

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАХАМАДАЛИЕВА МАЛИКА АЛИЕВНА

**ЭЛЕКТР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ ГИДРОФРИКЦИОН
ТОРСИОН РЕССОРАСИ ДИНАМИК МУСТАҲКАМЛИГИНИ
ҲИСОБЛАШ МЕТОДИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

УЎК: 621.536; 628.01; 629.464.083

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Махамадалиева Малика Алиевна

Электр ҳаракатланувчи таркибнинг гидрофрикцион торсион рессораси
динамик мустаҳкамлигини ҳисоблаш методини ишлаб чиқиш..... 3

Махамадалиева Малика Алиевна

Разработка метода расчета на динамическую прочность
гидрофрикционной торсионной рессоры электроподвижного
состава..... 21

Makhamadalieva Malika Alievna

Development of a method for calculating the dynamic strength of a
hydro-friction torsion spring of an electric rolling stock..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАХАМАДАЛИЕВА МАЛИКА АЛИЕВНА

ЭЛЕКТР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ ГИДРОФРИКЦИОН
ТОРСИОН РЕССОРАСИ ДИНАМИК МУСТАҲКАМЛИГИНИ
ҲИСОБЛАШ МЕТОДИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

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 ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.4.PhD/T3375 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tstu.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Хромова Галина Алексеевна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Хамидов Отабек Рустамович
техника фанлари доктори, профессор

Турсунов Хуршид Махмуджанович
техника фанлари номзоди

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/31.08.2022.T.73.07 рақамли Илмий кенгашининг 2023 йил 14 октябр соат 16⁰⁰ 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@tstu.uz.

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (110 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66)

Диссертация автореферати 2023 йил 29 сентябр куни тарқатилди.
(2023 йил “___” _____даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Р.В. Рахимов

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

Я.О. Рузметов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н., профессор

Р.М. Мирсаатов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда иқтисодий тараққиётни кўллаб-қувватлаш мақсадида йўловчи ва юк ташиш ҳажмини оширишга алоҳида эътибор берилмоқда, бу эса, ўз навбатида, транспорт воситалари, шу жумладан, локомотивлар ва тезюрар поездлар паркини кўпайишига олиб келмоқда. Ҳозирги вақтда ривожланган мамлакатларда ҳаракатланувчи таркибнинг ишончилигини ошириш, техник-иқтисодий хусусиятларини яхшилаш, техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш харажатларини камайтириш мақсадида замонавий конструкцияларни моделлаштириш ва лойиҳалашга катта эътибор қаратилмоқда. Шу нуқтаи назардан, ҳаракатланувчи таркибнинг раван юришини ошириш, йўл ва ташилаётган юкларга динамик таъсирларнинг пасайтириш имконини берадиган османинг мустаҳкамлиги ва қайишқоқ-диссипатив хоссаларни яхшилашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Дунёда темир йўлларнинг ҳаракатланиш тезлиги ва ўтказувчанлик қобилиятини ошириш учун тебранишларни гидравлик ва гидрофрикцион сўндиргичлари ҳамда рессор осмаси параметрларини тўғри танлашга ва улар ишининг барқарорлигига боғлиқ бўлган электр ҳаракатланувчи таркибнинг динамик сифатини яхшилашга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда электр ҳаракатланувчи таркибнинг динамик сифатларини, ғилдирак ва рельс ўртасидаги кучларнинг ўзаро таъсирини яхшилаш, ғилдиракнинг рельсдаги барқарорлигини, юқори тезликдаги электр транспортининг раван юришини ва унда ташиладиган товарларнинг хавфсизлигини таъминлаш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга, йўловчилар учун қулайликни ошириш билан бирга, поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминлашда, электр ҳаракатланувчи таркибнинг янги конструкцияларини ва динамик мустаҳкамликка ҳисоблашни баҳолаш усулларини ишлаб чиқиш ҳамда мавжудларини такомиллаштириш долзарб вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Республикамизда иқтисодиётнинг турли соҳаларига энергия ва ресурс тежамкор технологияларни жорий этиш, шу жумладан, темир йўл транспортини технологик модернизация қилиш бўйича кенг қўламли чора-тадбирлар амалга оширилиб, бу борада муайян натижаларга эришилмоқда. Транспорт-коммуникация инфратузилмасининг ривожланиши ва модернизацияси 2022-2026-йилларда Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «...саноат тармоқларида йўқотишларни камайтириш ва ресурсларни ишлатиш самарадорлигини ошириш»¹ устувор йўналиш сифатида қайд этилган. Ушбу вазифаларни бажаришда темир йўл ҳаракатланувчи таркиби гидравлик ва гидрофрикцион демпферларининг истиқболли конструкцияларини ҳамда уларнинг чидамлилигини ҳисоблашга

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022-2026-йилларда Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сон Фармони.

мўлжалланган янги динамик моделларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикасининг 2021 йил 9 августдаги “Транспорт тўғрисида”ги ЎРҚ-706-сонли ва 1999 йил 15 апрелдаги “Темир йўл транспорти тўғрисида”ги 766-I-сонли Қонунлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сонли ва 2019 йил 1 февралдаги “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5647-сонли Фармонлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 декабрдаги “2018-2022 йилларда транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишининг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-3422-сонли ва 2017 йил 23 августдаги «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисидаги»ги ПҚ-3238-сон Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг ПФИ-2 «Физика, астрономия, энергетика ва машинасозлик» ҳамда II.«Энергетика, энергия ва ресурслар тежамкорлиги» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Диссертация мавзуси бўйича дунёнинг илғор олимлари томонидан тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан С.А. Brebbia (Wessex Institute of Technology, UK), G.M. Carlomagno (University of Naples di Napoli, Italy), A. Varvani-Farahani (Ryerson University, Canada), S.K. Chakrabarti (USA), S.Hernandez (University of La Coruna, Spain), S.H. Nishida (Saga University, Japan), МДХ мамлакатларида эса нуфузли илмий мактаблар ҳамда МТМИ (МИИТ), СПДТЙУ (ПГУПС), МАИ, БРТЙТИТИ (ВНИИЖТ), «ВНИКТИ» ОАЖ, «РЖД» ОАЖ олимлари томонидан илмий изланишлар олиб борилган.

И.И. Челнокова, М.М. Соколова, А.Н. Савоськина, Ю.П. Бороненко, В.И. Варавы, Б.И. Вишнякова, В.М. Гарбузова, Г.М. Левита, Н.А. Шашкова, В.Н. Романова, А.Н. Мальцева, Б.С. Завта, А.А. Дербаремдикера, И.Б. Скиндера, А. Anyakwo, M. Bogdevicius, R. Zygiene, G. Bureika, R Subaciųs, Chao Wang, K. Popp, W. Schiehlen, Rakesh Chandmal Sharma., I. Sebesan, M. Spiriyagin, А.А. Битюцкога, В.В. Болотина, Ю.П. Бороненко, В.М. Бубнова, П.С. Григорьева, В.Н. Жданова, М.Б. Кельрих, А.Д. Кочнова, А.В. Третьякова ва бошқаларнинг илмий ишлари гидравлик тебранишлар сўндиргичларини ишлаб чиқиш, жорий қилиш ва уларни такомиллаштиришга қаратилган.

Ўзбекистонда ҳаракатланувчи таркиб рессора осмаси тизимини оптималлаштириш муаммолари ЎЗР ФА академиги, профессор,

т.ф.д. А.Д. Глушенко, профессорлар Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, А.А. Шермухамедов, Я.О. Рузметов, З.Г. Мухамедова, доцентлар Х.М. Турсунов, С.А. Хромов ва уларнинг шогирдлари томонидан ўрганилган.

Юқори тезликдаги электр ҳаракат таркиби учун гидравлик демпферларни ҳисоблаш бўйича тадқиқотлар таҳлили кўрсатдики, ҳозирги кунга қадар мавжуд ҳисоблаш усулларида ишчи муҳит (ишчи суюқлик, фрикцион кўшимчалар) ишлаб туришида ошган тезлик режими таъсири, электр ҳаракат таркибидаги демпферлаш тизимларида фойдаланиш жараёнида юзага келувчи иссиқ контактли жараёнлар, ташқи динамик юкланишлар қонуниятлари мураккаблиги ва конфигурация ҳажмийлиги эътиборга олинмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент Давлат транспорт университетининг илмий-тадқиқот ишлар режасига киритилган Ф2-001-сонли “Тезюрар ва юқори тезликдаги электр ҳаракат таркиби учун демпферларни динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқиш” мавзусидаги фундаментал грант (2016 й.), 22-сонли “Ўзтемирўлмаштаъмир” УҚда ВЛ80 электровозларини капитал тиклаш-таъмирлаш технологик жараёнини ишлаб чиқиш” (2022 й.) мавзусидаги хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади электр ҳаракатланувчи таркиб гидрофрикцион торсион рессорасини динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усулини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

гидравлик тебраниш сўндиргичларининг конструкциясини такомиллаштириш орқали улардан фойдаланиш ишончилигини ошириш соҳасидаги илмий тадқиқотларни кўриб чиқиш ва таҳлил қилиш;

“Ўзбекистон” локомотив депосида гидравлик тебранишлар сўндиргичлари ишини эътиборга олган ҳолда ўтказилган ВЛ80с электровози аравачаси рамаси тебранишларини табиий шароитларда ўлчаш натижаларини эҳтимолий-статистик қайта ишлаш методикасини ишлаб чиқиш;

электр ҳаракатланувчи таркибнинг ишчи муҳитидаги юқори тезлик режими таъсири эътиборга олган ҳолда қобиқли турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг тебранишларини математик моделлаштириш;

юқори тезлик режими таъсири ҳамда қайишқоқ-диссипатив хоссаларни яхшилашни эътиборга олган ҳолда торсион турдаги модернизацияланган гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларининг тебранишларини математик моделлаштириш;

транспорт машинасозлиги учун гидравлик ва фрикцион демпферлаш тизимларидан фойдаланган ҳолда қобиқли ва торсион турдаги модернизацияланган гидрофрикцион тебраниш сўндиргичларининг динамик мустаҳкамлигини миқдорий (сонли) ҳисоблаш учун алгоритмлар ва дастурларни ишлаб чиқиш;

«Ўзтемирйўлмаштаъмир» УҚда капитал тикловчи таъмирни ўтказишда ВЛ80с электровозларининг гидравлик тебраниш сўндиргичларини модернизациялаш жараёнида ишлаб чиқилган динамик моделлар, сонли алгоритмлар ва дастурларни амалий синовдан ўтказиш ва жорий қилиш;

“Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси”ни ишлаб чиқиш;

ишончлилиқ ва демпферлаш қобилиятини ошириш орқали электр ҳаракатланувчи таркиб учун торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичининг янги конструкциясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти комбинацияланган турдаги замоналаштирилган гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичлари, шунингдек қайишқоқ-диссипатив хоссаларга эга османинг автоматлаштирилган назорат тизимлари саналади.

Тадқиқотнинг предмети - қобикли ва торсион турдаги гидравлик ва гидрофрикцион демпферларни ишлаб туришида ошган тезлик режими таъсирини ҳисобга олган ҳолда тебранишларини математик моделлаштириш.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли ва матрицали таҳлил, математик ва симуляция моделлаштириш, математик статистика, назарий усулларидан фойдаланилган, шунингдек, рақамли усуллар: Фурье усули, кусочно-чизикли аппроксимация усули, итерация усули ва чегаравий элементлар технологияси усули.

Тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

динамик тавсифларга эга гидрофрикцион сўндиргич параметрларини ҳисоблашга имкон берувчи, гидравлик демпферлаш таъсирини эътиборга олган ҳолда юқори тезликдаги электропоездлар рессора осмасининг энг мақбул параметрларини асослаш бўйича математик модель ишлаб чиқилган;

транспорт машинасозлиги учун қобикли турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичларини ишчи муҳит ишлаб туришида ошган тезлик режими таъсирини ҳисобга олган ҳолда динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

сўндиргичларнинг динамик ишлаши таҳлилинини ўтказишга имкон берувчи торсион турдаги гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларини динамик мустаҳкамликка ҳисоблашнинг аналитик-сонли услуби ишлаб чиқилган;

модернизацияланган торсион туридаги гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларини ҳаракат таркибининг юқори тезликли ҳаракатланишида паст ва юқори частотали зарб юкламаларини ишончли сўндирилишини ҳисобга олган ҳолда динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

электр ҳаракат таркиби гидравлик тебраниш сўндиргичлари қисмларининг электровозлар динамик тавсифларини яхшилаш, шунингдек, уларнинг ишончлилигини ошириш имконини берувчи оқилона ўлчамларини ҳисоблаш услуби такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

электр ҳаракат таркибининг гидравлик тебраниш сўндиргичлари динамик параметрларини ҳисоблашнинг таклиф этилган усуллари янги конструкцияларни лойиҳалашда, шунингдек, уларни модернизация қилиш билан мавжудларини режали капитал ва капитал-тикловчи таъмирлашда кенг қўллаш буйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган;

