appearing in the longitudinal stretched reinforcement showed that such tensile stresses appeared in it that reached the calculated resistance of the composite reinforcement. The strain in the longitudinally compressed reinforcement reached at a value of  $(100-150) \cdot 10^{-4}$ . The deformation of concrete in the compressed zone indicates that such a stress has appeared, which is compared with the compressive strength of concrete.

6. It was observed that the deflection of the sample beams under load increases accordingly to the increase in load. At low loads, deflections increased almost according to the regularity of a straight line, at a high degree of load, their sharp increase was observed. It was observed that the deflection values during the tests satisfactorily corresponded to the values obtained by the theoretical calculation.

7. Beams with composite reinforcement also work as beams with steel reinforcement, so these beams can be designed and calculated as beams with steel reinforcement using the limit state method. At the same time, it will be advisable to make the necessary changes that take into account the design features of the composite reinforcement. When using composite reinforcement, it is necessary to note the type and class of concrete corresponding to them. The magnitude of the efforts of  $M_{crc}^t$  and  $Q_{crc}^t$  corresponding to the appearance of cracks in beams-samples sufficiently close to the values of effort  $M_{crc}^h$  and  $Q_{crc}^h$  defined by SHNQ 2.03.14-18.

8. Recommendations have been developed for the calculation and design of flexible concrete structures reinforced with fiberglass composite reinforcement in terms of strength, stiffness and crack resistance.

9. With the use of composite bending of rebar's in concrete structures has become possible to save a very expensive imported steel reinforcement and the result of applying the fiberglass composite reinforcement produced from local raw materials achieved the possibility of obtaining tangible benefits in the economy.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

- 1 Akramov X.A., Umarov SH.A. “Glass kompozit lireinforcing them with concrete bite cases”. // ISSN: 2456-6683 International Journal of Research Culture Society. Monthly, Peer-Reviewed, Refereed, Indexed Journal (№23) Scientific Journal Impact Factor: 4.526, Volume - 3, Issue - 11, Nov – 2019. Received on : 17/11/2019 Accepted on : 28/11/2019 Publication Date: 30/11/2019. Available online on - www.ijrcs.ORG India. P. 120-123. (05.00.00; №23).
- 2 Akramov X.A., Umarov SH.A. “Research of stressed-deformed condition of beams with composite reinforcement”.//ISSN: 2456-6683 International Journal of Research Culture Society. Monthly, Peer-Reviewed, Refereed, Indexed Journal (№23) Scientific Journal Impact Factor: 4.526, Volume - 3, - 12, 12 – 2019 – 2019. Available online on - www.ijrcs.ORG India. P.1-4. (05.00.00; №23).
- 3 Й.М.Махкамов, Умаров Ш.А. Юлдашев Д.Т. “Темирбетон тўсинларни арматуралашни оптималлаштириш масалалари”. // ФарПИ Илмий техник журнал. Фарғона - 2018. №3. б. 81-85. (05.00.00; №20).
- 4 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. “Исследование напряженно-деформированного состояния балок с композитным армированием”. //O‘zbekiston Respublikasi fanlar akademiyasi, Mexanika muammolari O‘zbekiston jurnali -2019. – №4. б. 18–20. (05.00.00; №14).
- 5 Й.М.Махкамов, С.М.Мирзабобоева, Ш.А.Умаров О методе расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям в условиях воздействия повышенных и высоких температур //ТАҚИ “ АРХИТЕКТУРА. ҚУРИЛИШ. ДИЗАЙН” (илмий-амалий журнал). Тошкент – 2019. Махсус сон. б. 215–220. (05.00.00; №4)
- 6 Акрамов Х.А., Махкамов Й.М, Умаров Ш.А. “Прочность изгибаемых железобетонных элементов при действии поперечных сил в условиях воздействия повышенных и высоких температур”. //СамДАҚИ“ Me’morichilik va qurilish muammolari” (ilmiy-texnik jurnal). Самарқанд – 2020. – №2. б. 57–62. (05.00.00; №6)
- 7 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. Турсунов Б.А. “Перспективы применения композит арматуры в строительстве”. // ФарПИ Илмий техник журнал. Фарғона - 2020. №1. б. 157-160. (05.00.00; №20).
- 8 Akramov X.A., Makhkamov Y.M., Umarov SH.A. “Development Of Deformations In The Reinforcement Of Beams With Composite Reinforcement”.// ISSN 2689-0992 The american journal of applied sciences. 304 S. Jones Blvd #5245 Las Vegas, NV 89107 USA, Scientific Journal Impact Factor: 5.634, Volume - 3, Issue 05, 2021. Available online on - The USA Journals, USA www.usajournalshub.com/index.php/tajas. P.196-202. (05.00.00; №).

**II-бўлим (II часть; II part)**

- 9 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. “Эгилувчи темирбетон конструкцияларда

- композит арматураларни қўллаш ва кучланиш - деформацияланиш ҳолатини тадқиқ қилиш масалалари.” // “Замонавий архитектура, бинолар ва иншоотларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва сейсмик хавфсизлик муаммолари”, Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами, Наманган- 2019, 2-4 май, б.-69-70.
- 10 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. Умирдинов И.О. “Композит арматураларни темирбетон конструкцияларда қўллашни тадқиқ қилиш масалалари”. // “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях ” 1-Международная научно- практическая конференция. Том-1 24-25 май, Фергана, 2019.- б.-154-156.
  - 11 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. “Эгилувчи тўсинлар арматураланишини оптималлаштириш ва композит арматураларни қўлланилиши масалалари”. // “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях ” 1-Международная научно- практическая конференция. Том-3, 24-25 май, Фергана, 2019.- б.-154-156.
  - 12 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А., Рахимов Э.Х. Кўндаланг кесимлари тўғри тўртбурчак бўлган тўсинларда жамланган куч таъсирида талаб этиладиган арматура юзаларини ҳисоблаш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 07456 Тошкент, 11.10.2019
  - 13 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. “Изучение деформационных характеристик гибких элементов с композитной арматурой”. // АО «Ўзбекистон темир йўллари» Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте инновационные технологии о строительстве, материалы республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных ученых, Ташкент-2020, б.-18-21.
  - 14 Акрамов Х.А., Умаров Ш.А. Композит арматураларни тўсинлар учун ҳисоблашда автоматлаштириш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 08728 Тошкент, 07.07.2020
  - 15 Акрамов Х.А., Махкамов Й.М., Умаров Ш.А., Кимсанов Б.И. Комбинацияланган арматурали эгилувчи бетон конструкцияларни мустаҳкамликка ҳисоблаш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 09712 Тошкент, 19.11.2020.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн»  
илмий-амалий журнал таҳририятидан ўтказилди ва  
матнларини мослиги текширилди

Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи 3,5. Адади: 100. Буюртма: №25  
“ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси” босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.

