

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

КАРИМОВ ИСЛОМ АЗИМ ЎҒЛИ

СУНЪИЙ ИНШООТЛАР ФАЗОВИЙ РОМБСИМОН КОНТАКТ
ОСМАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

**05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш ва
электрлаштириш**

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2023

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

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

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

Каримов Ислом Азим ўғли

Сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмасини
такомиллаштириш 3

Каримов Ислом Азим угли

Совершенствование пространственно-ромбовидной контактной подвески
искусственных сооружений 19

Karimov Islom Azim ugli

Improvement of spatially-rhomboid contact suspension of artificial
structures 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 39

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

КАРИМОВ ИСЛОМ АЗИМ ЎҒЛИ

СУНЪИЙ ИНШООТЛАР ФАЗОВИЙ РОМБСИМОН КОНТАКТ
ОСМАСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш ва
электрлаштириш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2023.3.PhD/Т4000 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tstu.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Амиров Султон Файзуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Гайибов Тулкин Шерназарович
техника фанлари доктори, профессор

Раджибаев Даврон Октамбаевич
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

**Ўзбекистон Республикаси Фанлар
Академияси энергетика муоммолар
институту**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети хузуридаги DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «__» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@mail.ru).

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент шаҳри, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66

Диссертация автореферати 2023 йил «__» _____ куни тарқатилди.

(2023 йил «__» _____ даги №__ рақамли _____ баённомаси).

Р.В. Рахимов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Я.О. Рузметов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, DSc, профессор

Р.М. Мирсаатов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳоннинг ривожланган мамлакатларида темир йўл ҳаракат таркиби хавфсиз, узлуксиз ҳаракатланиши ва унинг самарадорлигини ошириш имкониятини таъминловчи техник восита ва илғор технологияларни ишлаб чиқиш жадал суръатларда олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда темир йўл контакт тармоғини, шу жумладан, мураккаб эксплуатация шароитларига эга бўлган кичик габаритли сунъий иншоот(туннел)лар контакт осмаларини такомиллаштириш орқали электр ҳаракат таркибини сифатли ва ишончли электр энергияси билан таъминлаш мақсадида янги турдаги контакт осмаларини яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда электрлашган темир йўллар сунъий иншоот(туннел)лари контакт тармоғи ишончилигини оширувчи усулларни ва техник характеристикалари яхшиланган янги конструктив схемаларини ишлаб чиқиш бўйича долзарб масалаларни ечишга қаратилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, темир йўл сунъий иншоот(туннел)лари учун паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончилиликка эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган янги контакт осмаларини яратиш зарурати юзага келмоқда.

Республикамызда турли транспорт соҳаларини ривожлантириш, жумладан темир йўл транспорти инфратузилмасини ривожлантириш, юқори тезликда ҳаракатланувчи таркиб участкаларини кенгайтириш, мавжуд темир йўл ҳудудлари ва сунъий иншоотларини электрлаштириш чора тадбирлари амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегиясида, жумладан «... иқтисодийнинг энергия самарадорлигини 20 фоизга ошириш, ... транспорт катновлари асосида манзилга етиб бориш ва қайтиб келиш имкониятини яратиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, эксплуатация мураккаблиги юқори бўлган сунъий иншоотларда қўлланилувчи, замон талабларига жавоб берувчи янги фазовий ромбсимон контакт осмаларини яратиш, уларнинг математик моделлари ва параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг 1999 йил 15 апрелдаги 766-І-сон «Темир йўл транспорти тўғрисида»ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодий тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора тадбирлари дастури тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони

ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот ўзбекистон республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Электрлашган темир йўл транспорти тизимидаги сунъий иншоотлар контакт тармоғининг янги, техник характеристикалари яхшиланган конструктив схемаларини ишлаб чиқиш бўйича долзарб масалаларни ечишга қаратилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан “University of Birmingham” (БАА), “Universiti Tun Hussien Onn Malaysia (UTNM)” (Малайзия), “Delft University of Technology” (Нидерландия), “KTH Royal Institute of Technology” (Швеция), “National Technical University of Athens” (Греция), “University of Southampton” (Буюк Британия), “Technical University of Madrid” (Испания), “Technical University of Munich” (Германия), “Karabuk Universiteti” (Туркия), “Ankara Üniversitesi Университет” (Туркия), “Shaanxi Normal University” (Хитой), “Wuhan University of Science and Technology” (Хитой), “Tokyo Institute of Technology (ТИТ)” (Япония), “Россия транспорт университети”, “Император Александр I номидаги Петербург давлат темир йўллар университети”, “Иркутск давлат темир йўллар университети” (Россия) ва Тошкент давлат транспорт университети (Ўзбекистон)да олиб борилмоқда.

Бу йўналишда Lei Xu, Shunyi Zheng, К.Г. Марквард, И.И. Власов, А.Т. Демченко, В.В.Туркин, Н.А. Бондарев, В.Е. Чекулаев, В.П. Михеев, А.В. Фрайфельд, И.А. Беляев, Р.Г. Рагимов ва бошқалар катта ҳисса қўшишган.

Бу олимларнинг саъй-ҳаракатлари билан темир йўл контакт тармоғини такомиллаштиришда контакт тармоғи ва ток қабул қилгич билан ўзаро таъсири ўрганилган, ҳисоблашнинг назарий асослари ишлаб чиқилган ва ривожлантирилган, контакут осмаларининг оригинал конструкциялари ва схематик ечимлари таклиф қилинган ва ишлаб чиқаришга жорий қилинган.

Бироқ, шу билан бирга, электрлашган темир йўл сунъий иншоотлари учун паст конструктив баландликка эга контакт тармоғини ишлаб чиқиш, унинг габарит ўлчамлари ва элементлари сонини камайтириш орқали ишончилигини ошириш, шунингдек, монтаж қилиш ва техник хизмат кўрсатиш вақтини камайтиришга бағишланган илмий тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг 6-сон «Сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмасини такомиллаштириш» (2018-2022) мавзусидаги илмий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади темир йўл сунъий иншоотлари учун паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончилиқка

эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган фазовий ромбсимон контакт осмаларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

темир йўл сунъий иншоотларида электр ҳаракат таркибларини электр энергияси билан таъминлаш масалаларини тадқиқ этиш ва улардаги контакт тармоғига бўлган асосий талабларни шакллантириш;

темир йўл сунъий иншоотларидаги мавжуд контакт тармоғи техник характеристикаларининг қиёсий таҳлилини ўтказиш ва контакт осмаси турини танлаш ҳамда уни асослаш;

темир йўл сунъий иншоотлари учун паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончлиликка эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган фазовий ромбсимон контакт осмаси конструктив схемаларини ишлаб чиқиш;

фазовий ромбсимон янги контакт осмаларининг математик моделлари ва параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш;

фазовий ромбсимон янги контакт осмаларининг асосий тавсифларини тадқиқ этиш.

Тадқиқот объекти сифатида сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмаси олинган.

Тадқиқот предметини сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмасини ишлаб чиқиш ва уларнинг асосий техник тавсифларини тадқиқ этишни ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида контакт осмаларини эластиклигини аниқлаш усули, османинг чекли фарқлар усули, фазовий осмаларни ҳисоблаш усуллари, ҳисобий тенгламаларни алмаштириш ва тўғридан-тўғри математик моделлаштириш усулидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

ушлаб турувчи трослар жойлашувини ўзгартириш ва контакт симларидаги ромблар сонини қисқатириш ҳисобига паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончлиликка эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган янги фазовий ромбсимон контакт осмалари ишлаб чиқилган;

фазовий ромбсимон контакт осмаларининг тортилиш кучлари таъсирида эгилувчан фиксатор ҳолатини инобатга олган ҳолда математик моделлари ишлаб чиқилган;

фазовий ромбсимон контакт осмаларининг турли эксплуатацион хусусиятларини инобатга олган ҳолда параметрларини уларнинг алмашлаш схемалари асосида ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилган;

фазовий ромбсимон контакт осмаларини статик ва динамик тавсифларини тадқиқ этиш жараёнини соддалаштириш имкониятини берувчи ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

янги фазовий ромбсимон контакт осмаларини статик ва динамик тавсифларини тадқиқ этиш учун аналитик боғлиқликлар ҳосил қилинган;

конструктив баландлиги кичик ва техник кўрсаткичлари ишончли

бўлган янги фазовий ромбсимон контакт осма қурилмаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги таранглик ва эластикликларнинг асосий шартларини ток қабул қилгич таъсирида бажарилиш қонунларининг асосли равишда қўлланилиши, шунингдек, назарий ва тажриба натижаларининг ўзаро мос келиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти янги фазовий ромбсимон контакт осмаси тортилиш кучлари ва ток қабул қилгичнинг кўтариш кучларини инобатга олган ҳолда статик ва динамик характеристикаларини тадқиқ этиш учун олинган аналитик тенгламалари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти янги фазовий ромбсимон контакт осмаси симларининг ўлчамлари ва тортилишидаги ўзгаришларни ҳамда қотириш оралиғининг турли нуқталарида осма қаттиқлигини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилганлиги, олинган натижаларни темир йўл туннеллари учун контакт осмаси параметрларини ҳисоблашни соддалаштириши ва уларни лойиҳалаш вақтини қисқартиришни таъминлаши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмасини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

сунъий иншоотларда контакт тармоғи қурилмаси учун Ўзбекистон Республикаси Адлия Вазирлиги ҳузуридаги “Интеллектуал мулк маркази” давлат муассасасидан ихтирога патент олинган (№IAP 07489; 2023й.). Натижада, темир йўл сунъий иншоотлари учун паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончилиikka эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган фазовий ромбсимон контакт осмасининг қурилмаси яратилган;

янги фазовий ромбсимон контакт осмаси “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ “Қўқон” электр таъминоти масофаси “Темирийўлобод” туман контакт тармоғига қарашли “Қамчик” туннелида қўлланилган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖ нинг 2023 йил 10 октябрдаги 01/3174-23 – сон маълумотномаси). Натижада, янги фазовий ромбсимон контакт осмасидан габарити чекланган ва, айниқса, узун туннелларда фойдаланиш электр ҳаракат таркибларини сифатли ва узлуксиз электр энергияси билан таъминлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 17 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан 9 та халқаро (ундан 4 таси Scopus базасида) ва 8 та республика анжуманларида апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 30 та илмий иш, шундан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан, 2 та хорижий ва 5 та республика журналларида нашр этилган ҳамда ихтирога 3 та патент ва ЭҲМ учун 3 та дастурий гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 111 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган; тадқиқот объекти ва предмети шакллантирилган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланиши устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган; назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган; диссертация тадқиқоти натижаларининг ишлаб чиқаришга жорий этиш маълумотлари келтирилган.

Диссертациянинг **“Муаммонинг ҳолати ва тадқиқот вазифаларининг қўйилиши”** деб номланган биринчи бобида темир йўл контакт тармоғи(КТ)да турли хил контакт осма(КО)ларининг таҳлили орқали сунъий иншоотларнинг тор шароитлари учун КО лари минимал вертикал ўлчамларга эга бўлиши, эксплуатация жараёнида юқори ишончилик ва оддий конструктив тузилишга, ҳаракатнинг юқори тезлигини таъминлаш учун бир хил эластик конструкцияга, шикастланган ҳудуднинг кичик ҳажмига ва османи тўлиқ демонтаж қилмасдан туннелни таъмирлаш ишларини бажариш қулайлигига эга бўлиши лозимлиги аниқланди.

Туннель участкалар учун мавжуд КО ларининг асосий тузилиш тамойиллари асосида туннеллар учун мўлжалланган оддий ва кичик ўлчамли занжирли эгилувчан КО лари, уларни зигзаг ёки ромбсимон шаклида ўрнатилиши, эластик элемент билан жиҳозланган эгилувчан ёки қаттиқ фиксаторли оддий осмалар қўлланилиши лозимлиги аниқланди ҳамда КО лари ва электр ҳаракат таркиби ток қабул қилгичлари билан ўзаро таъсирининг қиёсий таҳлили орқали чекланган габаритли сунъий иншоотлар КО талабларига кўп жиҳатдан фазовий ромбсимон КО (ФРКО) жавоб бериши аниқланди.