ВЛ80 электровозларидан фойдаланиш хавфсизлигини ошириш мақсадида “Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси” ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги материаллар қаршилиги, машиналар динамикаси ва мустаҳкамлигининг барчага маълум стандарт методларидан фойдаланиш, шунингдек сонли методлар, хусусан Фурье методи, бўлак-чизикли аппроксимация методи, итерация методи ва Гаусс методини қўллаш ҳамда назарий ва амалий тадқиқотлар натижалари ва уларнинг ўзаро мувофиқлиги асосида олинган математик моделлаштириш замонавий назариясининг синалган методларидан фойдаланиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юқори тезлик режими таъсири ҳамда қайишқоқ-диссипатив хоссаларни яхшилашни эътиборга олган ҳолда қобикли ва торсион турдаги гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичлари динамик моделларининг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти “Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси” ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади. Электр ҳаракатланувчи таркибни капитал-тикловчи таъмир жараёнида унинг динамик тавсифларини яхшилаш, мустаҳкамлиги ва ишончлилигини ошириш ҳамда ундан фойдаланиш муддатини узайтириш мақсадида гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларини модернизациялашда тадқиқот давомида ишлаб чиқилган динамик моделлар ва алгоритмлар кенг қўлланиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Электр ҳаракатланувчи таркибнинг гидрофрикцион торсион рессорасини динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ВЛ80 электровози учун ишлаб чиқилган “Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси” “ЎТЙ” АЖ “ЎЗТЕМИРЙЎЛМАШТАЪМИР” Унитар корхонасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлигининг 2023 йил 29 майдаги

2/3490 маълумотномаси). Натижада капитал-тикловчи таъмир жараёнида локомотивларни модернизациялашда қўллаш уларнинг динамик тавсифларини яхшилаш, сўндиргичларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва хизмат муддатини ошириш, шунингдек ВЛ80 серияли электровозлар аравачаларининг аварияли бузилишлари эҳтимолини камайтириш ҳамда фойдали эксплуатация муддатини 8-10 йилга узайтириш имкони яратилган;

электр ҳаракатланувчи таркибнинг ишончилиги ва демпферлаш қобилиятини ошириш орқали торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичининг янги конструкцияси ишлаб чиқилган, техник ечимининг янгилиги Ўзбекистон Республикасининг ихтиролар учун бериладиган ИАП 07118-сонли Патенти билан ҳимояланган ва “ЎТЙ” АЖ Локомотивлардан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2023 йил 29 майдаги №2/3490 маълумотномаси). Натижада ишлаш ресурси 2-3 баробар ошиши, фойдаланишда ишчи параметрларининг стабиллиги, сўндиргичнинг ишончилиги ва демпферлаш хоссасининг ортишига эришилган;

олиб борилган илмий тадқиқот натижасида локомотивларнинг динамик тавсифларини яхшилаш, уларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва хизмат муддатини ошириш мақсадида гидравлик сўндиргичларни модернизациялашнинг янги усули ишлаб чиқилган ва “ЎТЙ” АЖ Локомотивлардан фойдаланиш бошқармасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2023 йил 29 майдаги №2/3490 маълумотномаси). Натижада, тақлиф этилган модернизациялаш усули жорий этилишидан ВЛ80 серияли электровозларининг 9 та секцияси учун 2022-2023 йиллар ичида 252 млн. сўм миқдорида иқтисодий самарадорликка эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация тадқиқот натижалари 16 та, жумладан 10 та халқаро ва 6 та Республика илмий-амалий анжуманларида, шу жумладан 4 таси SCOPUS базаси рўйхатига киритилган, муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 32 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 11 та, жумладан 2 таси Республика ва 7 таси (4 таси SCOPUS базасидаги) хорижий журналларда нашр этилган, ҳамда ихтирога Ўзбекистон Республикасининг 1 та Патенти ва ЭХМ дастурларига 1 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, бешта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 105 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

“Гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларининг мустаҳкамлиги ва ишончлилигини ошириш муаммосининг бугунги кундаги ҳолати” номли биринчи бобда гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг конструкциясини такомиллаштириш орқали уларнинг эксплуатацион ишончлилигини ошириш соҳасида олиб борилган илмий тадқиқотларнинг қисқача шарҳи ва таҳлили, гидравлик тебранишлар сўндиргичлари ишини ҳисобга олган ҳолда ВЛ80 электровози аравачаси рамасининг тебранишларини табиий шароитда ўлчаш маълумотларини эҳтимолий-статистик қайта ишлаш натижалари тақдим этилган, электровозлар ва электропоездларнинг гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларининг истиқболли конструкциялари бўйича патентли адабиётлар шарҳи келтирилган, электровозлар гидравлик тебранишлар сўндиргичлари конструкциясининг таҳлили бажарилган, асосий носозликлар ва уларнинг ҳаракат хавфсизлигига таъсири кўрсатилган.

Фазовий конструкцияларнинг қайишқоқ демпферловчи элементлари (демпферлар, амортизаторлар, тебраниш сўндиргичлари) транспорт машиналари ҳамда саноат ва шаҳар электр транспортида кенг тарқалган. Шунга боғлиқ ҳолда мазкур тадқиқот дунёвий янгилик даражасига эга.

Бироқ гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларини ҳисоблашнинг мавжуд методикаларида ишчи муҳит (ишчи суюқлик) таъсири, аниқроғи эксплуатация жараёнида вужудга келадиган суюқликдаги пульсациялар, электр ҳаракатланувчи таркибда турли демпферлаш тизимлари, ташқи динамик юкланиш қонуниятининг мураккаблиги ва ҳажмий конфигурация таъсири ҳисобга олинмаган.

Илмий-техник ва патентли адабиётлар шарҳини ўтказиш натижасида электровозларнинг 30% дан ортиқ ишдан чиқишларини гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг ишдан чиқишлари ташкил этиши аниқланди. Асосий носозликларга эксплуатация жараёнида ишчи суюқликнинг ифлосланиши натижасида дрессель туйнугининг кирланиши; резинанинг эскириши натижасида гидравлик тебранишлар сўндиргичлари иши самарадорлигининг пасайишига олиб келадиган зичловчи ҳалқаларнинг ишдан чиқиши; ишчи суюқликнинг сўндиргичдан сизиб оқиб кетиши; клапан

тизимдаги носозликлар; алоҳида ташқи қисмлар ва улар туташмаларининг носозликлари; сўндиргичларни аравачаларга маҳкамлаш узелларидаги носозликлар ва емирилишлар киради.

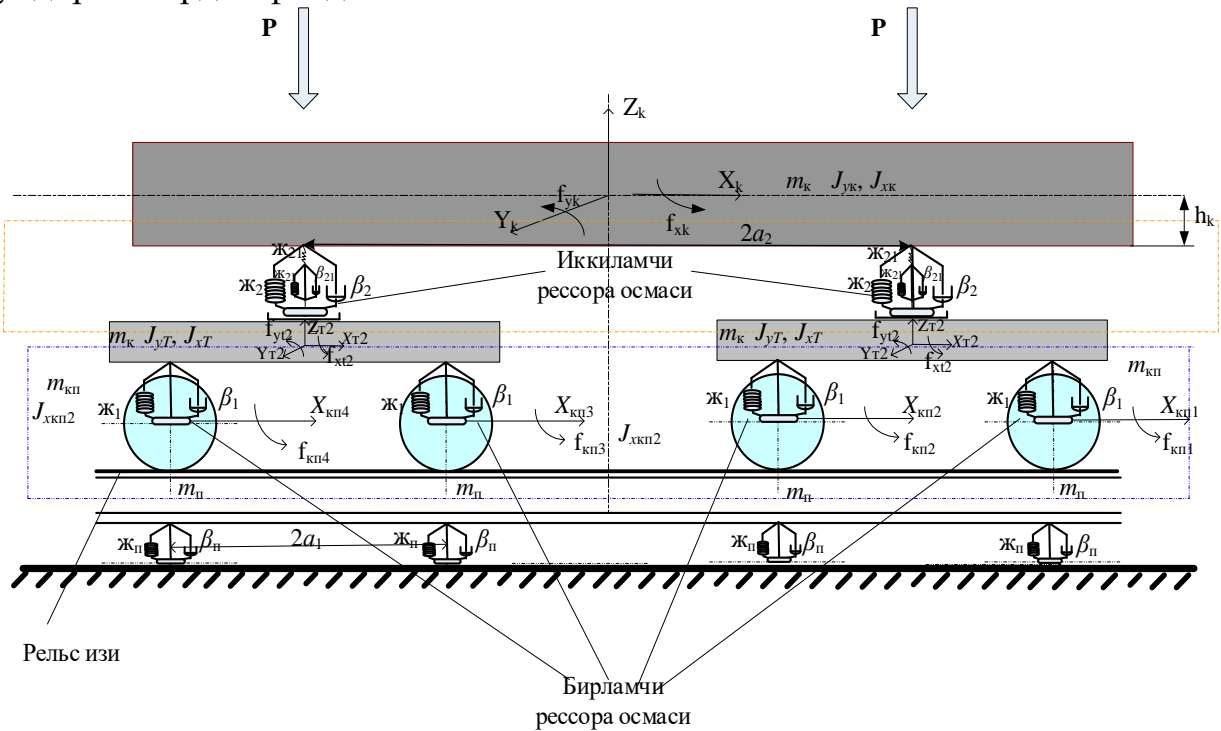
Хорижий олимлар гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг бузилишлари тўғрисидаги фундаментал маълумотлар базасини ишлаб чиқишга асосий эътибор қаратишмоқда, боиси уларнинг тури ва ҳажми ҳақида тўлиқ маълумот мавжуд эмас. Бузилиш турлари ва уларнинг тавсифлари бўйича маълумотлар базаси яратилиб, ундан электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг тавсифларини моделлаштиришда фойдаланилади. Моделлаштириш жараёни ҳақиқий (амалдаги) сўндиргичларнинг тавсифлари асосида ўтказилиб, улар катокли стендларда (“Ўзбекистон” депосида мавжуд) ва синов сафарларида синалади. Амалга оширилган синов сафарлари тебранишлар сўндиргичларидаги ҳақиқий кучланишлар тўғрисидаги маълумотларни олиш ва улар асосида сўндиргичларни ишлаб чиқаришда ва таъмирдан сўнгги ҳолатини назорат қилиш учун зарур бўлган параметрларни аниқлаш имконини беради.

Табиий шароитларда олинган экспериментал маълумотлар таҳлили шуни кўрсатадики, ВЛ-80с электровози аравачасининг рамасидаги деталлар тебраниши (гидравлик тебранишлар сўндиргичлари ўрнатилган жойлари) даставвал бошқа изланишларда олиб борилган назарий тадқиқотлар ва амалий ўлчашларга мос келади. Маълумки, электровоз (электрпоезд) ҳаракат тезлигининг ортиши билан гидравлик тебранишлар сўндиргичи поршености бўшлиғида ишчи суяқликдаги босим пульсациялари амплитудаси ҳам анча ортади. ВЛ-80с электровози рамасининг вертикал тебранишлари частотаси (гидравлик тебранишлар сўндиргичлари ўрнатилган жойларида) ўртача 7 дан 12 Гц гача бўлган ораликда, аравача рамасининг горизонтал тебранишлари частотаси эса гармоникаларни ҳисобга олмаганда, 3 дан 5 Гц гача асосий частотада ётади. Олиб борилган тадқиқотлар гидравлик тебранишлар сўндиргичлари компонентларидаги ҳақиқий кучланишлар стационар синов стендларида олинган қийматлардан фарқ қилишини кўрсатади. Демак, катокли стендлардаги синовлар бўйича йўриқномага тегишли ўзгартиришлар киритиш талаб этилади.

“Юқори тезликдаги электропоездлар рессора осмасининг энг мақбул параметрларини асослаш бўйича математик моделни ишлаб чиқиш” номли иккинчи бобда АФРОСИЁБ юқори тезликдаги электропоезд мисолида юқори тезликдаги электропоездлар рессора осмасининг энг мақбул параметрларини асослаш бўйича ишлаб чиқилган математик модел, ҳисоблаш алгоритми ва дастури келтирилган, сонли тадқиқотлар MathCAD 14 дастурлаш муҳитида бажарилган.

АФРОСИЁБ юқори тезликдаги электропоезд вағони моделининг вертикал тебранишлари фазовий кинематик схемаси 1-расмда келтирилган бўлиб, унда вагон кузови рессора осмасининг марказий поғонаси орқали иккита икки ўқли аравачага, аравачаларнинг ҳар бири эса букса поғонаси

орқали иккита ғилдирак жуфтлигига таянади, бунда рессора осмасининг марказий поғонасида пружиналар ва уларга параллел ўрнатилган гидравлик сўндиргичлардан фойдаланилган.



1-расм. АФРОСИЁБ юкори тезликдаги электропоезд вағони моделининг вертикал тебранишлари фазвий кинематик схемаси:

$m_k, m_{п}$ —кузов массаси ва ғилдиракка келтирилган йўл массаси; m_T — араваçанинг рессорланган массаси; $m_{кп}$ — ғилдирак жуфтлиги массаси; $J_{yк}, J_{xк}$ — у ва x ўқларига нисбатан кузов инерцияси моментлари; J_{yT}, J_{xT} — у ва x ўқларига нисбатан араваçа рамасининг инерцияси моментлари; $J_{xкп}$ — x ўқига нисбатан ғилдирак жуфтлиги инерцияси моменти; β_1 — рессора осмасининг букса поғонасидаги сўниш коэффициенти; β_2 — рессора осмасининг букса поғонаси қаттиқлиги; $\beta_{п}$ — темир йўл изининг сўниш коэффициенти; $\beta_{п}$ — йўлнинг қаттиқлиги; $2a_2$ ва $2a_1$ —кузов базаси ва араваçа базаси; $2b_2$ ва $2b_1$ — электропоезд вағони рессора осмасининг марказий ва букса поғоналаридаги қайишқоқ ва диссипатив элементлари ўртасида йўлнинг кўндаланг ўқи масофаси; $2s$ — битта ғилдирак жуфтлиги ғилдиракларининг рельслар билан контакт қилиш нуқталари ўртасидаги масофа

АФРОСИЁБ электропоезд вағони моделининг мажбурий вертикал тебранишларини изоҳловчи дифференциал тенгламаларнинг ўзаро боғланган тизими беш массали тизим кўринишида қуйидагича ифодаланади:

$$\begin{aligned}
 & m_k \ddot{z}_k + 4\beta_2 \dot{z}_k + 4\beta_2 z_k - 2\beta_2 (\dot{z}_{T1} + \dot{z}_{T2}) - 2\beta_2 (z_{T1} + z_{T2}) = 0; \\
 & J_{yк} \ddot{\phi}_{yк} + 4\beta_2 a_2^2 \dot{\phi}_{yк} + 4\beta_2 a_2^2 \phi_{yк} + 2\beta_2 a_2 (\dot{z}_{T1} - \dot{z}_{T2}) + 2\beta_2 a_2 (z_{T1} - z_{T2}) = 0; \\
 & m_{T1} \ddot{z}_{T1} + (4\beta_1 + 2\beta_2) \dot{z}_{T1} + (4\beta_1 + 2\beta_2) z_{T1} - 2\beta_2 \dot{z}_k - 2\beta_2 z_k + 2\beta_2 a_2 \phi_{yк} + \\
 & \quad + 2\beta_2 a_2 \phi_{yк} \pm 2\beta_1 (\dot{z}_{кп1} + \dot{z}_{кп2}) - 2\beta_1 (z_{кп1} + z_{кп2}) = 0; \\
 & m_{T2} \ddot{z}_{T2} + (4\beta_1 + 2\beta_2) \dot{z}_{T2} + (4\beta_1 + 2\beta_2) z_{T2} - 2\beta_2 \dot{z}_k - 2\beta_2 z_k - 2\beta_2 a_2 \phi_{yк} - \\
 & \quad - 2\beta_2 a_2 \phi_{yк} \pm 2\beta_1 (\dot{z}_{кп1} + \dot{z}_{кп2}) - 2\beta_1 (z_{кп1} + z_{кп2}) = 0; \\
 & (m_{кп1} + 2m_{п}) \ddot{z}_{кп1} + (2\beta_1 + 2\beta_{п}) \dot{z}_{кп1} + (2\beta_1 + 2\beta_{п}) z_{кп1} = P_{p1};
 \end{aligned}$$

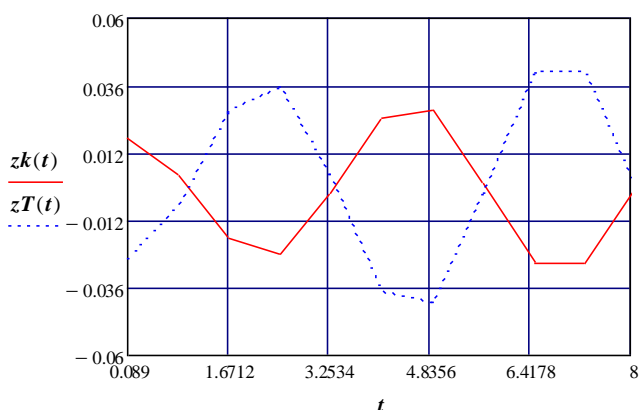
$$(m_{\text{кп2}} + 2m_{\text{п}})\ddot{z}_{\text{кп2}} + (2\beta_1 + 2\beta_{\text{п}})\dot{z}_{\text{кп2}} + (2\alpha_1 + 2\alpha_{\text{п}})z_{\text{кп2}} = P_{p2} , \quad (1)$$

$$\text{бу ерда } P_p(t) = P_{p1}(t) = P_{p2}(t) = m_{\text{п}}\ddot{\eta}_{\text{н}}(t) + \beta_{\text{п}}\dot{\eta}_{\text{н}}(t) + \alpha_{\text{п}}\eta_{\text{н}}(t) , \quad (2)$$

бу ерда $P_p(t)$ –динамик юкланиш бўлиб, электропоезд рельс изининг нотесликлари бўйлаб ҳаракатланганида вужудга келади, бунда

$$\eta_{\text{н}}(t) = \eta_0 \cdot \sin \omega t , \quad (3)$$

бу ерда η_0 –темир йўл рельс изининг нотекислиги баландлиги; ω -нокесликнинг вақт бўйича ўзгариши частотаси.



2-расм. Электропоезд вагон кузовининг сакрашидаги тебранишлари $z_k(t)$ ва гилдирак жуфтликларининг силкинишдаги тебранишлари $z_T(t)$ графиги

Дифференциал тенгламалар тизими (1) MathCAD 14 дастурлаш муҳитидан фойдаланган ҳолда Гаусс матрица методи ёрдамида ечилди. Натижада “вагон кузови – аравача – рельс изи” тизимининг амплитуда-частотали тавсифи АФРОСИЁБ юқори тезликдаги электропоезд мисолида рессора осмасини ҳисобга олган тадқиқ этилди. Электропоезд вағони кузовининг сакраш z_k ва галолашдаги φ_{yk} тебранишлари, шунингдек гилдирак жуфтликларининг сакрашдаги

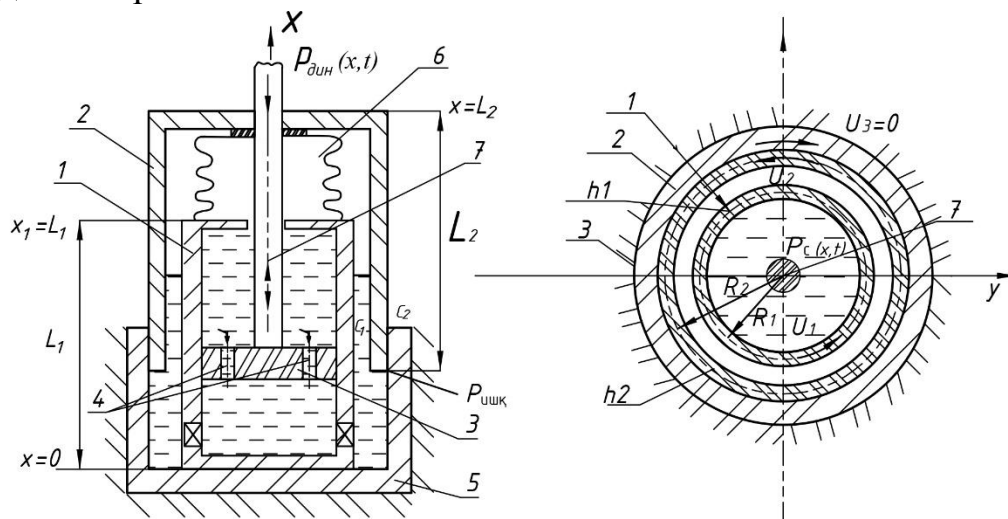
тебранишлари z_T графиглари курилди (2-расм). Бунда галолаш тебранишлари φ_{yk} жуда кичик бўлиб, деярли 0 га тенг.

Натижада Гаусс методига ўхшаш методдан фойдаланган ҳолда аналитик-сонли моделни ишлаб чиқдик, ушбу модель АФРОСИЁБ юқори тезликдаги электропоезд вағони моделининг вертикал тебранишлари амплитуда-частотали спектри таҳлилини ўтказиш ҳамда тизимдаги гидравлик демпферлаш таъсирини аниқлаш имконини беради.

“Ишчи муҳитда юқори тезлик режими таъсирини ҳисобга олган ҳолда қобикли турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичларининг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблаш методларини ишлаб чиқиш” номли учинчи бобда янада яхшиланган демпферлаш хусусиятларига эга янги конструкциядаги гидрофрикцион сўндиргичнинг энг мақбул параметрларини асослаш масалалари ёритилган. Ушбу сўндиргичга оид техник ечим янгилиги Ўзбекистон Республикасининг ихтиролар учун бериладиган IAP 04146 ва IAP 05463-сонли Патентлари билан ҳимояланган.

Четки қобик кўринишидаги ва четлари қайишқоқ қилиб маҳкамланган гидравлик тебранишлар сўндиргичи ишчи цилиндрининг тебранишларини ифодалаш учун қайишқоқ қобик тенгламаларига муружаат этамиз, бунда унинг материалида тўлқинларнинг тарқалиши ҳисобга олинади. Бу ерда Кирхгоф-Лявнинг линеаризацияланган қобиклар назарияси вариантини қабул

қилиб, қобикнинг эгилган жойларини U_1, U_2, W_1, W_2 унинг қалинлигига нисбатан кичикроқ деб ҳисоблаймиз. Четки қобик кўринишидаги ва четлари қайишқоқ қилиб маҳкамланган гидравлик тебранишлар сўндиргичи ички ва ташқи цилиндрларининг ишчи сууюқликдаги пульсацияловчи босим таъсири остидаги тебранишларини тадқиқ этишга мўлжалланган ҳисоблаш схемаси 3-расмда келтирилган.



3-расм. Четки қобик кўринишидаги ва четлари қайишқоқ қилиб маҳкамланган гидравлик тебранишлар сўндиргичи ички ва ташқи цилиндрларининг ишчи сууюқликдаги пульсацияловчи босим таъсири остидаги тебранишларини тадқиқ этишга мўлжалланган ҳисоблаш схемаси:

1-ишчи цилиндр; 2-ташқи цилиндр; 3-поршень; 4-дрессель туйнуқлари; 5-сўндиргични маҳкамлаш тўсини; 6-сильфон; 7-шток

Профессорлар А.С.Вольмир ва Н.А.Кильчевский томонидан олиб борилган ишларни эътиборга олиб, гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичи тенгламаларини иккита қайишқоқ юпқа деворли цилиндрсимон қобикларнинг бўйлама-радиал тебранишлари тенгламалари кўринишида ёзиш мумкин. Бунда ушбу цилиндрсимон қобиклар ўртасида силжишларда ташқи динамик таъсирлар $P_{дин}$ остидаги ҳам узунлик $P_{сууюқ}$, ҳам вақт бўйича пульсацияловчи босимга эга ишчи сууюқлик мавжуд (тебранишларни ўққа нисбатан симметрик деб қадул қиламиз):

- биринчи қобик учун (гидравлик тебранишлар сўндиргичининг 1-ишчи цилиндри) бўйлама-радиал тебранишлар тенгламалари қуйидаги кўринишга эга

$$\frac{E_2 h_2}{1 - \mu_2^2} \left(\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + \frac{\mu_2 \partial W_2}{R_2 \partial x} \right) - \beta_2 \frac{\partial U_2}{\partial t} = \rho_2 h_2 \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} + f_{mp} P(x, t) + f_2 P_{дин}(x, t); \quad (4)$$

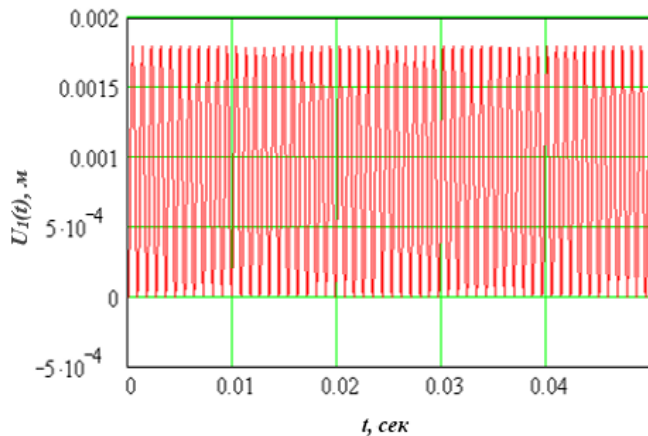
$$\bar{m}_2 \frac{\partial^2 W_2}{\partial t^2} + D_2 \frac{\partial^4 W_2}{\partial x^4} + \bar{N}_2 \frac{\partial^2 W_2}{\partial x^2} + \frac{1}{R_2} \frac{E_2 h_2}{1 - \mu_2^2} \left(\mu_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} + \frac{W_2}{R_1} \right) = -P_{жид}(x, t); \quad (5)$$

- иккинчи қобик учун (гидравлик тебранишлар сўндиргичининг 1- ташқи цилиндри) бўйлама-радиал тебранишлар тенгламалари қуйидаги кўринишга эга

$$\frac{E_1 h_1}{1 - \mu_1^2} \left(\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2} + \frac{\mu_1 \partial W_1}{R_1 \partial x} \right) - \beta_1 \frac{\partial U_1}{\partial t} = \rho_1 h_1 \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} + f_1 P_{дин}(x, t); \quad (6)$$

- биринчи қобикнинг кўндаланг силжишлари (радиус бўйлаб) тенграмаси

$$\bar{m}_1 \frac{\partial^2 W_1}{\partial t^2} + D_1 \frac{\partial^4 W_1}{\partial x^4} + \bar{N}_1 \frac{\partial^2 W_1}{\partial x^2} + \frac{1}{R_1} \frac{E_1 h_1}{1 - \mu_1^2} \left(\mu_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{W_1}{R_1} \right) = P_{жид}(x, t). \quad (7)$$



4-расм. Гидрофрикцион сўндиргич 1-қобиғининг (ишчи цилиндри) вақт $U_1(t)$ бўйлаб динамик силжишлари

(4)÷(7) тенгламаларда E_i , μ_i , ρ_i , h_i – қайишқоқлик модули, Пуассон коэффиценти, материалнинг зичлиги ва қобиқлар қалинлиги каби белгилар киритилган, бу ерда $i = 1,2$; D_1 ва D_2 - биринчи ва иккинчи қобиқларнинг цилиндрик қалинлиги; $V_{ж}$ – қобиқлар ўртасидаги ишчи суюқликнинг оқиш тезлиги, 1-ишчи цилиндрнинг ички қобиғи ва 3-поршень ўртасидаги контакт жойларида эса ишқаланиш кучи