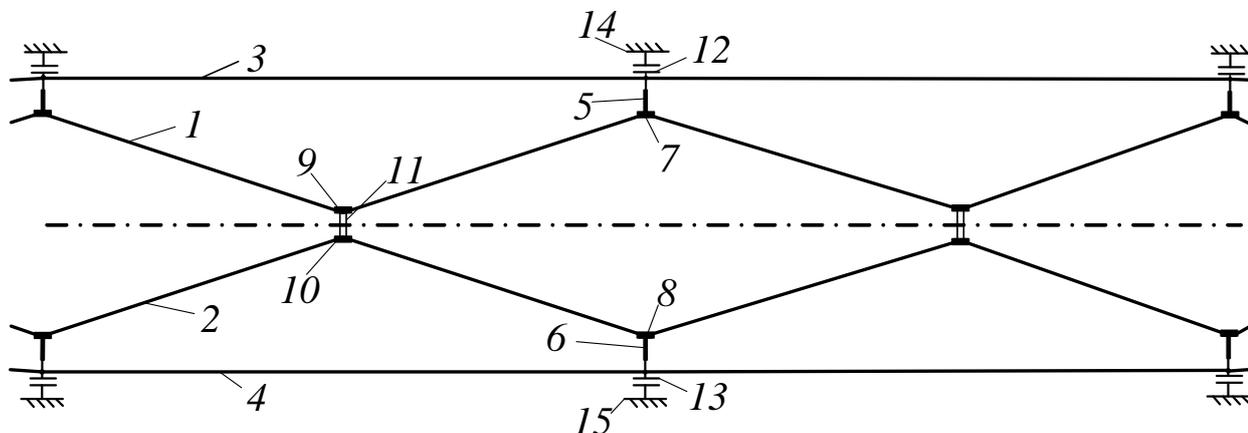
ФРКО мавжуд конструкцияларининг таҳлили натижасида уларнинг конструктив баландлиги юқори, вертикал ва горизонтал габарит ўлчамлари нисбатан катта, осмадаги элементлар сонининг кўплиги ҳисобига ишончилиги паст эканлиги ҳамда монтаж қилиш ва техник хизмат кўрсатиш кўп вақт талаб қилиши уларнинг паст конструктив баладликдаги сунъий иншоотларда қўлланилишида ноқулайликларга олиб келиши аниқланди.

Адабиёт манбаларини таҳлил қилиш натижалари ва қўйилган мақсаддан келиб чиққан ҳолда, тадқиқотнинг асосий вазифалари белгиланди.

Диссертациянинг **“Фазовий-ромбсимон контакт осмалари ва уларнинг математик моделлари”** деб номланган иккинчи бобида кичик конструктив баландликга эга бўлган ФРКО ларининг янги конструкциялари келтирилган ва уларнинг математик моделлари ишлаб чиқилган.

1- расмда чекланган габаритли туннеллар учун мўлжалланган янги ФРКО нинг иккита қотириш оралиғидаги конструктив схемаси келтирилган.

Ушбу ФРКО да эгиловчан фиксаторлар унинг эластиклигини ва ТКҚ таъсирида КО да ҳосил бўладиган тўлқинни зарарсиз сўнишини таъминлайди. Агар КО нинг КС лари қаттиқ қотирилган бўлса, у ҳолда КС ларида ҳосил бўлган тўлқин ТКҚ ни сакрашига, натижада эса электр ёйи ҳосил бўлишига олиб келади, бу ҳолат КС ларининг куйишига ёки ТКҚ нинг синишига олиб келади.



1- расм. Фазовий ромбсимон янги контакт осмасининг конструктив схемаси (устки томондан кўриниши): 1-2 – КС лари; 3-4 – ушлаб турувчи трос(УТТ)лар; 5-6 - эгиловчан фиксаторлар; 7-10 - фиксацяловчи қисгичлар; 11 – планка; 12-13 – изоляторлар; 14-15 - туннель деворларига қотириш нуқталари

Ушбу ФРКО унинг мавжуд прототипидан фарқли томони шундаки, бундай КО соддалаштирилган ва кичик габарит ўлчамларга эга фазовий осма (кичик габаритлилиги – УТТ ларининг ромб шаклида эмас, балки темир йўл бўйлаб ўзаро параллель жойлашган тўғри чизиклар кўринишида жойлашганлиги, соддалаштирилганлиги – КС ларининг жойлашиши қотириш оралиғида бир ромбдан ташкил топганлиги ва ундаги элементларнинг камлиги). Бундан ташқари, сирпанувчи элементлар ўрнига эгиловчан фиксаторлардан фойдаланилганлиги, КС лари ромблар сони камлиги ва эгиловчан фиксатор билан қотирилганлиги улар узилганда шикастланиш ҳудудини минимал даражада камайишига ва тезкор тикланиш вақтини қисқаришига олиб келади. Бу эса туннеллар учун муҳим омиллар ҳисобланади. Янги осмадаги элементлар сонининг камлиги унинг ишончлилигини оширади, уларга хизмат кўрсатиш жараёнини соддалаштиради ва вақтини қисқартиради. Бу ҳолат, табиийки, ишлаб чиқилган янги ФРКО ундан электровозга сифатли ток олинишига олиб келади.

Тадқиқ этилган янги ФРКО учун унинг қотириш оралиғида фазовий ҳолатдаги УТТ узунлигини унга таъсир қилувчи кучларни инобатга олган ҳолда аниқлаш имкониятини берувчи қуйидаги тенглама ҳосил қилинди:

$$L = l_6 + \frac{1}{2T^2} \left[\frac{g_T^2 l_6^3}{12} + \frac{g_T l_6^2}{4} Q_K + \frac{Q_K^2 l_6}{4} + \frac{4K^2 C^2}{l_6} \right], \quad (1)$$

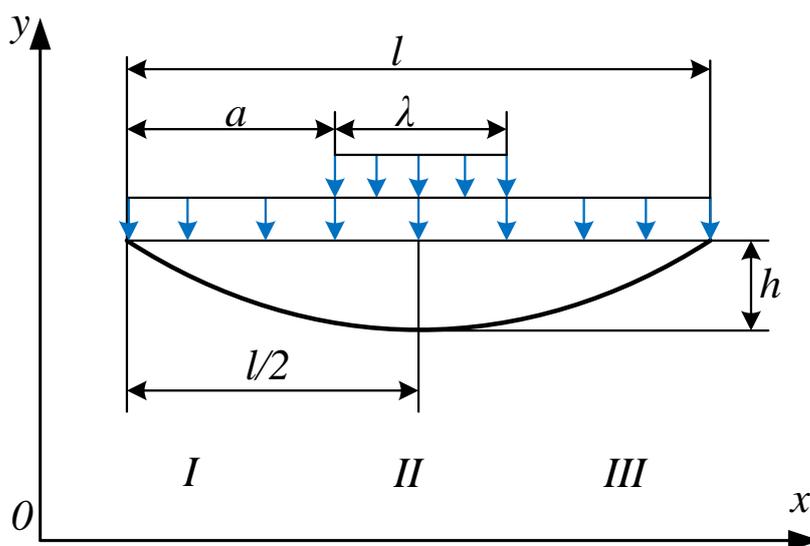
бу ерда Q_K – КС ларининг осма қотириш оралиғи ўртасидаги оғирлик кучи; g_T – УТТ нинг оғирлиги; C – КС нинг йўл ўқидан фиксаторгача бўлган масофаси (КС нинг зигзаги узунлиги) бўлиб, у КС нинг тортилиш катталиги

орқали аниқланади; T , K – мос равишда УТТ ва КС ларининг тортилиш кучлари; l_6 - қотириш оралиғидаги маълум кесмаларга ажратилган УТТ нинг узунлиги.

Эгилувчан фиксаторли янги ФРКО параметрларини ҳисоблашда мувозанат тенгламаси сифатида эркин осилган симнинг мос келадиган тенгламасидан фойдаланилди. Осма осилишининг (2- расмга қаранг) дифференциал тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$EJ \frac{d^4 y}{dx^4} - K \frac{d^2 y}{dx^2} + EJ \frac{g_k}{K} = 0, \quad (2)$$

бу ерда E – КС материалининг эластиклик модули; J – сим кесими инерция моменти.



2- расм. ФРКО нинг ХОУ текислигидаги проекцияси: I – сим осилишининг бошланиш қисми; II – сим осилишининг ўртаси (максимал) қисми; III – сим осилишининг тугаш қисми

(2) дифференциал тенгламани ечиш қуйидаги чегаравий шартларни инобатга олган ҳолда амалга оширилди:

$$\begin{cases} x = 0 \text{ да } y = 0; \quad y' = 0, \\ x = \frac{l}{2} \text{ да } y' = 0, \\ x = -\frac{l}{2} \text{ да } y' = 0. \end{cases} \quad (3)$$

(2) дифференциал тенгламани ечиш орқали осма баландлигини аниқлаш имкониятини берувчи қуйидаги ифода ҳосил қилинди:

$$y = \frac{g_k x^2}{2K} - \frac{g_k l ch(rx)}{2rKsh(r \cdot \frac{l}{2})} + \frac{g_k l}{r2Ksh(r \cdot \frac{l}{2})}, \quad (4)$$

бу ерда $r = \sqrt{K/EJ}$; g_k – КС нинг оғирлиги.

Атроф-муҳит ҳарорати ўзгарганда эгилувчан фиксаторли ФРКО даги КС лари ҳолатининг ўзгариши тадқиқ этилиб, ҳарорат ва юкламанинг ўзгариши билан осма оралиғидаги сим узунликлари ўртасидаги боғлиқликнинг қуйидаги аналитик ифодаси аниқланди:

$$L_x = L_1 \left[1 + \alpha_t (t_x - t_1) + \frac{T_x - T_1}{ES} \right], \quad (5)$$

бу ерда L_1, T_1 - бошланғич ҳарорат (t_1) даги УТТ нинг узунлиги ва тортилиш кучи; T_x - ҳарорат t_x га ўзгаргандаги УТТ нинг тортилиш кучи; α_t - УТТ узунлигининг ҳарорат таъсирида ўзгариш коэффициентини.

Эгиловчан фиксаторли янги ФРКО КС тортилишининг ўзгариши куйидаги боғлиқликни инобатга олган ҳолда ҳисобланди:

$$t_x = \left[\frac{K_1}{\alpha_t ES} - \frac{l^2 g_k^2}{24 \alpha_t K_1^2} + t_1 - \frac{2C_1^2}{\alpha_t l^2} \right] - \frac{K_2}{\alpha_t ES} + \frac{l^2 g_k^2}{24 \alpha_t K_2^2} + \frac{2C_2^2}{\alpha_t l^2}. \quad (6)$$

Диссертациянинг “Эгиловчан фиксаторли фазовий ромбсимон контакт осмаларининг статик ва динамик характеристикалари” деб номланган учинчи боби янги ФРКО ларининг статик ва ТҚҚ билан ўзаро динамик характеристикалари тадқиқотига бағишланган.

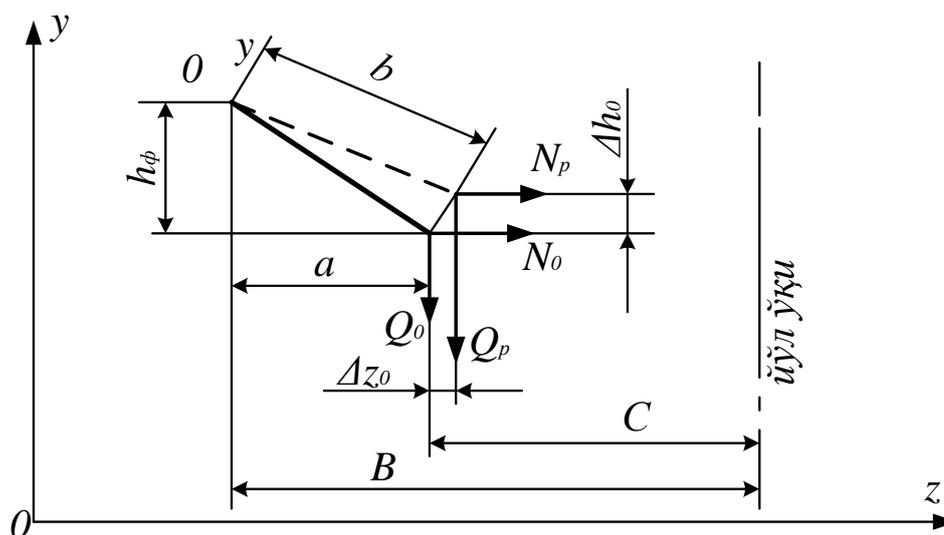
Яратилган ФРКО статик характеристикасини назарий тадқиқ этиш учун османинг қотириш нуктасида КС нинг синиши натижасида ҳосил бўлган эгиловчан фиксаторнинг горизонтал ташкил этувчи кучлар таъсирида чўзилиши куйидагича ифодаланди:

$$N = \frac{4K \cdot C}{l}. \quad (7)$$

Қотириш нуктасининг мувозанат шароитида ёрдамчи қурилмага эгиловчан фиксатор қотириш нуктасига нисбатан кучлар моментларининг йиғиндиси орқали фиксацияловчи тугунни горизонтал ва вертикал юкламалари ўртасидаги муносабат куйидагича аниқланди:

$$Q_0 = \frac{4K \cdot C h_\phi}{la}, \quad (8)$$

бу ерда Q_0 - тинч ҳолатда КС қўшимча фиксатор ёрдамида боғланган нуктасининг оғирлик кучи; a - фиксатор горизонтал проекциясининг узунлиги; h_ϕ - фиксатор баландлиги (3- расм).



3- расм. ФРКО эгиловчан фиксаторининг YOZ текислигида ҳолати ўзгаришининг ҳисобий схемаси

Янги ФРКО нинг қаттиқлиги нафақат P кучга, балки КС ларининг тортилиши, уларнинг маркаси, шунингдек ораликларнинг узунлиги ва эгиловчан фиксаторнинг геометрик параметрларига боғлиқлиги аниқланди.