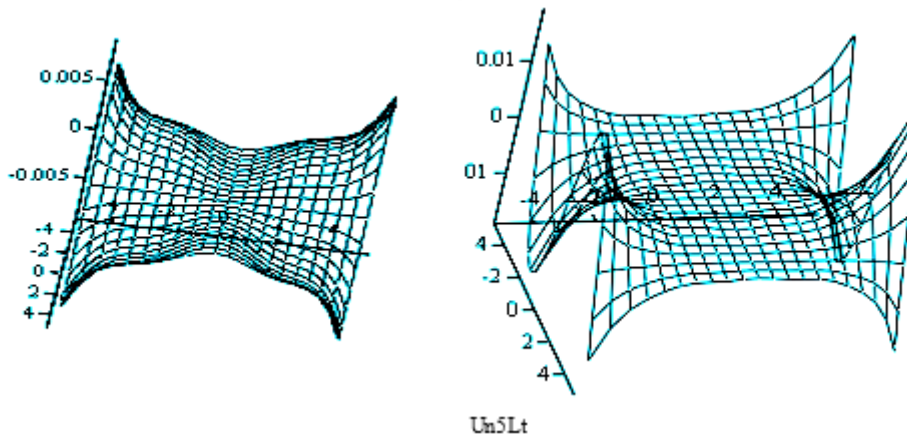
таъсир этиб, қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$P_{тр}(x, t) = f_{тр} \cdot P_{дин} \cdot \quad (8)$$

Ташқи томонда ташқи импульсли динамик юкланиш мавжуд

$$P_{дин}(x, t) = \sum_{n=1}^{N=5} \{P_{ан}(x) \cdot \cos n \omega_a t\}. \quad (9)$$

Сонли (миқдорий) изланишлар МATHCAD 15 дастурлаш мухитида бажарилиб, уларнинг натижалари 4 ва 5-расмларда келтирилган. 4-расмдаги графикда гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичи 1-қобиғининг (ишчи цилиндри) вақт $U_1(t)$ бўйлаб динамик силжишлари, 5-расмда эса $\kappa=1$, $\kappa=5$ гармоникалари учун ташқи гармоник таъсирни ҳисобга олган ҳолда қобиқларнинг вақт бўйлаб жами силжишлари кўрсатилган.



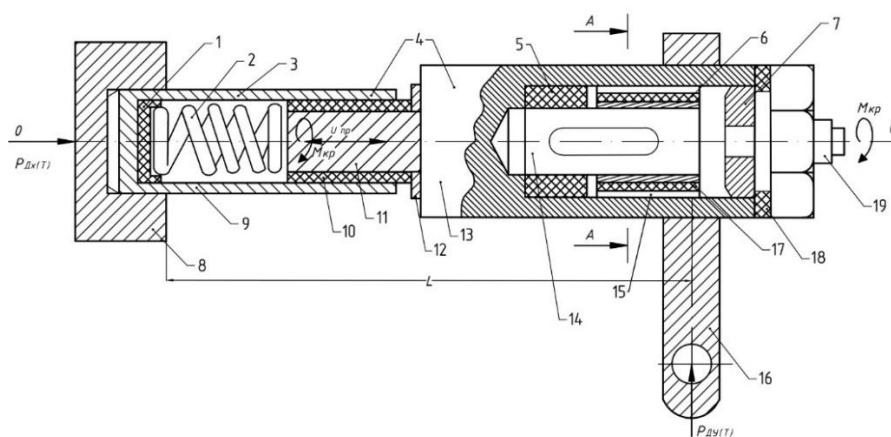
5-расм. $\kappa = 1$, $\kappa = 3$ гармоникалари учун ташқи гармоник таъсирни ҳисобга олган ҳолда қобиқларнинг вақт бўйлаб жами силжишлари

Натижада гидравлик демпферлар қобиқлар тизимининг бўйлама-радиал тебранишлари тенгламаларини ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди; тебранишларни ўрганиш дастури яратилди ва экспериментал маълумотларни ҳисобга олган ҳолда МATHCAD 15 дастурлаш мухитида графиклар қурилди.

Олинган математик модель конструктив, куч, масса параметрлари ва йўлдаги нотекистикларнинг вертикал ва бўйлама-горизонтал текисликларда

вагон кузови тебранишлари жараёнига ҳамда қобикли турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичи деталларининг динамик юкланиши катталигига таъсирини баҳолаш имконини беради.

“Фрикцион ва гидродинамик ишқаланиш, шунингдек юқори тезликда ҳаракатланишда ишчи суюқликда вужудга келадиган пульсациялар таъсирини ҳисобга олган ҳолда торсион турдаги гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичининг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблашнинг аналитик-сонли методини ишлаб чиқиш” номли тўртинчи бобда Ўзбекистон Республикасининг ихтиролар учун бериладиган IAP 07118-сонли Патенти асосида юқори тезлик режими ва қайишқоқ-диссипатив хоссаларни яхшилаш таъсирини эътиборга олган ҳолда торсион турдаги модернизацияланган конструкцияга эга гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичини динамик ҳисоблаш учун ишлаб чиқилган математик модели келтирилган (6-расм).



6-расм. Ўзбекистон Республикасининг ихтиролар учун бериладиган IAP 07118-сонли Патенти бўйича торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичининг бўйлама кесими:

1-қайишқоқ (эгиловчан) таянч; 2-цилиндрик пружина, 3-металл цилиндр, 4-торсион; 5-зичловчи ҳалқа, 6-шаклдор қайишқоқ демпферловчи элементлар; 7- гайкали қопқоқ; 8-рама; 9-фрикцион демпфер; 10-цилиндрик қайишқоқ элемент (резинали); 11-шток; 12-металл шайба, 13-гидрофрикцион демпфер, 14-ўзак (стержень); 15-цилиндрик бўшлиқ; 16-дастак; 17-“Т” симон профилга эга парраклар; 18-зичловчи ҳалқа; 19-пресс-маслёнка

Таклиф этилаётган ихтиронинг асосий вазифалари вибрациялар ва зарбли юкланишларни горизонтал ва вертикал сўндиришни таъминлаш орқали темир йўл транспорт воситаларининг юқори тезликларда ҳаракатланишида муҳим аҳамиятга эга бўлган сўндиргичнинг ишончлилиги ва демпферлаш қобилиятини ошириш; транспорт воситаси аравачасининг рамасида маҳкамланган валнинг консоль участкасига тушадиган динамик юкланишларни камайтиришга ёрдам берадиган қўшимча ишқаланиш моментини яратиш орқали демпферлаш қобилиятини бошқаришда тизим динамиклиги коэффициентини оширишдан иборат. Таклиф этилаётган торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичининг модернизацияланган конструкцияси учун динамик модель яратилди.

Юқори тезликдаги электропоезд учун торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичи валининг мустаҳкамлигини ҳисоблаш динамик модели иккита текисликда эгилувчи тебранишлар учун мўлжалланган дифференциал тенгламалар тизимига асосланади:

$$m(z) \frac{\partial^2 y_B}{\partial t^2} + E \cdot \left[\frac{\partial^2 I(z)}{\partial z^2} \cdot \frac{\partial^2 y_B}{\partial z^2} + \frac{\partial I(z)}{\partial z} \cdot \frac{\partial^3 y_B}{\partial z^3} + I(z) \cdot \frac{\partial^4 y_B}{\partial z^4} \right] - [m(z) \cdot \omega_B^2 - k_y(z)] \cdot y_B = p_{oy}(1 - \cos(3\omega_B t)), \quad (10)$$

$$m(z) \frac{\partial^2 x_B}{\partial t^2} + E \cdot \left[\frac{\partial^2 I(z)}{\partial z^2} \cdot \frac{\partial^2 x_B}{\partial z^2} + \frac{\partial I(z)}{\partial z} \cdot \frac{\partial^3 x_B}{\partial z^3} + I(z) \cdot \frac{\partial^4 x_B}{\partial z^4} \right] - [m(z) \cdot \omega_B^2 - k_x(z)] \cdot x_B + 2\omega_B \frac{\partial y_B}{\partial t} = P_{Dx}(t), \quad (11)$$

бу ерда $P_{Dx}(t) = p_{ox}(1 - \cos(3\omega_B t))$ - ОХ текислигида учта диск учун ташқи импульсли динамик юкланиш.

Бажарилган ишлар натижасида гидравлик ва фрикцион демпферлашдан фойдаланган ҳолда транспорт машинасозлиги учун торсион турдаги модернизацияланган гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларининг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблашнинг янги методи ишлаб чиқилди.

“Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси” номли бешинчи бобда айнан ВЛ80 электровози учун ишлаб чиқилган янги ҳисоблаш методикаси келтирилган бўлиб, локомотивларни капитал-тикловчи таъмир жараёнида модернизациялашда уларнинг динамик тавсифларини яхшилаш, сўндиргичларнинг мустаҳкамлиги, ишончлилиги ва хизмат муддатини ошириш, шунингдек ВЛ80 серияли электровозлар аравачаларининг аварияли бузилишлари эҳтимолини камайтириш ҳамда уларнинг фойдали эксплуатация муддатини 8-10 йилга узайтириш имконини беради.

ХУЛОСА

Техник фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг “Электр ҳаракатланувчи таркибнинг гидрофрикцион торсион рессораси динамик мустаҳкамлигини ҳисоблаш методини ишлаб чиқиш” мавзуси бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги асосий илмий ва амалий натижаларга эришилди:

1. Юқори тезликдаги электр ҳаракатланувчи таркибдаги мавжуд тебранишлар сўндиргичлари бўйича илмий-техник ва патентли адабиётлар шарҳини ўтказиш натижасида уларга хос бўлган қуйидаги камчиликлари аниқланди: конструкциянинг мураккаблиги; тайёрлаш ва таъмирлашга сарфланадиган катта харажатлар; ишчи суюқликнинг оқиб кетиши ҳолатида иш қобилятининг йўқолиши; ишчи цилиндр ички бўшлиғининг ташқи муҳит таъсиридан яхши ҳимояланмаганлиги; сўндиргич корпуси ва ишчи суюқлиги ҳароратининг ўзгаришида қаршилик параметрининг ўзгариши.

Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун қуйидаги конструктив ечимларни қўллаш зарур:

- ишчи суюқликнинг оқиб кетиши натижасида сўндиргич ишчи қобилиятининг йўқолишини бартараф этиш учун сўндиргичнинг битта корпусида гидравлик ва фрикцион тебранишлар сўндиргичини бирлаштириш мақсадга мувофиқ. Бундай ечим суюқлик оқиб кетганда ёки унинг хоссалари йўқолганда ҳам, сўндиргич ўз вазифаларини бажаришига имкон беради;

- сўндиргич конструкциясини соддалаштириш ёки ундаги мураккаб клапанли тизимни оддий калибрланган дроссель туйнуклари билан алмаштириш лозим, бошқариш сифатини эса ушбу туйнуклар шакли ва жойлашуви билан яхшилаш мумкин.

2. “Ўзбекистон” локомотив депосида гидравлик тебранишлар сўндиргичлари ишини ҳисобга олган ўтказилган ВЛ-80с электровози аравачаси рамасининг тебранишларини табиий шароитларда ўлчаш натижаларини эҳтимолий-статистик қайта ишлаш методикаси ишлаб чиқилди.

3. Тизимдаги гидравлик демпферлаш таъсирини ҳисобга олган ҳолда юқори тезликдаги электропоездлар рессора осмасининг энг мақбул параметрларини асослашга мўлжалланган математик модель ҳамда АФРОСИЁБ юқори тезликдаги электропоезд вағони модели вертикал тебранишларининг амплитуда-частотали таҳлилини ўтказиш имконини берадиган аналитик-сонли метод ишлаб чиқилди.

4. Юқори тезликдаги режим таъсирини ҳисобга олган ҳолда қобикли турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичларини динамик ҳисоблашга мўлжалланган математик модель ҳамда транспорт машинасозлиги учун ишчи муҳитда уларнинг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблаш методи ишлаб чиқилди.

5. Юқори тезликдаги режим таъсири ва қайишқоқ-диссипатив хоссаларни яхшилашни ҳисобга олган ҳолда торсион турдаги модернизацияланган конструкцияга эга гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларини динамик ҳисоблашга мўлжалланган математик модель, шунингдек фрикцион ва гидродинамик ишқаланиш таъсирини ҳамда ишчи суюқликда вужудга келадиган пульсацияларни ҳисобга олган ҳолда уларнинг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблашга мўлжалланган аналитик-сонли метод ишлаб чиқилди.

6. Қобикли ва торсион турдаги гидравлик ва гидрофрикцион тебранишлар сўндиргичларининг зўрикқан-деформацияланган ҳолатини моделлаштиришга мўлжалланган дастурлар ва ҳисоб алгоритмлари ишлаб чиқилди. Сонли изланишлар C# тилида ва MATHCAD 14 (15) дастурлаш муҳитида бажарилди; эксплуатация муддатини узайтириш ва динамик сифатларини яхшилаш мақсадида динамик мустаҳкамлик, ишончлили ва ишнинг прогнозли ресурсини баҳолаш бўйича энг мақбул параметрларни танлаш орқали сонли изланишларнинг натижалари келтирилди; ЭХМ дастури учун DGU 10286-сонли гувоҳнома олинди (24.02.2021 й.).

7. ВЛ80 электровози учун ишлаб чиқилган “Юқори тезликда ҳаракатланиш шароитида электр ҳаракатланувчи таркиб гидравлик тебранишлар сўндиргичлари деталларининг энг мақбул ўлчамларини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган методикаси” локомотивларни капитал-тикловчи таъмир жараёнида модернизациялашда уларнинг динамик тавсифларини яхшилаш, сўндиргичларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва хизмат муддатини ошириш, шунингдек ВЛ80 серияли электровозлар аравачаларининг аварияли бузилишлари эҳтимолини камайтириш ҳамда уларнинг фойдали эксплуатация муддатини 8-10 йилга узайтириш имконини беради.