Ҳисоблаш натижаларига кўра, КС ларининг қотириш нуқталарида османинг қаттиқлиги оралик узунлиги ва эгиловчан фиксатор параметрларига қараб ўзгариши аниқланди, масалан, узунлиги 21 метр бўлган ораликда эгиловчан фиксатор узунлиги 0,45 метрдан 1,25 метргача узайтирилганда османинг қаттиқлиги 2,91 кН/м дан 1,87 кН/м гача камаяди.

Оралик узунлиги қаттиқликка сезиларли таъсир кўрсатади, масалан, 12-21 метр ораликда унинг узунлигини 3 метрга ошириш эгиловчан фиксатор қотириш нуқтасида османинг қаттиқлигини ўртача 0,95 кН/м га оширади. Бундан ташқари, бу ҳолат қаттиқлик қиймати ва эгиловчан фиксатор узунлигига ҳам таъсир қилади: уни барча ораликларда 0,45 дан 1,24 метргача ўзгартириш, оралик узунлигига қараб қаттиқликни ўртача 1,5 кН/м га камайтиради. Туннеллар КО учун муҳим жиҳат - унинг вертикал ўлчамидир. Табиийки, тортилишнинг пасайиши билан эгиловчан фиксатор эгаллаган вертикал ўлчам ортади. Узунлиги 21 метр бўлган ораликларда у энг юқори қиймат - 0,71 метрга, 12 м ораликда эса – узунлиги 1,25 метр бўлган эгиловчан фиксатор вертикал баландлиги 0,40 метрга етади.

Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, эгиловчан фиксаторли ФРКО нинг статик қаттиқлиги (J_0) қотириш нуқталари орасидаги худудларда КС ларининг кўтарилиши натижасида ўзгаради. Статик қаттиқлик B, b, l, K ларнинг турли қийматлари ва османинг C, a, h геометрик параметрлари учун ҳам ҳисобланган бўлиб, ораликларнинг ўрта нуқтасида эгиловчан фиксаторли османинг қаттиқлиги оралик узунлигининг ортиши билан камайиши аниқланди, масалан: $K = 9$ кН бўлганда ҳисоблаш натижалари қуйидагича: $l = 21$ м; $B = 0,7$ м; $b = 0,45$ м; $c = 0,278$ м; $a = 0,42$ м; $h = 0,16$ м бўлганда $J_0 = 4,51$ кН/м, $l = 18$ м; $B = 0,7$ м; $b = 0,45$ м; $c = 0,267$ м; $a = 0,43$ м; $h = 0,13$ м бўлганда эса $J_0 = 4,97$ кН/м.

Янги ФРКО динамик характеристикасини назарий тадқиқ этиш мақсадида осма ҳолатининг ТҚҚ P куч таъсирида ўзгариши қотириш оралигининг турли нуқталари учун кўриб чиқилди. ФРКО нинг қотириш нуқтасида КС синиши натижасида ҳосил бўлган эгиловчан фиксаторнинг горизонтал ташкил этувчи кучлар ва P куч таъсирида чўзилиши қуйидагича аниқланди:

$$N_p = \frac{4K}{l} (C - \Delta z_0), \quad (9)$$

бу ерда Δz_0 - эгиловчан фиксатор уч қисмининг силжиш узунлиги (3- расмга қаранг!).

P куч таъсирида қотириш нуқтасининг мувозанат ҳолати ёрдамчи қурилмага эгиловчан фиксатор қотириш нуқтасига нисбатан кучлар моментларининг йиғиндиси орқали фиксацияловчи тугунни горизонтал ва вертикал юкламалари ўртасидаги муносабатни қуйидагича аниқлаш мумкин(4- расм, а):

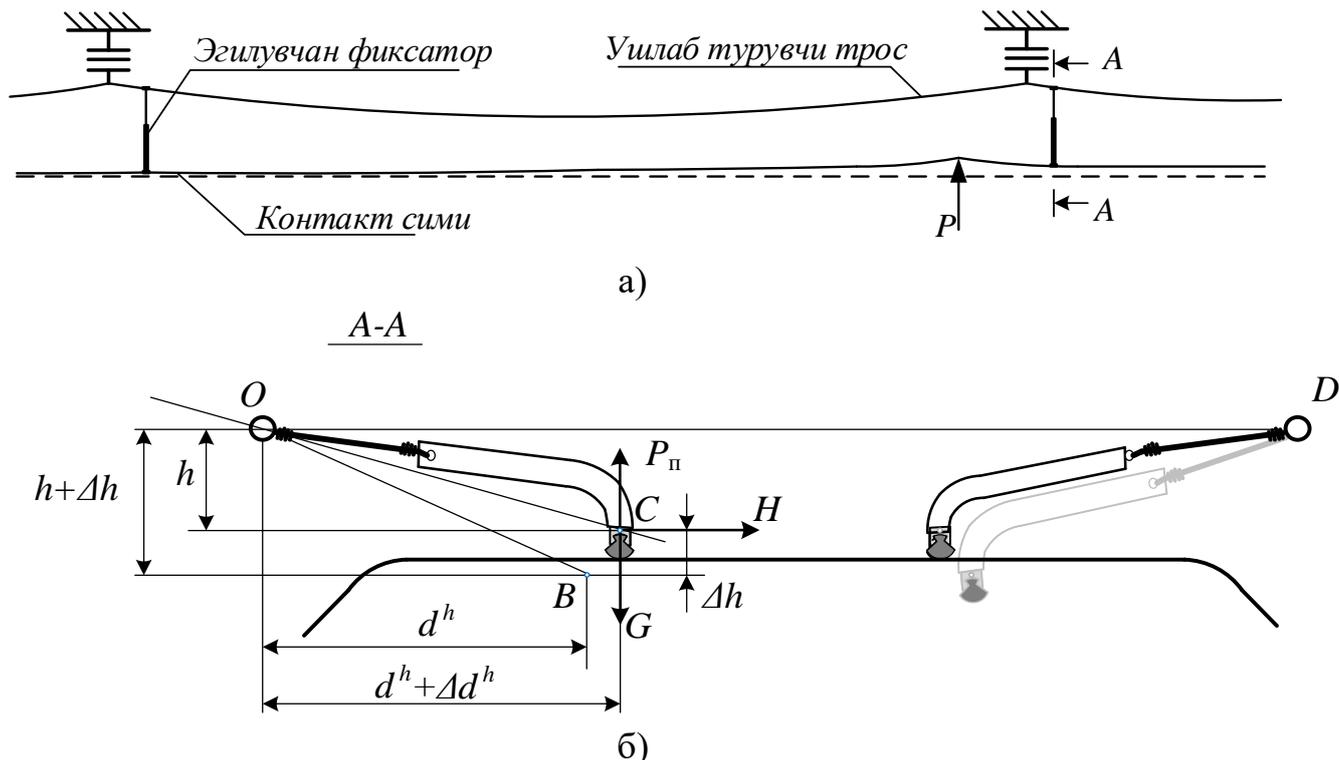
$$\frac{4K(C - \Delta z_0)}{l} \cdot \frac{(h_\phi - \Delta h_0)}{a + \Delta z_0} = Q_0 - \frac{P}{2} + 2K \frac{\Delta h_0 - \Delta h_1}{l}, \quad (10)$$

бу ерда $\Delta h_0, \Delta h_1$ – P куч таъсир қилувчи ва унга қўшни бўлган ораликлардаги УТТ ва КС орасида вертикал баландликнинг ўзгариши.

P куч таъсирида османинг силжиш ҳаракатларини аниқлаш ифодаси асосида КС ларини қотириш нуқтасида эгиловчан фиксаторли ФРКО нинг каттиқлик тенгламаси қуйидагича аниқланди:

$$J_0 = 2 \left\{ -\frac{Ph_\phi}{2a^2} + \frac{2K}{l} \left(\frac{2c}{a} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + 1 \right) - \frac{2K}{l} \cdot \left[\left(1 + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2c}{a} \right) - \sqrt{\left(1 + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2c}{a} \right)^2 - 1} \right] \right\}. \quad (11)$$

(11) ифода таҳлили шуни кўрсатдики, КО нинг P куч таъсиридаги силжиши нозичик характерга эга.



4- расм. Вертикал куч таъсирида ФРКО элементларининг ҳаракати:
 a - фиксаторлараро оралик контакт осмаси; b - фиксатор соҳасидаги ФРКО нинг
кўндаланг кесими; Δh - P куч таъсирида УТТ ва КС орасида вертикал
баландликнинг ўзгариши.

P куч таъсирида осма ҳолати ўзгариш моментларининг ўзаро муносабати қуйидаги тенглама билан аниқланди (4- расм,б):

$$Hh - (G - P_{II})(d^h + \Delta d^h) = 0, \quad (12)$$

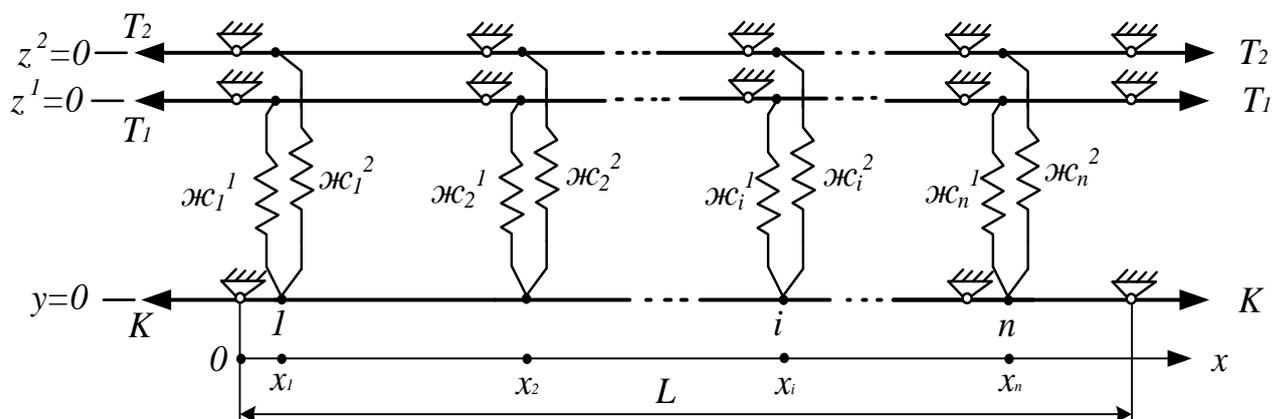
бу ерда d^h , Δd^h - эгиловчан фиксаторнинг осмага мос равишда P куч таъсир қилмаган ва P куч таъсир қилган пайтлардаги горизонтал проекциялари; P_{II} - P кучнинг фиксаторга таъсир қилувчи тортишиш кучлари таъсирида камайиши; G - фиксатор тортилиш кучи; H - КС нинг йўл ўқи томон тортилиш кучи.

Осмага берилаётган P куч таъсирида фиксаторга таъсир қилувчи тортишиш кучлари P_{II} юклама миқдоригача камаяди. Фиксатор шартли каттиқлиги $J_\phi = P_{II}/\Delta h$ ни осма эластиклиги эканлигини инобатга олиб, осма учун қуйидаги ифода ҳосил қилинди:

$$Ж_{\Phi} = \frac{H}{d^h} + \frac{G-P_{II}}{d^h} \left(\frac{\Delta d^h}{\Delta h} \right). \quad (13)$$

Умумий ҳолда, иккита УТТ ва икки КС ини ўз ичига олган уч ўлчовли алмашлаш схемасидан фойдаланиш ҳисоблашларни бирмунча соддалаштириши аниқланди. Алмашлаш схемаси ихтиёрий сонли ораликларни ўз ичига олиш мумкин.

Янги ФРКО КС ларининг зигзаглари фиксаторлар томонидан таъсир қилувчи кучлардан ҳосил бўлади. Эластиклик хусусиятларига эга бўлган фиксатор учун биз икки ўлчовли умумлаштирилган чизиқли алмашлаш схемасига ўтамиз (5- расм). Бу схемада УТТ лар КС нинг устида жойлашган. Ушбу схемадан фойдаланган ҳолда янги ФРКО ни ҳисоблашда османинг КС лари умумий тортилишга эга бўлган битта сим сифатида қаралади.



5- расм. Янги ФРКО нинг умумлаштирилган чизиқли алмашлаш схемаси

Агар КС нинг осилиш эгри чизигини аниқлашда симларнинг оғирлиги бўйича тақсимланган юклама, ТҚҚ босим кучи ва эластик элементлар реакциялари таъсирида эгилишларини бир бирига қўшган ҳолда осма ҳолатининг кичик миқдорда силжиши ташқи кучлар таъсирида симлар тортилишининг горизонтал ташкил этувчилари ўзгаришига ва уларнинг оғирлигини x ўқи бўйлаб қайта тақсимлашига олиб келмаса, y ҳолда ташқи кучлар таъсирида КС нинг силжишини аниқлашда тортиш кучлари аҳамиятсиз эканлиги маълум бўлади.

Агар османинг вертикал куч P таъсирида юқорига кўтарилишини мусбат, пастга тушиши эса манфий ишоралар билан олинса, y ҳолда КС кўтарилишини аниқлаш ифодаси қўшиш принципига мувофиқ қуйидагича аниқланади:

$$y(x) = Pf(x, \tilde{x}) - \sum_{i=1}^n F_i f(x, x_i), \quad (14)$$

бу ерда F_i - эластик элементларнинг $1, 2, \dots, n$ нуқталардаги реакциялари; $f(x, x_i)$ - КС нинг x нуқтадаги ҳолатини белгилайдиган Грин функцияси; x_i - осмага бир жойга жамланган куч $P = 1$ га тенг бўлгандаги нуқта координатаси; \tilde{x} - P куч таъсир қилиш нуқтасининг координатаси.

ТҚҚ таъсирида янги ФРКО симларининг силжиш ҳолатларини (14) ифода орқали тасвирлаб, Грин функцияси орқали ечимлари содда кўринишга келтирилди. Шунингдек, Грин функцияси ёрдамида янги ФРКО нинг қаттиқ эгилювчан балкалар билан биргаликдаги ҳолати учун ҳам соддалашган

аналитик ифодаси қуйидаги кўринишда келтириб чиқарилди:

$$f(x, \tilde{x}) = \begin{cases} \frac{x(l-\tilde{x})}{kl}, & \text{агар } x < \tilde{x}, \\ \frac{\tilde{x}(l-x)}{kl}, & \text{агар } x \geq \tilde{x}. \end{cases} \quad (15)$$

ФРКО нинг ТҚҚ билан ўзаро таъсирини ўрганишда чекланган элементлар усули ёрдамида КО ни дискрет элементларга ажратиш орқали дифференциал тенгламаларни ечиш соддалаштирилди. Бу усулдан фойдаланган ҳолда янги ФРКО учун математик моделлаштириш усули асосида дифференциал тенгламалар тузмасдан тўғридан-тўғри оддий ҳисоблашлар орқали КО га ташқи омил (ҳарорат) томонидан таъсир этувчи кучни, шунингдек, КО нинг элементларидан симга таъсир қилувчи ёки унинг хусусиятлари билан тўлиқ белгиланадиган кучларни ифодалаш орқали тузилган тенгламалар ёрдамида янги ФРКО динамик характеристикаларини ўрганишда фойдаланилди.

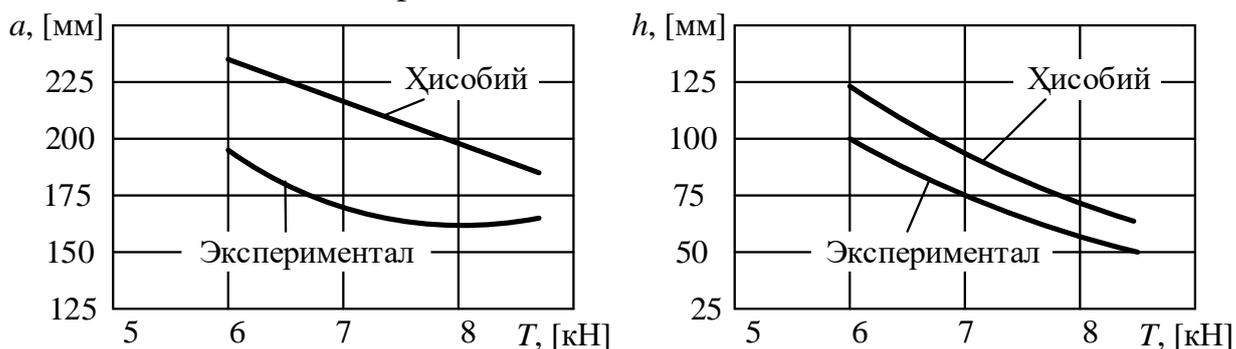
Диссертациянинг “**Янги фазовий ромбсимон контакт осмасининг экспериментал тадқиқи ва ишончлилиги**” деб номланган тўртинчи бобида ФРКО устида ўтказилган тажрибалар ва уларнинг таҳлили, ишончлилиги, шунингдек, осма ҳолатини диагностикалашда фойдаланиш учун ишлаб чиқилган янги қурилмаларнинг асосий техник кўрсаткичлари келтирилган.

Янги ФРКО устида олиб борилган экспериментал тадқиқотлардан мақсад - ТҚҚ нинг таъсир кучлари КО қотириш оралиғининг турли нуқталарида таъсир қилганда КС лари ва УТТ ларнинг геометрик параметрларини назарий ҳисоблаш натижалари тўғрилигини текширишдан иборатдир. Янги ФРКО вертикал баландлиги унга конструктив жиҳатдан яқин бўлган КО лари билан таққосланганда 0,6 м ни, унинг прототипида эса 0,773 м, шунингдек, битта КС ёки УТТ узилганда янги ФРКО да 1 қотириш оралиғи, прототипда 3 қотириш оралиғи; иккита КС узилганда эса янги ФРКО да 2 қотириш оралиғи, прототипда эса 4 қотириш оралиғи шикастланиши аниқланди.

Қотириш оралиғида КО қаттиқлигининг тақсимланиш характеристикаси ТҚҚ ва КС лар ўзаро таъсирининг сифати ҳақида хулоса қилиш имконини беради (6- расм). Таққослашлар натижасида қуйидаги тафовутлар аниқланди: ҳисоблашларда симларнинг эгилиш қаттиқлиги ва ўлчашлардаги инструментал хатолар ҳисобга олинмаган. Бундай кичик абсолют қийматлар ва уларнинг жуда кичик ўзгариш чегаралари ҳисобланган қийматлар билан сезиларли фарққа олиб келади. Ҳисоблашлар натижасида аниқланган қаттиқлик қийматлари КС нинг қотириш нуқталари ўртасида 4,17 кН/м ва КС қотириш нуқталарида 7,22 кН/м ни ташкил қилади. Таққослашлар шуни кўрсатадики, КС нинг кичик ўлчамли ромблари учун унинг оралиқ бўйлаб қаттиқлик даражаси КС қотириш нуқталари орасидаги ҳудуд учун аниқланган қийматлар билан белгиланади.

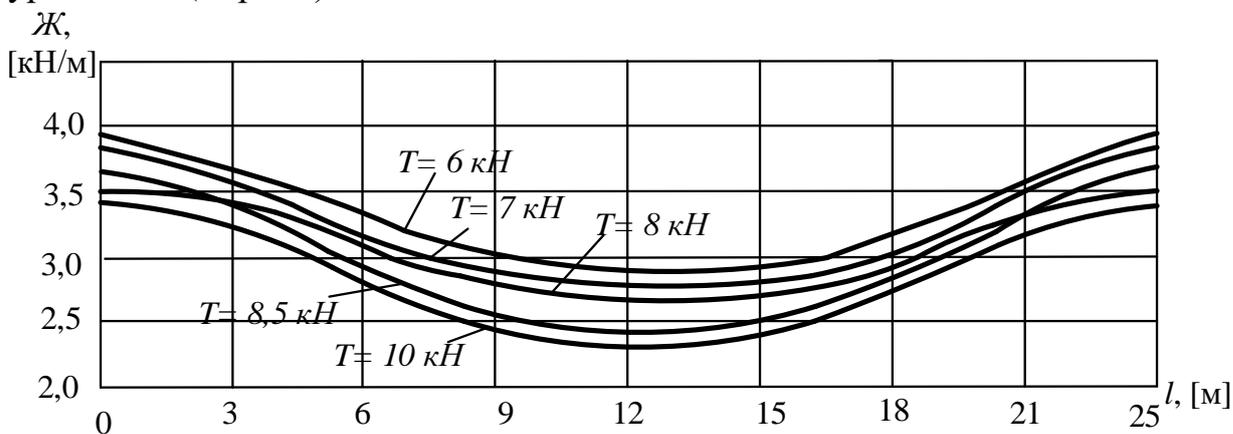
Янги ФРКО узоқ химат кўрсатиши учун КС ларининг эскириш даражаси ва емирилишини қотириш оралиғи бўйлаб тақсимланиш қонунияти

аниқланди. Янги ФРКО ярим компенсацияловчи қурилмаларининг ишлаши ва ФРКО қаттиқлиги батафсил тадқиқ этилди.



6- расм. Янги ФРКО габарит ўлчамларининг ўзгариши

Янги ФРКО кўриниши, осма симларининг таранглиги ва геометрик параметрларининг қотириш оралиғидаги қаттиқлик миқдори таъсири баҳоланди ва қаттиқликнинг ФРКО қотириш оралиғида тақсимланиши ўрганилди (7- расм).



7- расм. ФРКО қаттиқлигининг ўзгариши

Ишлаб чиқилган ФРКО чекланган габаритли туннелларда электр ҳаракат таркибига электр энергиясини сифатли ва ишончли етказиб бериш мақсадида қўлланилган. Янги ФРКО ни “Қамчик” туннелида ўрнатиш натижаларига кўра кутилаётган иқтисодий тежамкорлик 9 млрд 600 млн (тўққиз миллиард олти юз миллион) сўмни ташкил қилади.

Иловада диссертацияга оид қўшимча маълумотлар, шу жумладан диссертация натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этиш далолатномаси ва маълумотномаси келтирилган.

ХУЛОСА

“Сунъий иншоотлар фазовий ромбсимон контакт осмасини такомиллаштириш” мавзусидаги диссертация ишини бажариш жараёнида қўйидаги илмий натижалар олинди:

1. Темир йўл сунъий иншоотларининг тор шароитлари учун контакт осмалари минимал вертикал ўлчамларга эга бўлиши, эксплуатация жараёнида юқори ишончлилик ва оддий конструкцияга, ҳаракатнинг юқори тезлигини таъминлаш учун бир хил эластик конструкцияга, шикастланган худуднинг кичик ҳажмига ва османи тўлиқ демонтаж қилмасдан таъмирлаш ишларини бажариш қулайлигига эга бўлиши лозимлиги ҳамда ушбу

талабларга кўп жиҳатдан фазовий ромбсимон контакт осмаси жавоб бериши аниқланди.

2. Ушлаб турувчи трослари темир йўл бўйлаб ўзаро параллель жойлашганлиги, контакт симларининг жойлашиши қотириш оралиғида бир ромбдан ташкил топганлиги ва осмадаги элементларнинг камлиги ҳамда эгиловчан фиксаторлардан фойдаланилганлиги сабабли паст конструктив баландликка, кичик габарит ўлчамларига, юқори ишончилиқка эга ва монтаж қилиш ҳамда техник хизмат кўрсатиш содда бўлган фазовий ромбсимон контакт осмасининг янги конструктив схемалари ишлаб чиқилган.

3. Фазовий ромбсимон контакт осмаси контакт симларини ўзаро яқинлашган жойида уни шикастсиз қайрилиши ва мустаҳкамлигини таъминловчи қисгич конструкцияси таклиф этилди.

4. Фазовий ромбсимон контакт осмаларида пайдо бўладиган горизонтал ва вертикал ташкил этувчи кучлар ҳамда уларнинг таъсирида симларнинг узайишини ва контакт симларини ушлаб турувчи тросга фиксацияловчи элементлар билан боғланган ҳолатини инобатга олган ҳолда янги осмаларнинг математик моделлари ишлаб чиқилди.

5. Қотириш оралиқларидаги контакт симлари ҳосил қилган ромблар сони ҳар қандай бўлган ва ушлаб турувчи трослар оғирлигини ҳисобга олган ҳолда фазовий ромбсимон контакт осмаси ушлаб турувчи трослари осилишини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилди.

6. Эгиловчан фиксаторли янги фазовий ромбсимон контакт осмаларининг статик ва динамик характеристикаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, эгиловчан фиксатор узунлиги узайтирилиши билан османинг қаттиқлиги камаяди, масалан, узунлиги 21 метр бўлган оралиқда эгиловчан фиксатор узунлиги b 0,45 метрдан 1,25 метргача узайтирилганда османинг қаттиқлиги 2,91 кН/м дан 1,87 кН/м гача камаяди.

7. Эгиловчан фиксаторли янги фазовий ромбсимон контакт осмалари динамик характеристикаларининг таҳлили османинг қаттиқлиги ток қабул қилгич босимиға функционал боғлиқлиги ночизиқ кўринишда эканлиги аниқланди. Эгиловчан фиксаторининг узунлиги 0,45 м бўлган янги осма ва ток қабул қилгичнинг турли параметрларида османинг минималъ вертикал ва горизонтал ўлчамлари мос равишда 0,06 м ва 0,88 м ни ташкил этиши аниқланди.