8. Электр ҳаракатланувчи таркиб учун ишончилик ва демпферлаш қобилиятини ошириш орқали торсион турдаги гидравлик тебранишлар сўндиргичининг янги конструкцияси ишлаб чиқилиб, унинг техник ечими янгилиги Ўзбекистон Республикасининг ихтиролар учун бериладиган IAP 07118-сонли Патенти билан ҳимояланган.

9. Олиб борилган илмий тадқиқот натижасида локомотивларнинг динамик тавсифларини яхшилаш, уларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва хизмат муддатини ошириш мақсадида гидравлик сўндиргичларни модернизациялашнинг янги усули ишлаб чиқилди. Бунда таклиф этилган модернизациялаш усулини 3ВЛ80с электровозининг 9 та секцияси учун жорий қилиш натижасида 2022-2023 йиллар ичида 252 млн. сўм миқдорида иқтисодий самарадорликка эришилди.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАХАМАДАЛИЕВА МАЛИКА АЛИЕВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА НА ДИНАМИЧЕСКУЮ
ПРОЧНОСТЬ ГИДРОФРИКЦИОННОЙ ТОРСИОННОЙ РЕССОРЫ
ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

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 B2022.4.PhD/T3375.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Хромова Галина Алексеевна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Хамидов Отабек Рустамович
доктор технических наук, профессор

Турсунов Хуршид Махмуджанович
кандидат технических наук

Ведущая организация:

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится 14 октября 2023 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, Ташкент, Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - 110). (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66).

Автореферат диссертации разослан 29 сентября 2023 г.
(реестр протокола рассылки № ___ от _____ 2023 г.)

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,
к.т.н., 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 мире в целях поддержки экономического развития особое внимание уделяется увеличению пассажирских и грузовых перевозок, что, в свою очередь, влечет за собой увеличение парка транспортных средств, в том числе локомотивов и высокоскоростных поездов. В настоящее время в развитых странах большое внимание уделяется моделированию и проектированию современных конструкций подвижного состава с целью повышения их надежности, улучшения технико-экономических характеристик, уменьшения расходов на техническое обслуживание и ремонт. В связи с этим особое внимание уделяется повышению плавности хода подвижного состава, улучшению прочностных и упруго-диссипативных свойств подвески с учетом уменьшения динамических воздействий на путь и транспортируемые грузы.

В мире для увеличения скоростей движения и пропускной способности железных дорог проводятся научно-исследовательские работы, направленные на улучшение динамических качеств электроподвижного состава, зависящих от правильного выбора и стабильности работы гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний, а также параметров рессорного подвешивания. В этом направлении особое значение имеет улучшение динамических качеств электроподвижного состава, показателей взаимодействия сил между колесом и рельсом, устойчивостью колеса на рельсе, плавностью хода высокоскоростного электрического транспорта и сохранностью перевозимых в нем грузов. Вместе с тем, одной из актуальных задач является разработка новых и совершенствование существующих конструкций электроподвижного состава, и методов расчета на динамическую прочность, решение которых обеспечит безопасность движения и комфорт.

В республике реализуются масштабные мероприятия по внедрению энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий в различные сферы экономики, включая технологическую модернизацию железнодорожного транспорта и достигаются при этом определенные результаты. Модернизация транспортно-коммуникационной инфраструктуры была отмечена как одно из приоритетных направлений в стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы и определены важные задачи, такие как «...снижение потерь в отраслях промышленности и повышение эффективности использования ресурсов»¹. При выполнении этих задач большое значение имеет разработка перспективных конструкций гидравлических и гидрофрикционных демпферов железнодорожного подвижного состава и новых динамических моделей для их расчета на прочность.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решением задач, предусмотренных Законами Республики Узбекистан

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

№ ЗРУ-706 от 9 августа 2021 года «О транспорте» и № 766-I от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте», Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3422 от 2 декабря 2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018-2022 годы», № ПП-3238 «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий» от 23 августа 2017 года, а также другими нормативно-правовыми документами, относящимися к данному виду деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики ПФИ-2 «Физика, астрономия, энергетика и машиностроение» и П. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. По данной тематике осуществлены и ведутся исследования ведущими учёными во всем мире, такими как С.А. Brebbia (Wessex Institute of Technology, UK), G.M. Carlomagno (University of Naples di Napoli, Italy), A. Varvani-Farahani (Ryerson University, Canada), S.K. Chakrabarti (USA), S.Hernandez (University of La Coruna, Spain), S.H. Nishida (Saga University, Japan), в странах СНГ над поставленными вопросами работали авторитетные научные школы и крупные ученые МИИТа, ПГУПС, МАИ, ВНИИЖТа, ОАО «ВНИКТИ», ОАО «РЖД» и другие.

Вопросам разработки, внедрения и усовершенствования гидравлических гасителей колебаний посвящены труды И.И. Челнокова, М.М. Соколова, А.Н. Савоськина, Ю.П. Бороненко, В.И. Варавы, Б.И. Вишнякова, В.М. Гарбузова, Г.М. Левита, Н.А. Шашкова, В.Н. Романова, А.Н. Мальцева, Б.С. Завта, А.А. Дербаремдикера, И.Б. Скиндера, Anyakwo A., Bogdevicius M., Zygiene R., Bureika G., Subačius R, Chao Wang, Popp K., Schiehlen W., Rakesh Chandmal Sharma., Sebesan I., Baiasu D., Spiryagin M., А.А. Битюцкого, В.В. Болотина, Ю.П. Бороненко, В.М. Бубнова, П.С. Григорьева, В.Н. Жданова, М.Б. Кельрих, А.Д. Кочнова, А.В. Третьякова и др.

В Узбекистане проблемами оптимизации систем рессорного подвешивания подвижного состава занимались академик АН РУз, профессор, д.т.н. А.Д. Глущенко, профессора Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, А.А. Шермухамедов, З.Г. Мухамедова, доценты Я.О. Рузметов, Х.М. Турсунов, С.А. Хромов и также их ученики.

Анализ зарубежного и отечественного опыта показал, что в существующих методиках расчета до настоящего времени не было учтено влияние повышенного скоростного режима при функционировании рабочей

среды (рабочей жидкости, фрикционных добавок), тепловых контактных процессов, возникающих в процессе эксплуатации систем демпфирования в электроподвижном составе, сложность закономерности внешнего динамического нагружения и объемная конфигурация.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета в рамках государственного фундаментального гранта Ф2-001 на тему: «Разработка методов расчета на динамическую прочность депферов для скоростного и высокоскоростного электроподвижного состава» (2016 г.) и хозяйственного договора №22 на тему: «Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта электровозов ВЛ80с на УП «Ўзтемирйулмаштаъмир»» (2022 г.).

Целью исследования является разработка метода расчета на динамическую прочность гидрофрикционной торсионной рессоры электроподвижного состава.

Задачи исследования:

выполнение обзора и анализа научных исследований в области повышения эксплуатационной надежности гидравлических гасителей колебаний путем совершенствования их конструкции;

разработка методики по вероятностно-статистической обработке результатов натуральных измерений колебаний рамы тележки электровоза ВЛ-80с с учетом работы гидравлических гасителей колебаний, проведенных в локомотивном депо Узбекистан;

математическое моделирование колебаний гидравлических гасителей колебаний оболочечного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима при функционировании рабочей среды для электроподвижного состава;

математическое моделирование колебаний модернизированного гидрофрикционного гасителя колебаний торсионного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима и улучшения упруго-диссипативных свойств;

разработка алгоритмов и программ для проведения численных исследований расчета на динамическую прочность модернизированных гидрофрикционных гасителей колебаний оболочечного и торсионного типов с использованием гидравлических и фрикционных систем демпфирования для транспортного машиностроения;

практическая апробация и внедрение разработанных динамических моделей и численных алгоритмов и программ при проведении модернизации гидравлических гасителей колебаний электровозов ВЛ-80с при проведении капитально-восстановительного ремонта на УП «Ўзтемирйулмаштаъмир»;

разработка «Усовершенствованной методики расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения»;

разработка новой конструкции гидравлического гасителя колебаний торсионного типа с повышением надежности и демпфирующей способности для электроподвижного состава.

Объектом исследования являются гидрофрикционные гасители колебаний комбинированного типа и система автоматизированного контроля упруго-диссипативными свойствами подвески.

Предметом исследования является математическое моделирование колебаний гидравлических и гидрофрикционных демпферов оболочечного и торсионного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима.

Методы исследования. В диссертации использованы методы системного и матричного анализа, математического и имитационного моделирования, математической статистики, а также применены численные методы: метод Фурье, метод кусочно-линейной аппроксимации, метод итераций и метод граничных элементов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель по обоснованию рациональных параметров рессорного подвешивания высокоскоростных электропоездов с учетом влияния гидравлического демпфирования, позволяющая рассчитывать параметры гидрофрикционного гасителя с динамическими характеристиками;

разработан метод расчета на динамическую прочность гидравлических гасителей колебаний оболочечного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима при функционировании рабочей среды для транспортного машиностроения;

разработан аналитико-численный метод расчета на динамическую прочность гидрофрикционных гасителей колебаний торсионного типа, позволяющий проанализировать динамическое функционирование гасителей;

разработан метод расчета на динамическую прочность модернизированных гидрофрикционных гасителей колебаний торсионного типа с учетом надежного гашения низкочастотных и высокочастотных ударных нагрузок при повышенных скоростях движения подвижного состава;

усовершенствована методика расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава, позволяющая улучшить динамические характеристики электропоездов, а также повысить их надежность.

Практические результаты исследования:

разработаны методы расчета динамических параметров гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава и разработаны рекомендации для их широкого использования при проектировании новых конструкций, а также при плановом капитальном и капитально-восстановительном ремонте эксплуатируемых с их модернизацией;

создана «Усовершенствованная методика расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения» для обеспечения безопасности движения электровоза ВЛ-80с.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием общеизвестных стандартных методов сопротивления материалов, динамики и прочности машин, а также применением численных методов: метода Фурье, метода кусочно-линейной аппроксимации, метода итераций и метода Гаусса; использованием апробированных методов современной теории математического моделирования, полученными результатами теоретических и прикладных исследований и их взаимной согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке динамических моделей колебаний гидравлических гасителей колебаний и гидрофрикционных гасителей колебаний оболочечного и торсионного типов с учетом влияния повышенного скоростного режима и улучшения упруго-диссипативных свойств.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке «Усовершенствованной методики расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения». Разработанные динамические модели и алгоритмы могут найти широкое применение при модернизации гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний электроподвижного состава в процессе капитально-восстановительного ремонта с целью улучшения динамических характеристик, повышения прочности, надежности и продления срока их полезного использования.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке метода расчета на динамическую прочность гидрофрикционной торсионной рессоры электроподвижного состава:

«Усовершенствованная методика расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения», конкретно для электровоза ВЛ80 внедрена на унитарное предприятие АО «УТЙ» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 29 мая 2023 года №2/3490). В результате применения данной методики при модернизации локомотивов в процессе капитально-восстановительного ремонта получена возможность улучшить их динамические характеристики, повысить прочность, надежность и долговечность гасителей, а также уменьшить вероятность аварийных разрушений тележек электровозов серии ВЛ80 и увеличить срок их полезной эксплуатации на 8-10 лет;

разработана конструкция гидравлического гасителя колебаний торсионного типа с повышением надежности и демпфирующей

способности для электроподвижного состава, новизна технического решения которой защищена Патентом Республики Узбекистан на изобретение № IAP 07118 и внедрена в Управление по эксплуатации локомотивов АО «УТЙ» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 29 мая 2023 года №2/3490). В результате получен технический результат в виде повышения ресурса работы в 2-3 раза, стабильности рабочих параметров при эксплуатации, повышения надежности и демпфирующей способности гасителя в целом;

в результате научных исследований разработан новый способ модернизации гидравлических гасителей локомотивов при капитально-восстановительном ремонте с целью улучшения динамических характеристик, повышения прочности, надежности и продления срока полезного использования, который внедрен в Управление по эксплуатации локомотивов АО «УТЙ» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 29 мая 2023 года №2/3490). В результате внедрения предлагаемого способа модернизации для 9-ти секций электровозов ВЛ80 получен экономический эффект в размере 252 миллиона сум в течение 2022-2023 годов.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 16 научно-практических конференциях, в том числе на 10 международных и на 6 республиканских конференциях, а также 4 доклада входит в международную базу данных *Scopus*.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликована 32 научная работа, в том числе 11 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), а также 2 статьи в республиканских и 7 статей в международных журналах (4 статьи в базе *Scopus*), в том числе имеются 1 Патент Республики Узбекистан на изобретение и 1 свидетельство на программу ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрениях результатов научных исследований в

производство и учебный процесс, а также опубликованные работы и сведения о структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние вопроса по проблеме повышения прочности и надежности гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний»** приводится краткий обзор и анализ научных исследований в области повышения эксплуатационной надежности гидравлических гасителей колебаний путем совершенствования их конструкции, представлены результаты вероятностно-статистической обработки натуральных измерений колебаний рамы тележки электровоза ВЛ-80с с учетом работы гидравлических гасителей колебаний, дается обзор патентной литературы по перспективным конструкциям гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний электровозов и электропоездов, выполнен анализ конструкции гидравлических гасителей колебаний электровозов, показаны основные неисправности и их влияние на безопасность движения.

Упругие демпфирующие элементы пространственной конструкции (типа демпферов, амортизаторов, гасителей колебаний) имеют мировое распространение в транспортных машинах и подвижном составе промышленного и городского электрического транспорта. В связи с этим данные исследования имеют мировую новизну.