8. Эгиловчан фиксаторли янги фазовий ромбсимон контакт осма симларини қаттиқ эгиловчан тола ва балка сифатида қараб, осма симлари силжиш ҳолат тенгламалари Грин функциясига келтирилиш орқали уларни ечиш содалаштирилди. Чекланган элементлар усулидан фойдаланган ҳолда османи элементларга ажратиб, тўғридан-тўғри математик моделлаштириш усули асосида дифференциал тенгламалар тузмасдан тўғридан-тўғри оддий ифодалаш орқали янги османинг динамик характеристикаларини тадқиқ этиш усули ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КАРИМОВ ИСЛОМ АЗИМ УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-РОМБОВИДНОЙ
КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PHD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2023.3.PhD/T4000.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tstu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Амиров Султон Файзуллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гайибов Тулкин Шерназарович
доктор технических наук, профессор

Раджибаев Даврон Октамбаевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Институт проблем энергетики академии наук Республики Узбекистан

Защита диссертации состоится «___» _____ 2023 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 по присуждению ученых степеней при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрировано №___). (Адрес: 100167, г.Ташкент, ул. Темирюлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

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

Р.В. Рахимов

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

Я.О. Рузметов

Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
DSc , профессор

Р.М. Мирсаатов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В развитых странах мира быстрыми темпами ведется разработка технических средств и передовых технологий, обеспечивающих безопасное, непрерывное движение железнодорожного транспорта и возможность повышения его эффективности. В этом направлении одной из важных задач считается совершенствование контактной сети, в том числе контактной подвески искусственных сооружений (тоннелях). Актуальным является создание контактных подвесок нового типа для обеспечения электроподвижного состава качественной и надежной электроэнергией с помощью контактной сети в малогабаритных искусственных сооружениях со сложными условиями эксплуатации.

В мире проводятся научные исследования, направленные на решение актуальных задач по совершенствованию контактной сети искусственных сооружений (тоннелей) электрифицированных железнодорожных дорог, разработки способов повышения их надежности и создания новых контактных подвесок с улучшенными техническими характеристиками и конструктивными схемами. В связи с этим возникает острая необходимость в создании контактных подвесок малой конструктивной высоты, малых габаритных размеров, высокой надежности, простоты монтажа и технического обслуживания для железнодорожных искусственных сооружений.

В нашей республике принимаются меры по развитию различных отраслей транспорта, в том числе по развитию инфраструктуры железнодорожного транспорта, расширению участков высокоскоростного подвижного состава, электрификации существующих железнодорожных участков и искусственных сооружений. В Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы, поставлены задачи «...повышение энергоэффективности экономики на 20%, создание возможности транспортных перевозок до пункта назначения и обратно»². При реализации этих задач необходимо создание новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок, применяемых в искусственных сооружениях со сложными условиями эксплуатации, отвечающих современным требованиям, а также разработка методики расчета их математических моделей и параметров.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан №766-I от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте», Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлении № 3012 от 26 мая 2017 г. «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28.01.2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», а также в других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на решение актуальных вопросов по разработке новых, с улучшенными техническими характеристиками контактной сети искусственных сооружений в системе электрифицированного железнодорожного транспорта, проводятся в ведущих научных центрах и высших учебных заведениях мира, в частности в University of Birmingham (ОАЭ), Universiti Tun Hussien Onn Malaysia (UTHM) (Малайзия), Delft University of Technology (Нидерландия), KTH Royal Institute of Technology (Швеция), National Technical University of Athens (Греция), University of Southampton (Великобритания), Technical University of Madrid (Испания), Technical University of Munich (Германия), Karabuk Üniversitesi (Турция), Ankara Üniversitesi (Турция), Shaanxi Normal University (Китай), Wuhan University of Science and Technology (Китай), Tokyo Institute of Technology (ТИТ) (Япония), Российском университете транспорта, Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I, Иркутском государственном университете путей сообщения (Россия) и в Ташкентском государственном транспортном университете (Узбекистан).

Существенный вклад в решение актуальных задач по данному направлению внесли ученые, такие как Lei Xu, Shunyi Zheng, К.Г. Марквард, И.И. Власов, А.Т. Демченко, В.В. Туркин, Н.А. Бондарев, В.Е. Чекулаев, В.П. Михеев, А.В. Фрайфельд, И.А. Беляев, Р.Г. Рагимов и др.

Усилиями этих ученых изучено взаимодействие контактной сети и токоприемника при совершенствовании железнодорожной контактной сети, разработаны и развиты теоретические основы расчета, предложены и внедрены в производство оригинальные конструкции и схематические решения контактных подвесок.

Вместе с тем, недостаточно изучены вопросы по разработке контактной сети малой конструктивной высоты для электрифицированных железнодорожных искусственных сооружений, повышению ее надежности за счет уменьшения габаритов и количества элементов, а также сокращению времени монтажа и технического обслуживания.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ ВУЗа, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ по теме № 3 «Совершенствование пространственно-ромбовидной контактной подвески искусственных сооружений» (2018-2022 гг.) плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета.

Целью исследования является разработка пространственно-ромбовидных контактных подвесок для железнодорожных искусственных сооружений с малой конструктивной высотой, малыми габаритными размерами, высокой надежностью, простотой монтажа и технического обслуживания.

Задачи исследования:

исследование вопросов электроснабжения электроподвижных составов в железнодорожных искусственных сооружениях и формирование основных требований к их контактной сети;

проведение сравнительного анализа технических характеристик существующей контактной сети в искусственных железнодорожных сооружениях, выбор типа контактной подвески и ее обоснование;

разработка конструктивных схем пространственно-ромбовидных контактных подвесок малой конструктивной высоты, малых габаритных размеров, высокой надежности, простоты монтажа и технического обслуживания для железнодорожных искусственных сооружений;

разработка математических моделей и методики расчета параметров новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок;

исследование основных характеристик новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок.

Объектом исследования является пространственно-ромбовидная контактная подвеска искусственных сооружений.

Предметом исследования является разработка пространственно-ромбовидных контактных подвесок искусственных сооружений и изучение их основных технических характеристик.

Методы исследования. В процессе исследования применялись методы определения упругости контактных подвесок, метод конечных разностей подвесок, методы расчета пространственных подвесок, методы преобразования расчетных уравнений и прямого математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны путем изменения места расположения несущих тросов и сокращением количество ромб контактных проводов новые простые конструктивные схемы пространственно-ромбовидных контактных подвесок с малой конструктивной высотой, малыми габаритными размерами, высокой надежностью, проведения монтажа, а также технического обслуживания;

разработаны математические модели пространственно-ромбовидных контактных подвесок с учетом положения гибких фиксаторов под влиянием сил натяжения;

разработана методика расчета параметров пространственно-ромбовидных контактных подвесок на основе их схем замещения с учетом различных эксплуатационных особенностей;

разработаны методы расчета пространственно-ромбовидных контактных подвесок, позволяющие возможность упрощения процесса исследования их статических и динамических характеристик.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

получены аналитические зависимости для исследования статических и динамических характеристик новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок;

разработано новое устройство пространственно-ромбовидной контактной подвески с малой конструктивной высотой и надежными техническими показателями.

Достоверность результатов исследования основана корректным применением законов соблюдения основных условий натяжения и упругости под воздействием токоприемника, а также совпадением теоретических и экспериментальных результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке аналитических уравнений для исследования статических и динамических характеристик новой пространственно-ромбовидной контактной подвески с учетом сил натяжения и подъемной силы токоприемника.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке методов определения изменения размеров и натяжения проводов новой пространственно-ромбовидной контактной подвески и её жесткости в различных точках между интервалами крепления, а также с помощью полученных результатов было достигнуто упрощение расчета параметров контактной подвески и обеспечение сокращения сроков их проектирования для железнодорожных тоннелей.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов разработки пространственно-ромбовидных контактных подвесок для искусственных сооружений:

получен патент на изобретение государственного учреждения «Центр интеллектуальной собственности» при Министерстве юстиции Республики Узбекистан (№ IAP 07489; 2023) на устройство контактной сети в искусственном сооружении. В результате создано устройство пространственно-ромбовидной контактной подвески с малой конструктивной высотой, малыми габаритными размерами, высокой надежностью, простотой монтажа и технического обслуживания для железнодорожных искусственных сооружений;

новая пространственно-ромбовидная контактная подвеска была применена в тоннеле «Камчик» районной контактной сети «Темирйўлобод» дистанции электроснабжения «Коканд» АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» №01/3174-23 от 10 октября 2023 г.). В результате применения новой пространственно-ромбовидной контактной подвески с ограниченными размерами, особенно в длинных тоннелях, позволило обеспечить непрерывное снабжение электроподвижной состав качественной электроэнергией.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 17 научно-практических конференциях,

в том числе на 9 международных (из них 4 на базе Scopus) и на 8 республиканских конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, из них 7 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 2 статей в зарубежных и 5 статей в республиканских журналах, а также получены 3 патента на изобретение и 3 свидетельства на программное обеспечение для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет из 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, даны характеристики объекту и предмету исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов научных исследований в производство.

В первой главе диссертации **«Состояние проблемы и постановка задачи исследования»** на основе анализа различных контактных подвесок контактной сети (КС) железных дорог было выявлено, что они должны обладать минимальными вертикальными размерами, высокой надежностью и простотой эксплуатации, упрощенной структурой, равномерной упругой конструкцией, обеспечивающей высокую скорость движения, малыми размерами поврежденного участка, удобством выполнения работ по ремонту тоннеля без полного демонтажа подвески при особых условиях эксплуатации искусственных сооружений.

На основе основных принципов построения существующих контактных подвесок для тоннельных участков выявлено, что простые и маленькие цепные гибкие КП, предназначенные для тоннелей, следует устанавливать зигзагообразной или ромбовидной формы, применять простые подвески с гибкими или жесткими креплениями, оснащенными упругими элементами. В результате сравнительного анализа взаимодействия КП с токоприёмниками (ТП) электроподвижного состава установлено, что пространственно-ромбовидная контактная подвеска (ПРКП) отвечает требованиям контактных подвесок искусственных сооружений с ограниченными габаритами.

В результате анализа существующих конструкций ПРКП установлено, что они обладают большой конструктивной высотой, сравнительно большими вертикальными и горизонтальными размерами, низкой надежностью из-за большого количества элементов в подвеске. Установка и обслуживание данных конструкций требует много времени, что приводит к

неудобствам при их эксплуатации в искусственных сооружениях с низкой конструктивной высотой.

На основе результатов анализа источников литературы и поставленной цели были определены основные задачи исследования.

Во второй главе диссертации «Пространственно-ромбовидные контактные подвески и их математические модели» представлены новые конструкции ПРКП малой конструктивной высоты и разработаны их математические модели.

Конструктивная схема нового ПРКП между двумя пролетами крепления для искусственных сооружений ограниченных размеров представлена на рис. 1. В этой ПРКП гибкие фиксаторы обеспечивают ее эластичность и безвредное затухание волны, образующейся в КП под воздействием ТП. При сильном натяжении контактного провода в контактной подвеске происходит сжатие волны, что приводит к скачку ТП, в результате чего образуется электрическая дуга, которая приводит к сгоранию контактного провода или разрыву ТП.

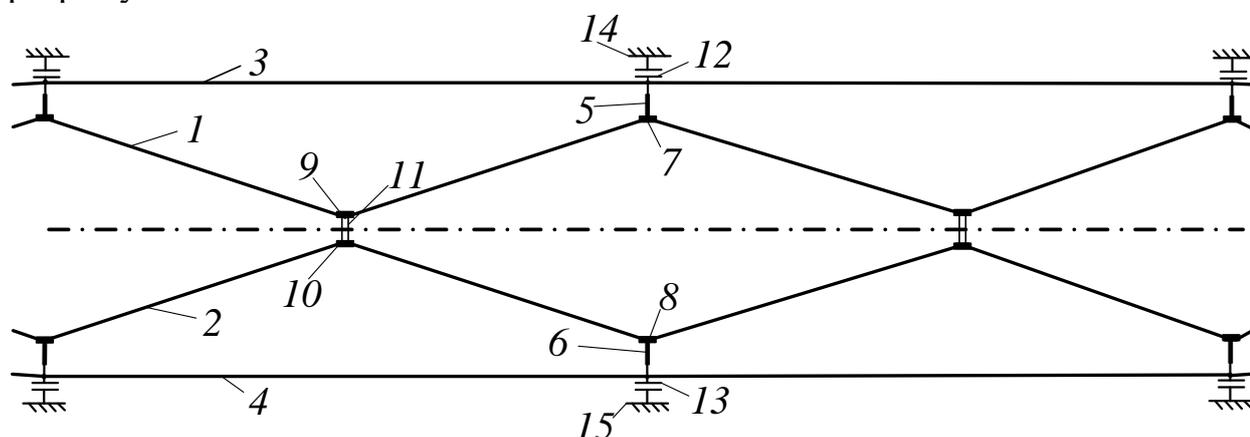


Рис. 1. Конструктивная схема пространственно-ромбовидной контактной подвески (вид сверху): 1-2 - КП; 3-4 – несущие тросы (НТ); 5-6 - гибкие фиксаторы; 7-10 – фиксирующие зажимы; 11 – планка; 12-13 – изоляторы; 14-15 – точки крепления к стенкам тоннеля

Данная ПРКП отличается от ее существующего прототипа тем, что она имеет упрощенную конструкцию с небольшими габаритами (НТ расположены не в виде ромба, а в виде прямых, параллельных друг другу линий вдоль железной дороги, что подтверждает его малые габариты; упрощенность конструкции объясняется расположением КП в виде одного ромба в пролете их крепления и меньшим количеством элементов). Кроме того, использование гибких фиксаторов вместо скользящих элементов, малое количество ромбов и закрепление их гибкими фиксаторами способствует уменьшению площади повреждений при их разрыве и быстрому восстановлению, что является важным фактором для тоннелей. Меньшее количество элементов в новой подвеске повышает ее надежность, упрощает и сокращает процесс обслуживания, что приводит к качественному токосъему для электровоза.