Однако, в существующих методиках расчета гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний до настоящего времени не было учтено влияние рабочей среды (рабочей жидкости), конкретно, пульсаций в жидкости, возникающих в процессе эксплуатации, различных систем демпфирования в электроподвижном составе, сложность закономерности внешнего динамического нагружения и объемная конфигурация.

В результате проведенного обзора научно-технической и патентной литературы было установлено, что более 30 % всех отказов электровозов, (конкретно для ВЛ-80 и ВЛ-80с), составляют отказы гидравлических гасителей колебаний. Основными неисправностями являются: засорение дроссельных отверстий в результате загрязнения рабочей жидкости в процессе эксплуатации; выход из строя кольцевых уплотнительных колец в результате старения резины, что приводит к снижению эффективности работы гидравлического гасителя колебаний; утечка рабочей жидкости из гасителя; неисправности клапанной системы; механические повреждения отдельных наружных частей и их сопряжений; неисправности и износы в узлах крепления гасителей на тележках.

Зарубежные ученые основное внимание уделяют разработке фундаментальной базы данных о повреждениях гидравлических гасителей колебаний, поскольку имелась лишь неполная информация об их видах и объеме. Создается база данных по видам повреждений и характеристикам, которая используется при моделировании характеристик гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава. Моделирование проводится

на основе характеристик реальных гасителей, которые испытываются на катковых стендах (имеется в депо Узбекистан) и в измерительных поездках. Выполненные измерительные поездки позволяют получить данные о реальных напряжениях в гасителях колебаний и на их основе определить параметры, необходимые для контроля гасителей при их изготовлении и после ремонта в депо в смонтированном состоянии.

Из анализа полученных натуральных экспериментальных данных следует, что колебания деталей рамы тележки (в местах установки гидравлических гасителей колебаний) электровоза ВЛ-80с соответствуют известным теоретическим исследованиям и практическим измерениям, проводившимся ранее другими исследованиями. Очевидно, что с повышением скорости движения электровоза (электропоезда) амплитуда пульсаций давления в рабочей жидкости в подпоршневой полости гидравлического гасителя колебаний значительно возрастает. Частота вертикальных колебаний рамы электровоза ВЛ-80с (в местах установки гидравлических гасителей колебаний) в среднем лежит в пределах от 7 до 12 Гц, а частота горизонтальных колебаний рамы тележки лежит в пределах от 3 до 5 Гц на основной частоте без учета гармоник. Исследования показывают, что реальные напряжения в компонентах гидравлических гасителей колебаний отличаются от значений, полученных на стационарных испытательных стендах. Отсюда следует, что необходимо внести соответствующие изменения в инструкции по испытаниям на катковых стендах.

Во второй главе **«Разработка математической модели по обоснованию рациональных параметров рессорного подвешивания высокоскоростных электропоездов»** представлена разработанная математическая модель по обоснованию рациональных параметров рессорного подвешивания высокоскоростных электропоездов на примере высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ, приведен алгоритм и программа расчета, численные исследования проведены в среде программирования MathCAD 14.

На рисунке 1 представлена пространственная кинематическая схема вертикальных колебаний модели вагона высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ, в которой кузов вагона опирается на две двухосные тележки через центральную ступень рессорного подвешивания, а каждая из тележек через буксовую ступень на две колесные пары, при этом в центральной ступени рессорного подвешивания использованы пружины и параллельно установленные им гидравлические гасители.

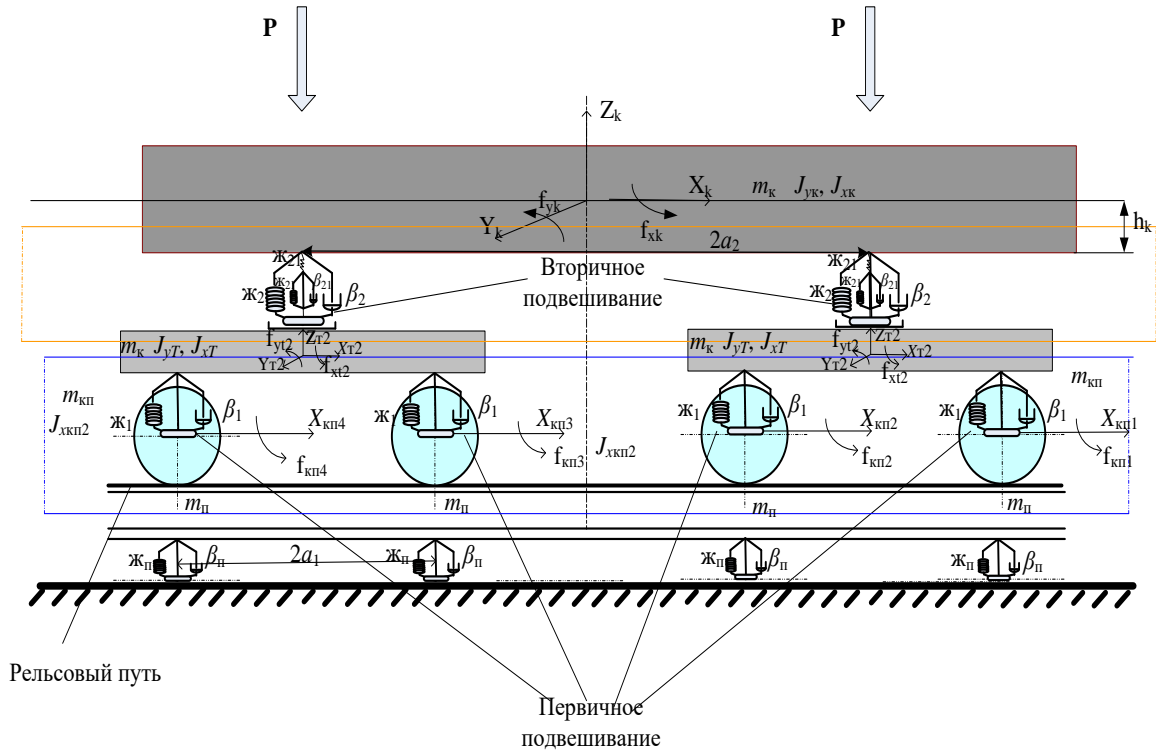


Рис. 1. Пространственная кинематическая схема вертикальных колебаний модели вагона высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ: m_k , $m_п$ – масса кузова и приведённая к колесу масса пути; m_T – обрессоренная масса тележки; $m_{кп}$ – масса колесной пары; $J_{yк}$, $J_{xк}$ – моменты инерции кузова относительно осей y и x ; J_{yT} , J_{xT} – моменты инерции рамы тележки относительно осей y и x ; $J_{xкп}$ – момент инерции колесной пары относительно оси x ; β_1 – коэффициент затухания в буксовой ступени рессорного подвешивания; $ж_1$ – жесткость буксовой ступени рессорного подвешивания; $\beta_п$ – коэффициент затухания железнодорожного пути; $ж_п$ – жесткость пути; $2a_2$ и $2a_1$ – база кузова и база тележек; $2b_2$ и $2b_1$ – расстояние поперек оси пути между упругими и диссипативными элементами центральной и буксовой ступенями рессорного подвешивания вагона электропоезда; $2s$ – расстояние между точками контакта с рельсами колес одной колесной пары.

Система связанных дифференциальных уравнений, описывающих вынужденные вертикальные колебания модели вагона высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ в виде пятимассовой системы имеет вид:

$$\begin{aligned}
 m_k \ddot{z}_k + 4\beta_2 \dot{z}_k + 4ж_2 z_k - 2\beta_2 (\dot{z}_{T1} + \dot{z}_{T2}) - 2ж_2 (z_{T1} + z_{T2}) &= 0; \\
 J_{yк} \ddot{\varphi}_{yк} + 4\beta_2 a_2^2 \dot{\varphi}_{yк} + 4ж_2 a_2^2 \varphi_{yк} + 2\beta_2 a_2 (\dot{z}_{T1} - \dot{z}_{T2}) + 2ж_2 a_2 (z_{T1} - z_{T2}) &= 0; \\
 m_{T1} \ddot{z}_{T1} + (4\beta_1 + 2\beta_2) \dot{z}_{T1} + (4ж_1 + 2ж_2) z_{T1} - 2\beta_2 \dot{z}_k - 2ж_2 z_k + 2\beta_2 a_2 \dot{\varphi}_{yк} + \\
 + 2ж_2 a_2 \varphi_{yк} \pm 2\beta_1 (\dot{z}_{кп1} + \dot{z}_{кп2}) - 2ж_1 (z_{кп1} + z_{кп2}) &= 0; \\
 m_{T2} \ddot{z}_{T2} + (4\beta_1 + 2\beta_2) \dot{z}_{T2} + (4ж_1 + 2ж_2) z_{T2} - 2\beta_2 \dot{z}_k - 2ж_2 z_k - 2\beta_2 a_2 \dot{\varphi}_{yк} - \\
 - 2ж_2 a_2 \varphi_{yк} \pm 2\beta_1 (\dot{z}_{кп1} + \dot{z}_{кп2}) - 2ж_1 (z_{кп1} + z_{кп2}) &= 0; \\
 (m_{кп1} + 2m_п) \ddot{z}_{кп1} + (2\beta_1 + 2\beta_п) \dot{z}_{кп1} + (2ж_1 + 2ж_п) z_{кп1} &= P_{p1}; \\
 (m_{кп2} + 2m_п) \ddot{z}_{кп2} + (2\beta_1 + 2\beta_п) \dot{z}_{кп2} + (2ж_1 + 2ж_п) z_{кп2} &= P_{p2}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где $P_p(t) = P_{p1}(t) = P_{p2}(t) = m_п \ddot{\eta}_H(t) + \beta_п \dot{\eta}_H(t) + ж_п \eta_H(t)$, (2)

где $P_p(t)$ – динамическая нагрузка, возникающая при движении вагона электропоезда по неровностям рельсового пути, причем

$$\eta_H(t) = \eta_0 \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

где η_0 – высота неровности железнодорожного рельсового пути, а ω – частота изменения неровности во времени.

Система дифференциальных уравнений (1) решается матричным методом Гаусса с использованием среды программирования MathCAD 14. В результате исследована амплитудно-частотная характеристика системы «кузов вагона – тележки - рельсовый путь» с учетом влияния рессорного подвешивания на

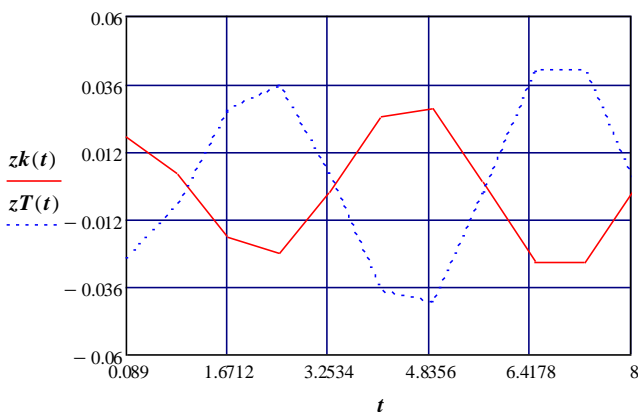


Рис. 2. График колебаний подпрыгивания $z_k(t)$ кузова вагона электропоезда и колебаний подергивания колесных пар $z_T(t)$

примере высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ. Построены графики для колебаний подпрыгивания z_k и галопирования φ_{yk} кузова вагона электропоезда, а также для колебаний подпрыгивания колесных пар z_T (рис. 2). При этом колебания галопирования φ_{yk} очень малы и практически равны 0.

В результате нами разработана аналитико-численная модель с использованием метода, аналогичного методу Гаусса, которая позволяет проводить анализ амплитудно-частотного спектра

вертикальных колебаний модели вагона электропоезда АФРОСИАБ, а также установить влияние гидравлического демпфирования в системе.

В третьей главе «Разработка методов расчета на динамическую прочность гидравлических гасителей колебаний оболочечного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима при функционировании рабочей среды» освещены вопросы обоснования рациональных параметров созданной новой конструкции гидрофрикционного гасителя с улучшенными демпфирующими свойствами, новизна технического решения которых защищена Патентами Республики Узбекистан на изобретение № IAP 04146 и IAP 05463.

Для описания колебаний рабочего цилиндра гидравлического гасителя колебаний в виде конечной оболочки, упруго закрепленной по концам, обратимся к уравнениям упругой оболочки с учетом распространения волн в её материале. Примем здесь вариант линеаризованной теории оболочек Кирхгофа - Лява, считая прогибы оболочек малыми U_1, U_2, W_1, W_2 - по сравнению с толщиной оболочки. Расчетная схема для исследования колебаний внутреннего и внешнего цилиндров гидрофрикционного гасителя колебаний в виде конечной оболочки, упруго закрепленной по концам, под воздействием пульсирующего давления в рабочей жидкости (рис. 3).