Для исследуемого нового ПРКП получено следующее уравнение, позволяющее определить длину НТ в пространственном положении в пролете крепления с учетом действующих на него сил:

$$L = l_6 + \frac{1}{2T^2} \left[\frac{g_T^2 l_6^3}{12} + \frac{g_T l_6^2}{4} Q_K + \frac{Q_K^2 l_6}{4} + \frac{4K^2 C^2}{l_6} \right], \quad (1)$$

где Q_K – сила тяжести КП между пролетами крепления; g_T – вес НТ; C – расстояние контактного провода от оси дороги до фиксатора (длина зигзага КП), определяемое величиной натяжения КП; T, K – силы натяжения НТ и КП соответственно; l_6 – длина НТ, разделенная на определенные отрезки в пролете крепления.

При расчете параметров новой ПРКП с гибкими фиксаторами в качестве уравнения баланса использовалось соответствующее уравнение свободно подвешенного провода. Дифференциальное уравнение провеса подвески имеет следующий вид (см. рис. 2):

$$EJ \frac{d^4 y}{dx^4} - K \frac{d^2 y}{dx^2} + EJ \frac{g_K}{K} = 0, \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала КП; J – момент инерции сечения провода.

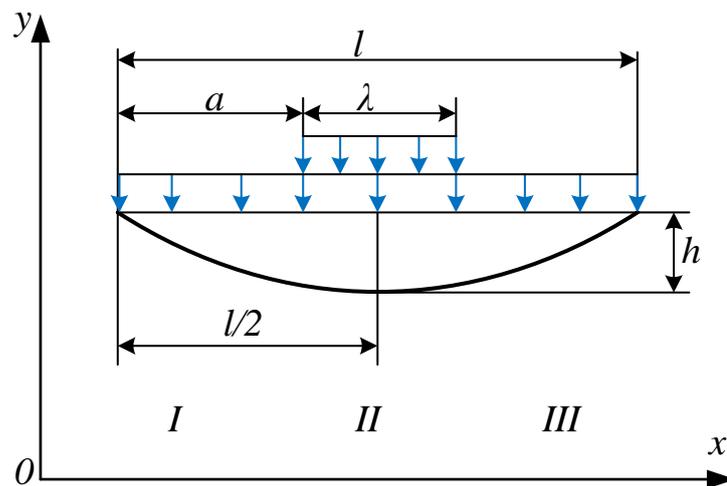


Рис. 2. Проекция ПРКП на плоскости XOY: I – начальная часть провеса провода; II – средняя (максимальная) часть провеса провода; III – конечная часть провеса провода

Решение дифференциального уравнения (2) проводилось с учетом следующих граничных условий:

$$\begin{cases} x = 0 \text{ да } y = 0; \quad y' = 0, \\ x = \frac{l}{2} \text{ да } y' = 0, \\ x = -\frac{l}{2} \text{ да } y' = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Решением дифференциального уравнения (2) было получено следующее выражение, позволяющее определить высоту подвески:

$$y = \frac{g_K x^2}{2K} - \frac{g_K l c h(r x)}{2r K s h(r \cdot \frac{l}{2})} + \frac{g_K l}{r 2 K s h(r \cdot \frac{l}{2})}, \quad (4)$$

где $r = \sqrt{K/EJ}$; g_K – вес КП.

Исследовано изменение состояния контактных проводов в ПРКП с гибким фиксатором при изменении температуры окружающей среды и определено следующее аналитическое выражение зависимости изменения температуры и нагрузки от длин проводов в пролете подвески:

$$L_x = L_1 \left[1 + \alpha_t(t_x - t_1) + \frac{T_x - T_1}{ES} \right], \quad (5)$$

где L_1, T_1 – длина и сила натяжения НТ при начальной температуре t_1 ; T_x – сила натяжения НТ при изменении температуры на t_x ; α_t – коэффициент изменения длины НТ под воздействием температуры.

Изменение натяжения КП новой ПРКП с гибким фиксатором рассчитывалось с учетом следующей зависимости:

$$t_x = \left[\frac{K_1}{\alpha_t ES} - \frac{l^2 g_k^2}{24 \alpha_t K_1^2} + t_1 - \frac{2C_1^2}{\alpha_t l^2} \right] - \frac{K_2}{\alpha_t ES} + \frac{l^2 g_k^2}{24 \alpha_t K_2^2} + \frac{2C_2^2}{\alpha_t l^2}. \quad (6)$$

Третья глава диссертации «Статические и динамические характеристики пространственно-ромбовидных контактных подвесок с гибкими фиксаторами» посвящена исследованию статических и динамических характеристик новых ПРКП при взаимодействии с ТП.

С целью теоретического исследования статических характеристик разработанной ПРКП растяжение гибкого фиксатора под действием горизонтальных составляющих сил, вызванное разрывом КП в точке крепления подвески, выражалось следующим образом:

$$N = \frac{4K \cdot C}{l}. \quad (7)$$

Связь между горизонтальной и вертикальной нагрузками узла фиксации через сумму моментов сил относительно точки крепления гибкого фиксатора к вспомогательному устройству в условиях равновесия точки крепления определялась следующим выражением:

$$Q_0 = \frac{4K \cdot C h_\phi}{la}, \quad (8)$$

где Q_0 – сила тяжести КП в точке крепления с помощью дополнительного фиксатора в состоянии покоя; a, h_ϕ – соответственно длина горизонтальной проекции и высота фиксатора (рис.3).

Установлено, что жесткость нового ПРКП зависит не только от силы P , но и от натяжения КП, их марки, а также длины и геометрических параметров гибкого фиксатора.

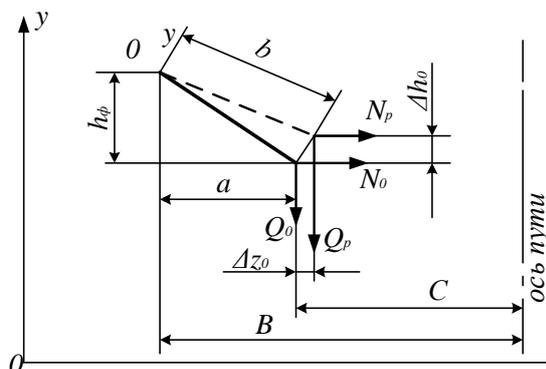


Рис. 3. Расчетная схема изменения положения гибкого фиксатора ПРКП в плоскости YOZ

По результатам расчета установлено, что жесткость подвески в точках крепления КП изменяется в зависимости от длины пролета и параметров гибкого фиксатора, например, при продлении длины гибкого фиксатора от 0,45 до 1,25 метра в пролете длиной 21 метр, жесткость подвески снижается от 2,91 кН/м до 1,87 кН/м.

Длина пролета оказывает существенное влияние на жесткость подвески, например, в пролете, равном 12-21 м, увеличение его длины на 3 м повышает жесткость подвески в точке крепления гибкого фиксатора в среднем на 0,95 кН/м. Кроме того, это влияет на величину жесткости и длину гибкого фиксатора: изменение длины с 0,45 до 1,24 метра на всех пролетах снижает жесткость в среднем на 1,5 кН/м в зависимости от длины пролета.

Важным аспектом для контактной подвески тоннелей является их вертикальный размер. Естественно, что с уменьшением натяжения вертикальный размер гибкого фиксатора увеличивается. При пролетах длиной 21 м он достигает наибольшего значения - 0,71 м, а при пролетах 12 м вертикальная высота гибкого фиксатора длиной 1,25 м достигает 0,40 м.

Проведенные исследования показали, что статическая жесткость (J_0) ПРКП с гибкими фиксаторами изменяется в результате подъема КП на участках между точками их крепления. Также была рассчитана статическая жесткость для различных значений B, b, l, K и геометрических параметров подвески C, a, h и установлено, что жесткость подвески с гибким фиксатором в средней точке пролетов уменьшается с увеличением длины пролета, например: при $K = 9$ кН результаты расчета следующие: при $l = 21$ м; $B = 0,7$ м; $b = 0,45$ м; $c = 0,278$ м; $a = 0,42$ м; $h = 0,16$ м; $J_0 = 4,51$ кН/м, при $l = 18$ м; $B = 0,7$ м; $b = 0,45$ м; $c = 0,267$ м; $a = 0,43$ м; $h = 0,13$ м $J_0 = 4,97$ кН/м.

В целях теоретического исследования динамических характеристик новой ПРКП было рассмотрено изменение положения подвески под действием силы P ТП для разных точек крепления. Определены горизонтальные составляющие силы гибкого фиксатора, возникшие в результате изгиба КП в точке крепления ПРКП, а также растяжение под воздействием силы P :

$$N_p = \frac{4K}{l} (C - \Delta z_0), \quad (9)$$

где Δz_0 – длина сдвига конечной части гибкого фиксатора (см. рис. 3).

Равновесное положение точки крепления под действием силы P можно определить по сумме моментов сил относительно точки крепления гибкого фиксатора к вспомогательному устройству и соотношению горизонтальных и вертикальных нагрузок фиксирующего узла (рис. 4, а):

$$\frac{4K(C - \Delta z_0)}{l} \cdot \frac{(h_\phi - \Delta h_0)}{a + \Delta z_0} = Q_0 - \frac{P}{2} + 2K \frac{\Delta h_0 - \Delta h_1}{l}, \quad (10)$$

где $\Delta h_0, \Delta h_1$ – изменение вертикальной высоты между НТ и КП в пролетах, действующих на силу P , а также прилегающих к ней пролетах.

Уравнение жесткости ПРКП с гибким фиксатором в точке крепления КП было выявлено на основе следующего выражения для определения сдвига подвески под действием силы P :

$$J_0 = 2 \left\{ -\frac{Ph_\phi}{2a^2} + \frac{2K}{l} \left(\frac{2C}{a} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + 1 \right) - \frac{2K}{l} \cdot \left[\left(1 + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2C}{a} \right) - \sqrt{\left(1 + \frac{2Ch_\phi^2}{a^3} + \frac{2h_\phi^2}{a^2} + \frac{2C}{a} \right)^2 - 1} \right] \right\}. \quad (11)$$

Анализ выражения (11) показал, что сдвиг контактной подвески под действием силы P имеет нелинейный характер.

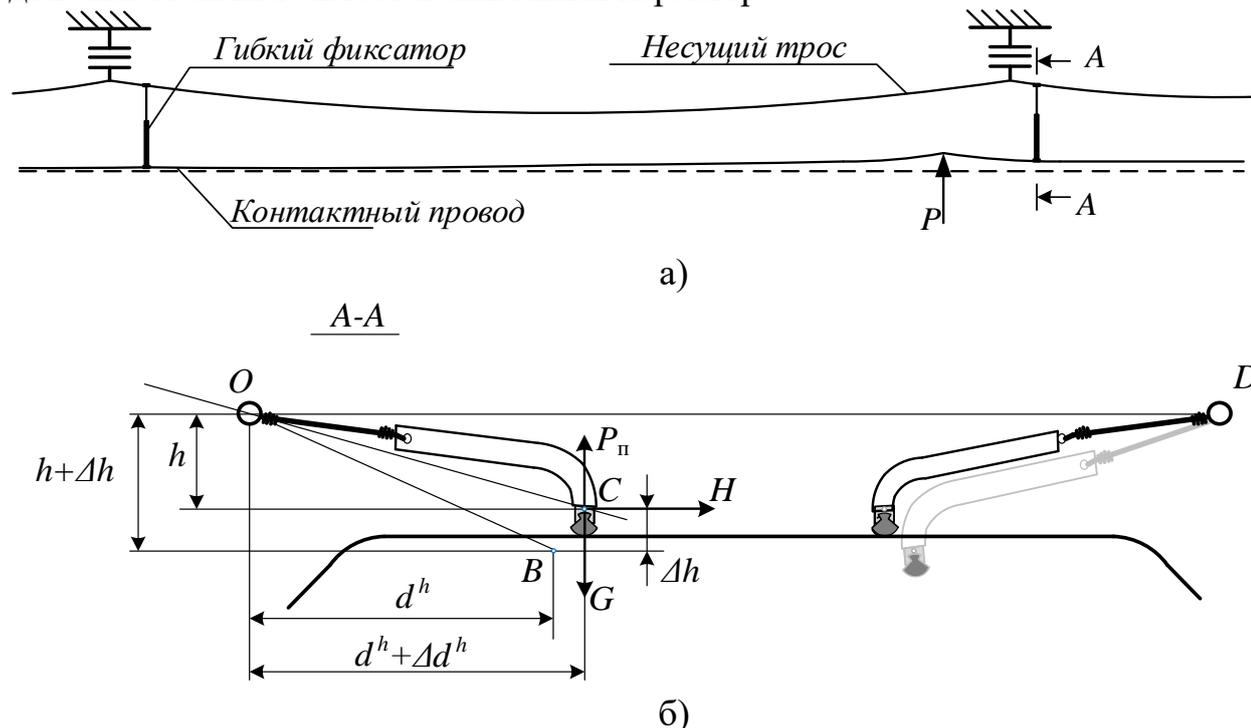


Рис. 4. Перемещение элементов ПРКП под действием вертикальной силы: а – контактная подвеска пролета между фиксаторами; б – поперечное сечение ПРКП в области фиксатора: Δh - изменение высоты по вертикали между НТ и контактной подвеской под действием силы P

Взаимосвязь между моментами изменения состояния подвески под действием силы P определена следующим уравнением (рис. 4, б):

$$Nh - (G - P_\Pi)(d^h + \Delta d^h) = 0, \quad (12)$$

где $d^h, \Delta d^h$ – горизонтальные проекции гибкого фиксатора при отсутствии силы P и при приложении силы P соответственно; P_Π - уменьшение силы P под действием сил натяжения, действующих на фиксатор; G – сила натяжения фиксатора; H – сила натяжения контактного провода в сторону оси дороги.

За счет силы P , приложенной к подвеске, силы натяжения, действующие на фиксатор, уменьшаются до величины нагрузки P_Π . Учитывая, что условная жесткость фиксатора $J_\phi = P_\Pi/\Delta h$ представляет собой упругость подвески, было получено следующее выражение:

$$J_\phi = \frac{H}{d^h} + \frac{G - P_\Pi}{d^h} \left(\frac{\Delta d^h}{\Delta h} \right). \quad (13)$$

В целом установлено, что использование трехмерной схемы замещения, включающей два НТ и два КП, намного упрощает расчеты. Схема замещения может содержать любое количество пролетов (интервалов). При решении теоретических задач удобно создавать расчетные схемы для количества до трех пролетов крепления, в результате чего среднее значение жесткости подвески может быть учтено при определении подъема или гибкости подвески.

Зигзаги КП новой ПРКП образуются за счет действующих сил фиксаторов. Для фиксатора, обладающего свойствами упругости, удобно переходить к двумерной обобщенной линейной схеме замещения (рис. 5). В этой схеме НТ расположены поверх КП. При расчете новой ПРКП по этой схеме КП подвески рассматриваются как один провод с общим натяжением.

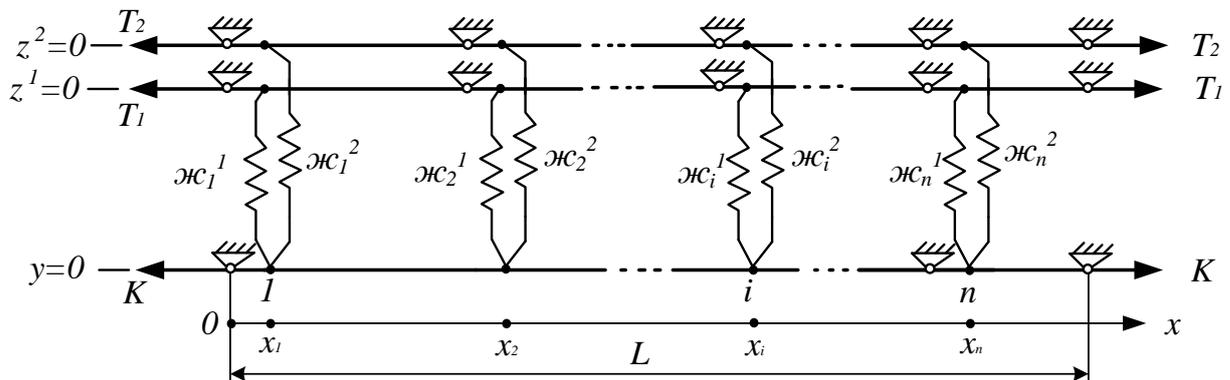


Рис. 5. Обобщенная линейная схема замещения новой ПРКП

Установлено, что если при определении кривой провеса КП суммировать нагрузку, распределяемую по массе проводов, наклоны под действием силы давления ТП и реакций упругих элементов, небольшое смещение положения подвески под действием внешних сил не приводит к изменению горизонтальных составляющих натяжения подвески и перераспределению ее веса вдоль оси x , то получается, что силы натяжения незначительны при определении смещения КП под действием внешних сил.

Если движение подвески вверх под действием вертикальной силы P принять положительным, а движение вниз – с отрицательным знаком, то выражение для определения подъема КП находится по принципу сложения:

$$y(x) = Pf(x, \tilde{x}) - \sum_{i=1}^n F_i f(x, x_i). \quad (14)$$

где F_i - реакции упругих элементов в точках $1, 2, \dots, n$; $f(x, x_i)$ - функция Грина, определяющая положение КП в точке x ; x_i — координата точки, когда сила, сконцентрированная в одном месте подвески, равна $P = 1$; \tilde{x} – координата точки воздействия силы P .

Положения смещения (сдвига) проводов новой ПРКП под действием ТП описывались выражением (14), а решения упрощались использованием функции Грина. Также с помощью функции Грина получено следующее упрощенное аналитическое выражение новой ПРКП для комбинированного с жесткими гибкими балками положения:

$$f(x, \tilde{x}) = \begin{cases} \frac{x(l-\tilde{x})}{Kl}, & \text{агар } x < \tilde{x}, \\ \frac{\tilde{x}(l-x)}{Kl}, & \text{агар } x \geq \tilde{x}. \end{cases} \quad (15)$$

При исследовании взаимодействия ПРКП с ТП решение дифференциальных уравнений было упрощено за счет разделения КП на дискретные элементы методом конечных элементов. С помощью данного метода исследованы силы, действующие на КП от внешнего фактора (температуры), а также силы, действующие на провод со стороны элементов контактной подвески, полностью определяемые его свойствами, непосредственно путем несложных расчетов без составления дифференциальных уравнений на основе метода математического моделирования новой ПРКП.

В четвертой главе диссертации «**Экспериментальное исследование и надежность новой пространственной ромбовидной контактной подвески**» представлены эксперименты, проведенные с ПРКП, их анализ и надежность, а также основные технические показатели новых приборов, разработанных для использования при диагностике состояния новой подвески.

Целью экспериментальных исследований, проведенных с новой ПРКП, является проверка правильности результатов теоретического расчета геометрических параметров КП и НТ при воздействии сил ТП в разных точках пролета крепления контактной подвески. Сравнением вертикальной высоты новой ПРКП и ее прототипа установлено, что она у новой ПРКП составляет 0,6 м, а у ее прототипа – 0,773 м, а также установлено, что при разрыве одного КП или ТП, в новой ПРКП повреждается 1 пролет крепления, а в прототипе 3 пролета крепления, при разрыве двух КП в новой ПРКП повреждается 2 пролета крепления, а в прототипе - 4.

Характеристика распределения жесткости контактной подвески в пролете крепления позволяет сделать вывод о качестве взаимодействия ТП и КП (рис. 6). В результате сравнений были выявлены следующие различия: в расчетах не учитывалась жесткость изгиба проводов и инструментальные погрешности измерений. Малые абсолютные значения и очень малые пределы их изменения приводят к существенному расхождению с расчетными значениями. Значения жесткости, выявленные в результате расчетов, составляют 4,17 кН/м между точками крепления контактных проводов и 7,22 кН/м в точках их крепления. Сравнения показывают, что для ромбов малых размеров КП степень жесткости пролета определяется значениями, определенными для площади между точками крепления КП.

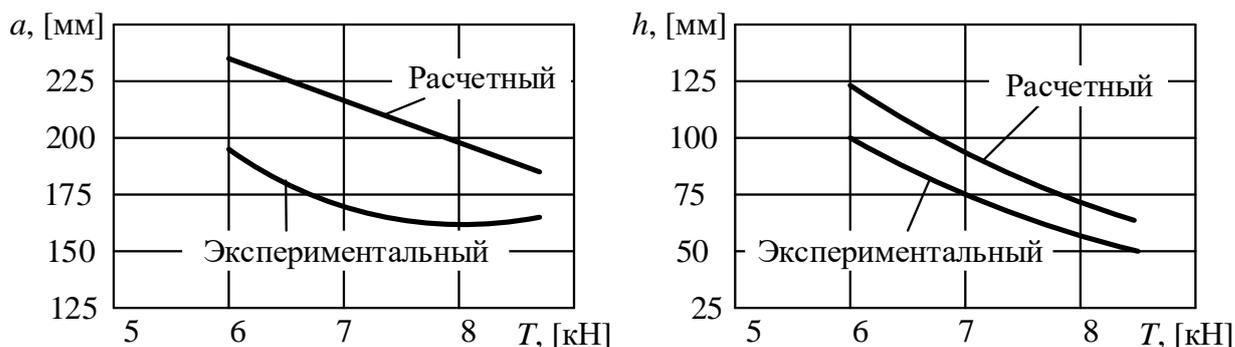


Рис. 6. Изменение габаритных размеров новой ПРКП

Для обеспечения длительного срока службы новой ПРКП была определена закономерность распределения степени износа контактных проводов в пролете крепления. Подробно исследованы характеристики новых полукompенсирующих устройств ПРКП и ее жесткость. Оценено влияние внешнего вида новой ПРКП, натяжения провода подвески и геометрических параметров на величину жесткости в пролете крепления, а также изучено распределение жесткости в пролете крепления ПРКП (рис. 7).

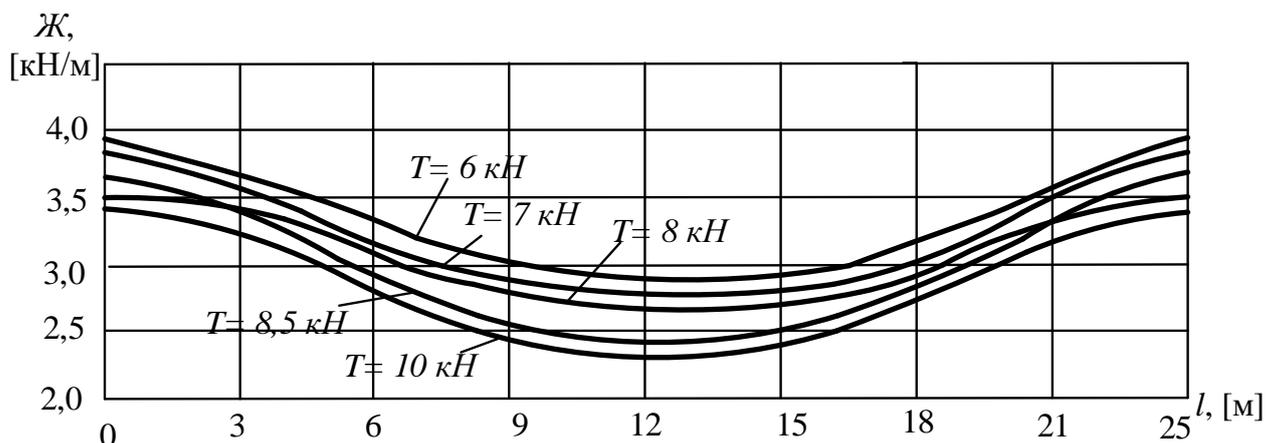


Рис. 7. Изменение жесткости ПРКП

Разработанная ПРКП была применена в тоннелях ограниченных размеров для качественного и надежного электроснабжения электроподвижного состава. Ожидаемый экономический эффект от внедрения новой ПРКП в тоннели «Камчик» составляет 9 млрд 600 млн (девять миллиардов шестьсот миллионов) сум.

В приложении содержатся дополнительные сведения о диссертации, в том числе акт и справка о внедрении результатов исследования в производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационной работы на тему «Совершенствование пространственно-ромбовидной контактной подвески искусственных сооружений» получены следующие научные результаты:

1. Контактные подвески, предназначенные для особых условий искусственных железнодорожных сооружений, должны обладать минимальными вертикальными размерами, высокой надежностью при эксплуатации, равномерной упругой конструкцией, обеспечивающей

простоту и высокую скорость движения, малыми размерами поврежденного участка, удобством выполнения работ по ремонту тоннелей без полного демонтажа подвески. Исследованием установлено, что пространственно-ромбовидная контактная подвеска во многом отвечает этим требованиям.

2. Разработаны новые конструктивные схемы пространственно-ромбовидных контактных подвесок, которые благодаря параллельному расположению несущих тросов вдоль рельса, установки контактных проводов в виде одного ромба в пролете крепления, малого количества элементов подвески и использования гибких фиксаторов имеют низкую конструктивную высоту, малые габариты, высокую надежность, простоту монтажа и обслуживания.

3. Предложена конструкция зажима для пространственно-ромбовидных контактных подвесок, обеспечивающая изгиб и прочность контактных проводов без повреждений в местах их наибольшего сближения.