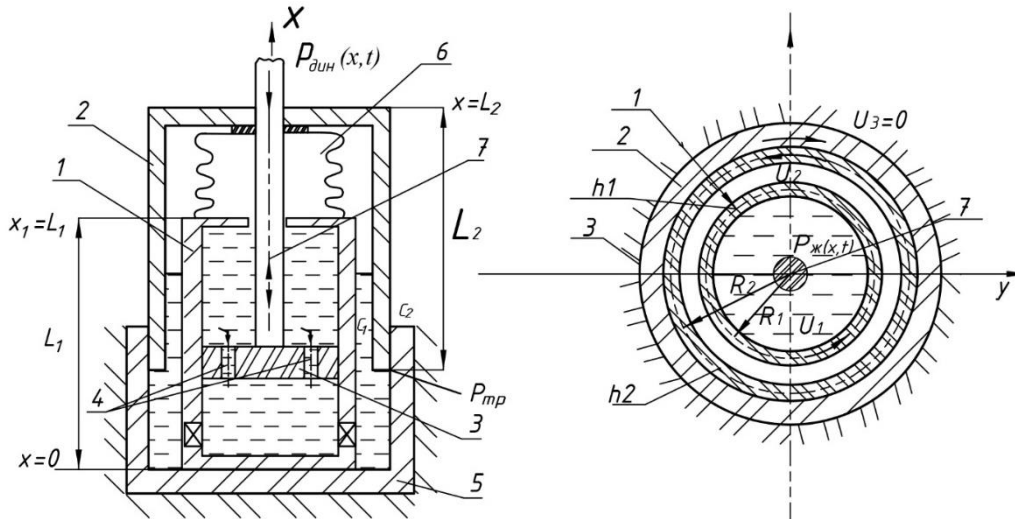


Рис. 3. Расчетная схема для исследования колебаний внутреннего и внешнего цилиндров гидрофрикционного гасителя колебаний в виде конечных оболочек, упруго закрепленных по концам, под воздействием пульсирующего давления в рабочей жидкости:

(1-рабочий цилиндр; 2-внешний цилиндр; 3-поршень; 4-дрессельные отверстия; 5-балка для крепления гасителя; 6-сильфон; 7-шток)

С учетом данных работ профессоров Вольмира А.С. и Кильчевского Н.А. можно записать уравнения колебания гидрофрикционного гасителя колебаний в виде уравнений продольно-радиальных колебаний двух упругих тонкостенных цилиндрических оболочек, между которыми имеется рабочая жидкость, имеющая пульсирующей давление по длине $P_{жид}$ и по времени, под действием внешних динамических воздействий $P_{дин}$, в перемещениях (колебания считаем ассиметричными):

- для первой оболочки (1- рабочий цилиндр гидравлического гасителя колебаний) уравнения продольно-радиальных колебаний имеют вид:

$$\frac{E_2 h_2}{1 - \mu_2^2} \left(\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + \frac{\mu_2 \partial W_2}{R_2 \partial x} \right) - \beta_2 \frac{\partial U_2}{\partial t} = \rho_2 h_2 \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} + f_{тр} P(x, t) + f_2 P_{дин}(x, t); \quad (4)$$

$$\bar{m}_2 \frac{\partial^2 W_2}{\partial t^2} + D_2 \frac{\partial^4 W_2}{\partial x^4} + \bar{N}_2 \frac{\partial^2 W_2}{\partial x^2} + \frac{1}{R_2} \frac{E_2 h_2}{1 - \mu_2^2} \left(\mu_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} + \frac{W_2}{R_1} \right) = -P_{жид}(x, t). \quad (5)$$

- для второй оболочки (2- внешний цилиндр гидравлического гасителя колебаний) уравнения продольно-радиальных колебаний имеют вид:

$$\frac{E_1 h_1}{1 - \mu_1^2} \left(\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2} + \frac{\mu_1 \partial W_1}{R_1 \partial x} \right) - \beta_1 \frac{\partial U_1}{\partial t} = \rho_1 h_1 \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} + f_1 P_{дин}(x, t); \quad (6)$$

- уравнение поперечных смещений (по радиусу) первой оболочки

$$\bar{m}_1 \frac{\partial^2 W_1}{\partial t^2} + D_1 \frac{\partial^4 W_1}{\partial x^4} + \bar{N}_1 \frac{\partial^2 W_1}{\partial x^2} + \frac{1}{R_1} \frac{E_1 h_1}{1 - \mu_1^2} \left(\mu_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{W_1}{R_1} \right) = P_{жид}(x, t). \quad (7)$$

В уравнениях (4) ÷ (7) введены обозначения E_i , μ_i , ρ_i , h_i - модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность материала и толщина оболочек, где $i = 1, 2$; D_1 и D_2 - цилиндрическая жесткость первой и второй оболочек; $V_{ж}$ - скорость течения рабочей жидкости между оболочками, а между внутренней оболочкой рабочего цилиндра 1 и поршнем 3 в местах контакта действует сила трения, выражаемая формулой:

$$P_{тр}(x, t) = f_{тр} \cdot P_{дин}. \quad (8)$$

Снаружи имеется внешняя импульсная динамическая нагрузка

$$P_{дин}(x, t) = \sum_{n=1}^{N=5} \{P_{ан}(x) \cdot \cos n \omega_a t\}. \quad (9)$$

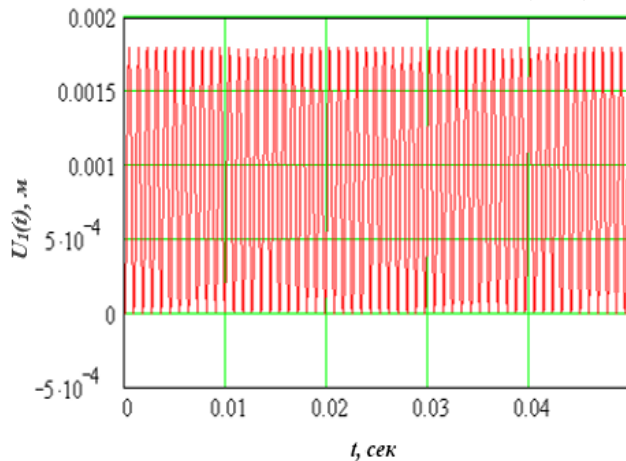


Рис. 4. Динамические перемещения 1 оболочки (рабочего цилиндра) гидрофрикционного гасителя колебаний по времени $U_I(t)$

Численные исследования выполнены в среде программирования MATHCAD 15 и представлены на рис. 4 и 5. На графике рис. 5 показаны динамические перемещения 1 оболочки (рабочего цилиндра) гидрофрикционного гасителя колебаний по времени $U_I(t)$, а на рис. 5-суммарные перемещения оболочек во времени с учетом гармонического внешнего воздействия для гармоник $k=1, k=5$.

В результате разработана методика расчета уравнений

продольно-радиальных колебаний системы оболочек гидравлического демпфера; составлена программа для исследования колебаний и построены графики в среде программирования MATHCAD 15 с учетом экспериментальных данных.

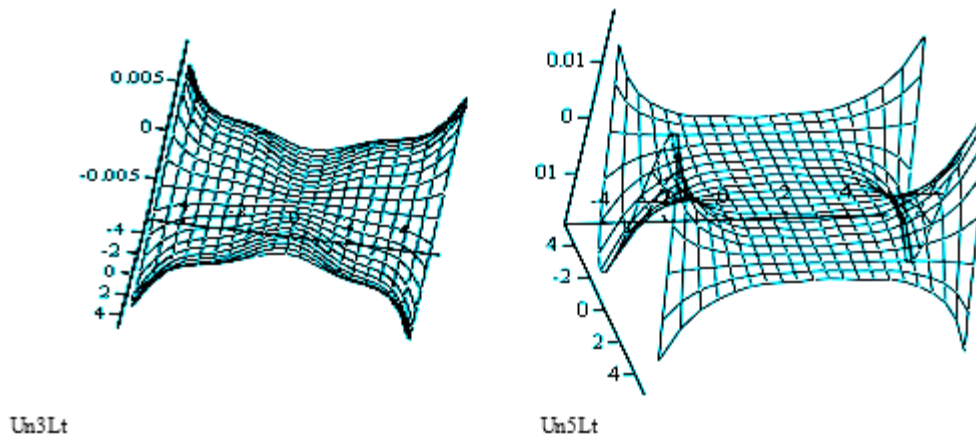


Рис. 5. Суммарные перемещения оболочек во времени с учетом гармонического внешнего воздействия для гармоник $k = 1, k = 3$

Полученная математическая модель также позволяет произвести оценку влияния конструктивных, силовых, массовых параметров и неровностей пути на процесс колебаний кузова вагона в вертикальной и продольной горизонтальной плоскостях, а также величину динамической нагруженности деталей гидравлического гасителя колебаний оболочечного типа.

В четвертой главе «Разработка аналитико-численного метода расчета на динамическую прочность гидрофрикционных гасителей колебаний торсионного типа с учетом влияния фрикционного и гидродинамического трения, а также пульсаций, возникающих в рабочей жидкости при

повышенных скоростях движения» представлена разработанная математическая модель для динамического расчета модернизированной конструкции гидравлического гасителя колебаний торсионного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима и улучшения упруго-диссипативных свойств на базе Патента Республики Узбекистан на изобретение № IAP 07118. На рис. 6 показан продольный разрез гидравлического гасителя колебаний торсионного типа.

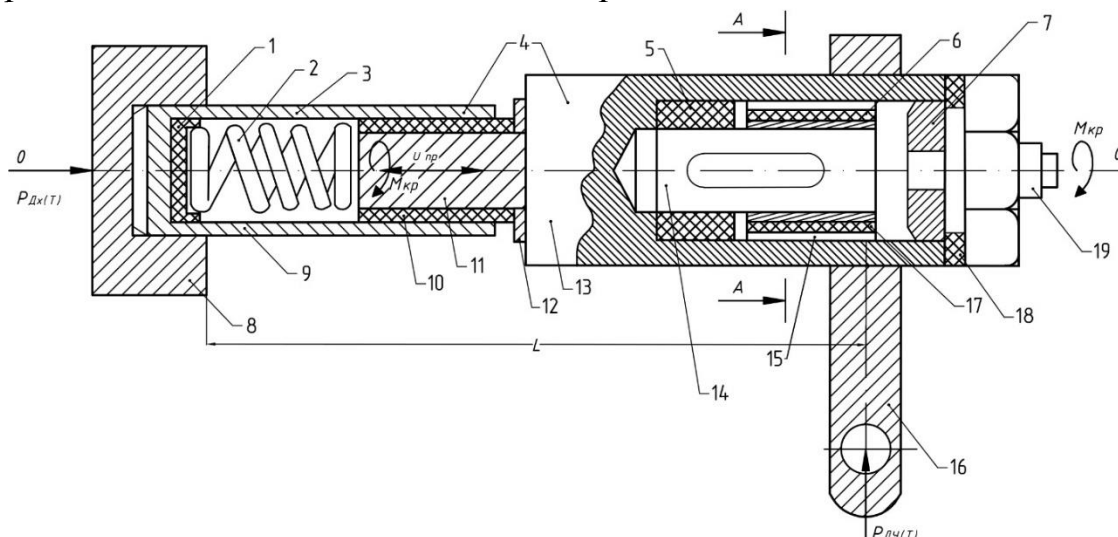


Рис. 6. Продольный разрез гидравлического гасителя колебаний торсионного типа по Патенту Республики Узбекистан на изобретение № IAP 07118:

1-упругая опора, 2-цилиндрическая пружина, 3-металлический цилиндр, 4-торсион, 5-уплотнительное кольцо, 6-фигурные упругие демпфирующие элементы, 7-крышка-гайка, 8-рама, 9-фрикционный демпфер, 10-цилиндрический упругий элемент (резиновый), 11-шток, 12-металлическая шайба, 13-гидрофрикционный демпфер, 14-стержень, 15-цилиндрическая полость, 16-рычаг, 17-лопасти с фигурным «Т» образным профилем, 18-уплотнительное кольцо, 19-пресс-маслёнка.

Задачами предлагаемого изобретения являются повышение надежности и демпфирующей способности гасителя в целом с обеспечением горизонтального и вертикального гашения вибраций и ударных нагрузок, что особенно важно при повышенных скоростях движения железнодорожных транспортных средств; повышение коэффициента динамичности системы при соблюдении регулирования демпфирующей способностью путем создания дополнительного момента трения, способствующего снижению динамических нагрузок на консольный участок вала, закрепленного на раме тележки транспортного средства. Для предлагаемой модернизированной конструкции гидравлического гасителя колебаний торсионного типа составлена динамическая модель.

Динамическая модель расчета на прочность вала гидравлического гасителя колебаний торсионного типа для высокоскоростного электропоезда базируется на системе дифференциальных уравнений для изгибных колебаний в двух плоскостях:

$$m(z) \frac{\partial^2 y_B}{\partial t^2} + E \cdot \left[\frac{\partial^2 I(z)}{\partial z^2} \cdot \frac{\partial^2 y_B}{\partial z^2} + \frac{\partial I(z)}{\partial z} \cdot \frac{\partial^3 y_B}{\partial z^3} + I(z) \cdot \frac{\partial^4 y_B}{\partial z^4} \right] -$$

$$- [m(z) \cdot \omega_B^2 - k_y(z)] \cdot y_B = p_{oy} (1 - \cos(3\omega_B t)), \quad (10)$$

$$m(z) \frac{\partial^2 x_B}{\partial t^2} + E \cdot \left[\frac{\partial^2 I(z)}{\partial z^2} \cdot \frac{\partial^2 x_B}{\partial z^2} + \frac{\partial I(z)}{\partial z} \cdot \frac{\partial^3 x_B}{\partial z^3} + I(z) \cdot \frac{\partial^4 x_B}{\partial z^4} \right] -$$

$$- [m(z) \cdot \omega_B^2 - k_x(z)] \cdot x_B + 2\omega_B \frac{\partial y_B}{\partial t} = P_{Dx}(t), \quad (11)$$

где $P_{Dx}(t) = p_{ox}(1 - \cos(3\omega_B t))$ - внешняя импульсная динамическая нагрузка для трех дисков в плоскости OX .

В результате создан новый метод расчета на динамическую прочность модернизированных гидрофрикционных гасителей колебаний торсионного типа с использованием гидравлических и фрикционных систем демпфирования для транспортного машиностроения.