4. Разработаны математические модели новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок с учетом влияния возникающих в них горизонтальных и вертикальных сил, продления проводов подвески под воздействием этих сил, а также с учетом особенности крепления контактных проводов к несущим тросам с помощью фиксирующих элементов.

5. Разработан метод расчета провеса несущих тросов пространственно-ромбовидных контактных подвесок с любым количеством ромбов контактных проводов в пролете и с учетом веса несущих тросов.

6. Анализ статических и динамических характеристик новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок с гибким фиксатором показал, что с увеличением длины гибкого фиксатора жесткость подвески уменьшается, например, при продлении длины гибкого фиксатора от 0,45 до 1,25 метра в пролете длиной 21 метр, жесткость подвески снижается от 2,91 кН/м до 1,87 кН/м.

7. Анализом динамических характеристик новых пространственно-ромбовидных контактных подвесок с гибким фиксатором установлено, что функциональная зависимость жесткости подвески от силы нажатия токоприемника нелинейная. Установлено, что при длине гибкого фиксатора 0,45 м и разных значениях параметров токоприемника минимальные вертикальный и горизонтальный размеры новой подвески составляет соответственно 0,06 м и 0,88 м.

8. Достигнуто упрощение решения уравнений состояния проводов подвески рассмотрением проводов в виде гибких нит и балок с использованием функции Грина. Разработан метод исследования динамических характеристик новой подвески, заключающийся в расчленении подвески на элементы и используя методов конечных элементов и прямого математического моделирования без составления дифференциальных уравнений.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDED
SCIENTIFIC DEGREES DSc.15/31.08.2022.T.73.07**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

KARIMOV ISLOM AZIM UGLI

**IMPROVEMENT OF SPATIALLY-RHOMBOID CONTACT SUSPENSION
OF ARTIFICIAL STRUCTURES**

05.08.05. Rolling-stock of railways, traction of trains and use of electric power

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent - 2023

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2023.3.PhD/T4000

The dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The Abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web page of Scientific Council (www.tstu.uz) and Information and Educational Portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:

Amirov Sulton Fayzullayevich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Gayibov Tulkin Shernazarovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Radjibayev Davron Oktambayevich

Candidate of Technical Sciences, dotsent

Leading organization:

Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

The defense will be take place at ____ «____» _____ 2023 at the meeting of the Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.07. Tashkent state transport university. (Address: 100167, Tashkent, str. Temiryo'lbchilar-1, tel.: (99871) 299-00-1; fax: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz.)

The doctoral (PhD)dissertation can be reviewed at the Information-Resource Center of the Tashkent state transport university (Registered number ____). (Address: 100167, Tashkent, str. Temiryo'lbchilar-1, tel.: (99871) 299-00-1; fax: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz.)

Abstract of the dissertation was distributed on «____» _____ 2023.
(mailing report №____ on «____» _____ 2023).

R. V. Rahimov

Chairman of Scientific council
on awarding Scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Ya. O. Ruzmetov

Scientific secretary of the Scientific council
on awarding Scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

R. M. Mirsaatov

Chairman of this Scientific seminar under
Scientific council on awarding Scientific degrees,
doctor of technical science, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of research is the development of spatially-rhomboid contact suspension for railway artificial structures with low structural height, small dimensions, high reliability, easy installation and maintenance.

The object of research was is a spatially-rhomboid contact suspension of artificial structures.

Scientific novelty of research is as follows:

developed by changing the location of the carrier cables and reducing the number of diamond contact wires new simple design diagrams of spatially-rhomboid contact suspension with a small structural height, small dimensions, high reliability, installation and maintenance;

mathematical models of spatially-rhomboid contact suspension have been developed taking into account the position of flexible fixators under the influence of tensile forces;

the method of calculation of parameters of spatially-rhomboid contact suspension on the basis of their substitution schemes taking into account various operational features has been developed;

methods for calculating spatially-rhomboid contact suspension have been developed, which make it possible to simplify the process of studying their static and dynamic characteristics.

Implementation of research results. Based on the results of the development of spatially-rhomboid contact suspension for artificial structures:

received patent for invention of state institution "Intellectual Property Centre" under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan (IAP 07489; 2023) for the device of contact network in artificial structure. The result is a device for a diamond-shaped contact suspension with a low structural height, small dimensions, high reliability, easy installation and maintenance for railway artificial structures;

The new spatially- rhomboid contact suspension was applied in the tunnel "Kamchik" district contact network "Temiryulobod" distance of power supply "Kokand" JSC "Uzbekistan temir yullari" (certificate JSC "Uzbekiston temir yullari 01/3174-23 October 2023). As a result of the application of a new spatially-rhomboid contact suspension with limited dimensions, especially in long tunnels, it was possible to ensure the continuous supply of high-quality electricity to the electric rolling stock.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and annexes. The volume of dissertation is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Част I; Part I)

1. Патент РУз (UZ) № IAP 07489. Контактная сет в искусственном сооружении/ Амиров С.Ф., Сулаймонов М.М., Баянов И.Н., Норжигитов С.А., Хамидов А.Н., Каримов И.А.// Расмий ахборотнома – 2023. –№10.

2. Патент РУз (UZ) № IAP 07234. Трансформаторный датчик больших линейных перемещений повышенной чувствительности / Амиров С.Ф., Шарапов Ш.А., Суллийев А.Х., Болтаев О.Т., Каримов И. А.//Расмий ахборотнома – 2022. –№6.

3. Патент РУз (UZ) № IAP 06910. Способ контроля углов наклона опор контактной сети железной дороги/ Амиров С.Ф., Бадретдинов Т.Н., Баянов И.Н., Муминов С.С., Каримов И.А.//Расмий ахборотнома – 2022. – №5.

4. Амиров С.Ф., Каримов И.А., Абдуазимова И.У. Влияние геометрических параметров пространственно-ромбовидных подвесок используемых в тоннелях на ее эластичность // Научный журнал транспортных средств и дорог, – Ташкент, 2022. -№4. (05.00.00; № 11).

5. Амиров С.Ф., Каримов И.А., Абдуазимова И.У. Фазовий ромбсимон контакт осмаси котирилиш оралиғида ушлаб турувчи трос узунлигини аниқлашнинг ўзига ҳос хусусиятлари // Научный журнал транспортных средств и дорог, – Ташкент, 2023. -№1.– С.125-132. (05.00.00; № 11).

6. Амиров С.Ф., Якубов М.С., Каримов И.А. Система непрерывного дистанционного диагностирования контактной сети с возобновляемым источником энергии // Журнал «Доклады Академии наук Республики Узбекистан». – Ташкент, 2021.– №2. – С. 99-105. (05.00.00; № 9).

7. Якубов М. С., Каримов И.А., Муминов С. С. Оптимизация структуры информационно-измерительного комплекса диагностики объектов тягового электроснабжения на основе надежности // Илм-фан ва инновацион ривожланиш илмий журнал Ташкент, 2021. – №5. (05.00.00; ОАК раёсатининг 2019 йил 28 февралдаги 262/9. 2-сон қарори).

8. Якубов М.С., Исраилов У.Ш., Каримов И.А. Методологические аспекты информационного-измерительных комплексов функционального диагностирования динамических объектов электрифицированного железнодорожного транспорта. Журнал “Современные технологии. Системный анализ. Моделирование” – Иркутск, 2021. -№2 (70). – С. 36-43. (05.00.00; № 4).

9. Якубов М.С., Каримов И.А., Нурхонов Б. Analysis of measuring circuits of bridge converters using generalized parameters // Журнал «Актуальные научные исследования в современном мире»– Украина, 2021. – №1. – С. 101-106. (05.00.00; № 95).

II бўлим (Чақ II; Part II)

10. Amirov S.F., Karimov I.A., Abduazimova I.U. Application of the method of direct mathematical modeling to diamond-shaped contact lines // E3S Web of Conf. 401, 2023. V International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO - 2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102060> .

11. Bayanov I.N., Badretdinov T.N., Muminov S.S., Karimov I.A., Saydivaliyev S.S., Saliyev E.N. The electric field of the sliding contact during the interaction of the pantograph and the contact wire // E3S Web of Conferences 264, 04029 (2021) CONMECHYDRO - 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404029> .

12. Karimov I.A., Saydivaliyev S.S. Fazoviy-rombsimon kontakt osmalarining holat tenglamalari // “Транспортда ресурс тежамкор технологиялар” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий – техника анжумани -Тошкент, 2021. – С. 399-403.

13. Yakubov M., Karimov I.A. Comparative evaluation of the effectiveness of the information and measurement system for the diagnosis of traction power supply // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари ТДТУ махсус сон -Тошкент, 2021.

14. Yakubov M., Karimov I.A., Abdullayev D. Structure and distribution of function between the stages of the information and measurement system for diagnostics of traction substations and contact network installations // E3S Web of Conferences, 383, статья № 01027 (2023), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338301027> .

15. Yakubov M., Turdibekov K.X., Sulliev A.X., Karimov I.A., Saydivaliyev S.S., Xalikov S.S. Improvement of the information-measuring complex for diagnostics of traction power supply objects at high-speed traffic // E3S Web of Conferences 304, 02014 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130402014> .

16. Баянов И.Н., Каримов И.А. Temir yoʻlda kontakt tarmogʻini monitoring va diagnostika qilish tizimlari // “Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий – техника анжумани -Ташкент, 2020. – С. 209-213.

17. Баянов И.Н., Каримов И.А. Контакт осмасини эластиклигини аниқлаш // “Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий – техника анжумани -Тошкент, 2018. – С. 228-232.

18. Баянов И.Н., Каримов И.А., Салиев Э.Н. Проблемы токосъема при дугообразовании // Международной научно- методической конференции, “Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики”. - Самара – Оренбург – Нижний Новгород, Россия, 2021. - С. 70 –73.

19. Баянов И.Н., Каримов И.А., Сапарбоев Ж.М. Занжирли контакт осмаси симларининг титраши ва автотебраниши // Актуальные проблемы системы электроснабжения // международной научно-технической конференции. ТашГТУ, -Тошкент, 2021.

20. ДГУ (UZ) № DGU 19391. Программное обеспечение для разрушения поверхности сечения и массы контактного провода в контактной сети/ Амиров С.Ф., Якубов М., Каримов И.А.// 17.11.2022.

21. ДГУ (UZ) № DGU 21695. Расчет интервалов упрочнения контактных проводов перегона в электроснабжении электрифицированных железных дорог/ Амиров С.Ф., Каримов И.А., Муминов С.С., Абдуазимова И.У., Акимбетов Н.Й.// 25.01.2023.

22. ДГУ (UZ) № DGU 27681. Программное обеспечение для определения мест обрыва контактных проводов электрифицированных железных дорог/ Амиров С.Ф., Каримов И.А., Нурхонов Б.Ш.// 26.09.2023.

23. Каримов И.А., Қаршиев К.Т. Контакт тармоғида эркин осилган симларнинг осилиш тенгламалари // “Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий – техника анжумани -Тошкент, 2019. – С. 274-276.

24. Каримов И.А., Муминов С.С., Салиев Э.Н. Методика определения эластичности контактной подвески КС 250-25 Uz // VIII Международной научно-практической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. 29 март 2021 г., Великие Луки, Россия, 2021. - С. 282 –288.

25. Якубов М., Каримов И.А. Совершенствование методов предварительной обработки информации для диагностики объектов тягового электроснабжения // VI Всероссийской научно- практической конференции «ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА - ПРОИЗВОДСТВО», 18 ноября 2022 г. - Забайкальский край Россия, 2022.

26. Якубов М., Каримов И.А., Азимов Ш.Ш. Адаптивная система энерго-и ресурсосбережения на железнодорожном участке Ангрэн-Пап // “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” respublika ilmiy – texnika anjumani maqolalari tўplami 2021 yil 18-19 dekabr -Тошкент, 2021.

27. Якубов М.С., Каримов И.А. Методологические аспекты информационного-измерительных комплексов функционального диагностирования динамических объектов электрифицированного железнодорожного транспорта // XI Международной научно-технической конференции, “Транспортная инфраструктура Сибирского региона”. 11-13 ноября 2020 г., Иркутск, Россия, 2020.

28. Якубов М.С., Каримов И.А. Основные направления совершенствования математических методов и средств контроля технического состояния объектов тягового электроснабжения // “Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий – техника анжумани -Ташкент, 2020. – С. 276-278.

29. Якубов М.С., Каримов И.А. Совершенствование математических методов и средств диагностирования объектов тягового электроснабжения // Международной научно- методической конференции, “Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики”, -Самара – Оренбург – Нижний Новгород, Россия, 2021. - С. 200 –203.

Автореферат «ТДТрУ хабарномаси» илмий-амалий журнали
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди

Қоғоз бичими 84×60-1/16. Ризограф босма усули Times New Roman гарнитураси.
Шартли босма табағи: 2,5 б.т. Адади: 50 нусха. Буюртма №
Нашрга рухсат этилди: й.

Тошкент давлат транспорт университети босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100167, Тошкент шаҳар, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.