В пятой главе **«Усовершенствованная методика расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения»** представлена разработанная новая методика расчета, конкретно для электровоза ВЛ80, применение которой при модернизации локомотивов в процессе капитально-восстановительного ремонта позволит улучшить их динамические характеристики, повысить прочность, надежность и долговечность гасителей, а также уменьшить вероятность аварийных разрушений тележек электровозов серии ВЛ80 и увеличить срок их полезной эксплуатации на 8-10 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме «Разработка метода расчета на динамическую прочность гидрофрикционной торсионной рессоры электроподвижного состава» диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам получены следующие основные научные и прикладные результаты:

1. На основании проведенного обзора научно-технической и патентной литературы по эксплуатации существующих гасителей колебаний высокоскоростного электроподвижного состава установлено, что всем им присущи такие недостатки, как сложность конструкции; большие расходы на изготовление и ремонт; потеря работоспособности при вытекании рабочей жидкости; плохая защищённость внутренней полости рабочего цилиндра от воздействия окружающей среды; изменение параметра сопротивления при изменении температуры корпуса и рабочей жидкости гасителя.

Для устранения этих недостатков целесообразно принять следующие конструктивные соображения:

- для исключения полной потери работоспособности гасителя в последствии утечек рабочей жидкости целесообразно в одном корпусе гасителя соединить гидравлический и фрикционный гаситель колебаний.

Такое решение позволит гасителю выполнять свои функции в случае утечек жидкости или потере её свойств;

- необходимо упростить или совсем исключить из конструкции гасителя сложную клапанную систему, заменив её простыми калиброванными дроссельными отверстиями, а качество регулирования скомпенсировать формой и расположением этих отверстий.

2. Разработана методика по вероятностно-статистической обработке результатов натуральных измерений колебаний рамы тележки электровоза ВЛ-80с с учетом работы гидравлических гасителей колебаний, проведенных в локомотивном депо Узбекистан.

3. Разработаны: математическая модель по обоснованию рациональных параметров рессорного подвешивания высокоскоростных электропоездов с учетом влияния гидравлического демпфирования в системе и аналитико-численный метод, позволяющий проводить анализ амплитудно-частотного вертикальных колебаний модели вагона высокоскоростного электропоезда АФРОСИАБ.

4. Разработаны: математическая модель для динамического расчета гидравлических гасителей колебаний оболочечного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима и метод расчета их на динамическую прочность при функционировании рабочей среды для транспортного машиностроения.

5. Разработаны: математическая модель для динамического расчета модернизированной конструкции гидрофрикционного гасителя колебаний торсионного типа с учетом влияния повышенного скоростного режима и улучшения упруго-диссипативных свойств и аналитико-численный метод расчета их на динамическую прочность с учетом влияния фрикционного и гидродинамического трения, а также пульсаций, возникающих в рабочей жидкости.

6. Разработаны алгоритмы расчета и программы для моделирования напряженно-деформированного состояния гидравлических и гидрофрикционных гасителей колебаний оболочечного и торсионного типов; численные исследования выполнены на языке C# и в среде программирования MATHCAD 14 (15), приведены результаты численного исследования с подбором рациональных параметров по оценке динамической прочности, надежности и прогнозируемого ресурса работы с целью продления срока их эксплуатации и улучшения динамических качеств; получено 1 свидетельство на программу ЭВМ № DGU 10286, 24.02.2021 г.

7. Разработана «Усовершенствованная методика расчета рациональных размеров деталей гидравлических гасителей колебаний электроподвижного состава при повышенных скоростях движения», конкретно для электровоза ВЛ80, применение которой при модернизации локомотивов в процессе капитально-восстановительного ремонта позволит улучшить их динамические характеристики, повысить прочность, надежность и долговечность гасителей,

а также уменьшить вероятность аварийных разрушений тележек электровозов серии ВЛ80 и увеличить срок их полезной эксплуатации на 8-10 лет.

8. Разработана новая конструкция гидравлического гасителя колебаний торсионного типа с повышением надежности и демпфирующей способности для электроподвижного состава, новизна технического решения которой защищена Патентом Республики Узбекистан на изобретение № IAP 07118.

9. В результате научных исследований разработан новый способ модернизации гидравлических гасителей локомотивов при капитально-восстановительном ремонте с целью улучшения динамических характеристик, повышения прочности, надежности и продления срока полезного использования. При этом в результате внедрения предлагаемого способа модернизации для 9-ти секций электровозов 3ВЛ80с получен экономический эффект в размере 252 миллиона сум в течение 2022-2023 годов.

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

TASHKENT STATE UNIVERSITY TRANSPORT

MAKHAMADALIEVA MALIKA ALIEVNA

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALCULATING THE DYNAMIC
STRENGTH OF A HYDRO-FRICTION TORSION SPRING OF AN
ELECTRIC ROLLING STOCK**

05.08.05 - Railway rolling stock, train traction and electrification

**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 at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under B2022.4.PhD/T3375.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the web site of «ZiyoNet» Information and education portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Khromova Galina Alekseevna
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Khamidov Otabek Rustamovich
doctor of technical sciences, professor

Tursunov Khurshid Makhmudjanovich
candidate of technical sciences

Leading enterprise:

Fergana Polytechnic Institute

The defense will be take place on 14 October 2023 at 16⁰⁰ at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.07 Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone:(+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information–Resource Center of the Tashkent state transport university (Registration number – 110). (Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66).

Abstract of dissertation was distributed on September 29, 2023 year.
(mailing record № ___ on “___” _____ 2023 year).

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,
Candidate of technical sciences, professor

R.M. Mirsaatov
Chairman of the scientific seminar under scientific Council
disposable on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstrakt of PhD thesis)

The purpose of the research of the study is to create new methods for calculating the dynamic strength of hydrofriction vibration dampers of a spatial configuration for transport engineering.

Tasks of the researchs:

development of a methodology for probabilistic-statistical processing of the results of full-scale measurements of oscillations of the frame of the VL-80s electric locomotive bogie, taking into account the operation of hydraulic vibration dampers, carried out in the locomotive depot of Uzbekistan;

mathematical modeling of oscillations of shell-type hydraulic vibration dampers, taking into account the influence of an increased speed mode during the operation of the working environment for electric rolling stock;

mathematical modeling of the vibrations of the modernized hydrofriction torsion-type vibration damper, taking into account the influence of the increased speed mode and the improvement of the elastic-dissipative properties;

development of algorithms and programs for carrying out numerical studies of calculating the dynamic strength of modernized hydrofriction vibration dampers of shell and torsion types using hydraulic and friction damping systems for transport engineering;

practical testing and implementation of the developed dynamic models and numerical algorithms and programs during the modernization of hydraulic vibration dampers of VL-80s electric locomotives during the overhaul and restoration at UE "Uztemiryulmashtammir";

development of an "Improved methodology for calculating the rational dimensions of parts of hydraulic vibration dampers of electric rolling stock at increased speeds";

development of a new design of a hydraulic vibration damper of a torsion type with an increase in reliability and damping capacity for electric rolling stock.

The scientific novelty of the research is as follows:

development of a mathematical model to justify the rational parameters of spring suspension of high-speed electric trains, taking into account the influence of hydraulic damping in the system;

development of a mathematical model for the dynamic calculation of shell-type hydraulic vibration dampers, taking into account the influence of an increased speed mode;

development of methods for calculating the dynamic strength of hydraulic vibration dampers of the shell type, taking into account the influence of the increased speed during the operation of the working environment for transport engineering;

development of a mathematical model for dynamic calculation of the modernized design of a hydrofriction damper of torsion type oscillations, taking into account the influence of an increased speed regime and improvement of elastic-dissipative properties;

development of an analytical-numerical method for calculating the dynamic strength of hydrofriction vibration dampers of the torsion type, taking into account the influence of frictional and hydrodynamic friction, as well as pulsations that occur in the working fluid at increased speeds;

creation of a new method for calculating the dynamic strength of modernized hydrofriction dampers of the torsion type using hydraulic and friction damping systems for transport engineering.

In order to improve the safety of operation of VL80s electric locomotives, an “Improved method for calculating the rational dimensions of parts of hydraulic vibration dampers of electric rolling stock at increased speeds” was developed, which was transferred to the UE “O’ztemiryulmashta’mir” and to the Department of Operation of Locomotives of JSC “Uzbekiston Temir Yollari”.

The structure and volume of the research work. Thesis introduction, five chapters, conclusions, list of literature, and consists of appendices. The size of the thesis work consists of 105 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I-часть; I-part)

1. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Аналитико-численный метод расчета гидрофрикционного гасителя колебаний электроподвижного состава // Научный журнал «Наука и инновационное развитие», Министерство инновационного развития Республики Узбекистан, Ташкент. – 2020. – №6. С. 82-87 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2019 йил 28 февралдаги 262/9.2-сон қарори).

2. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Расчетная схема опоры гидродинамического трения гибкого вала гидрофрикционного гасителя колебаний применяемого на железнодорожном транспорте // Universum: технические науки. – 2020. – №. 7 (76). – С. 77-80. (02.00.00; №1).

3. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Разработка математической модели для динамического расчета гидрофрикционного демпфера при гармоническом воздействии при повышенном скоростном режиме движения электроподвижного состава // Universum: технические науки. – 2021. – №. 6 (87). – С. 16-19. (02.00.00; №1).

4. Makhamadalieva M., Khromova G., Choriev Kh. Improved method of calculating the rational dimensions of parts of hydraulic shock absorbers of electric trains at high speeds / International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 2022. – Vol. 9. – Issue 10. – P. 19857-19863. (05.00.00; №8).

5. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Разработка математической модели по обоснованию рациональных параметров рессорного подвешивания высокоскоростного электропоезда Afrosiab. // Universum: технические науки. – 2022. – №. 10 (103). – С. 62-66. (02.00.00; №1).

6. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Разработка методики продления срока службы рессорного подвешивания высокоскоростного электропоезда Afrosiyob // Universum: технические науки. – 2022. – №. 2 (95). – С. 66-70. (02.00.00; №1).

7. Makhamadalieva M. Generalized dynamic model of hydrodynamic vibration dampener subject to viscous damping / Khromova G., Makhamadalieva M., Khromov S. // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Vol. 264. – 05029. – P. 1–7 (Scopus IF = 2,16).

8. Makhamadalieva M. Development of a methodology for solving the equations of bending vibrations of the hydro friction damper of the electric train of disk type / Khromova G., Kamalov I., Makhamadalieva M. // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Vol. 2656. – 020014. – P. 1–9 (Scopus).

9. Makhamadalieva M.A., Amirkulov A.Sh., Samadov P.Kh. Development of the design of the bench for the life-time tests of hydraulic friction dampers of electricrolling stock // Eurasian journal of academic research, 2021. – Vol. 1. – Issue 09. – pp. 730-732. (UIF = 8.1, SJIF = 5.685)

10. Makhamadalieva M., Khromova G., Kamalov I. Development of the design of the bench for the life-time tests of hydraulic friction dampers of electricrolling stock // Eurasian journal of academic research, 2022. – Vol. 2. – Issue 12. – pp. 1096-1101. (UIF = 8.1, SJIF = 5.685)

11. Makhamadalieva M., Khromova G., Kamalov I. Methods of dynamic strength calculation of lever-disk friction shock absorbers of ER9e electric train // Eurasian journal of academic research, 2023. – Vol. 3. – Issue 2. – pp. 119-123. (UIF = 8.1, SJIF = 5.685)

12. Makhamadalieva M., Khromova G., Kamalov I. Eurasian journal of academic research elektropoezdlarning tebranishini richag-diskli ishqalanuvchi soʻndirgichlari konstruktsiyasini hisob-kitob mustaxkamlik usullarini yaratish // Eurasian journal of academic research, 2023. – Vol. 3. – Issue 5. – pp. 43-47. (UIF = 8.1, SJIF = 5.685)

13. Махамдалиева М.А. Численные исследования по модели модернизированного узла люлечного подвешивания электровоза ВЛ-80с при движении в кривых // Хромова Г.А., Камалов И.С., Махамдалиева М.А. // The scientific journal of vehicles and roads 2023.:Т.: TSTU, 2021. – Issue 2. pp.64-72. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ОАКнинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

14. Makhamadalieva M. Method of calculating the dynamic strength of the modernized cradle suspension unit for the VL-80s electric locomotive / Khromova G., Kamalov I., Makhamadalieva M. // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2023. – Vol. 2476. – 020035. – P. 1–10. (Scopus)

15. Makhamadalieva M. Development of a dynamic model for calculating the strength of a hydraulic oscillation damper for high-speed electric train Afrosiab / Khromova G., Makhamadalieva M., Khromov S. // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2023. – Vol. 2476. – 020034. – P. 1–12. (Scopus)

16. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А., Хромов С.А., Раджибаев Д.О., Валиев М.Ш., Камалов И.С. Гидравлический гаситель колебаний торсионного типа. Патент Республики Узбекистан на изобретение № IAP 07118, опубл. 30.09.2022 г., Бюл. № 10.

II бўлим (II часть; II part)

17. Makhamadalieva M., Khromova G., Yutkina I., Numerical study of heat contact processes in hydro-frictional shock absorbers for high-speed electric rolling stock. // IV International Simposium «Transport problems», Silesian University of Technology, Katowice, Faculty of Transport, 22–23 June 2015, p. 671–779.

18. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А., Раджибаев Д.О., Валиев М.Ш., Хромов С.А. Квазистатический расчет на прочность главной рамы кузова электровоза ВЛ-80с. Программа для ЭВМ. Свидетельство об официальной регистрации программы № DGU 10286, 24.02.2021 г.

19. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Математическая модель для динамического расчета гидрофрикционного гасителя колебаний электроподвижного состава // Научный журнал: «Транспорт шёлкового пути», Ташкент – 2020. – №2 – С. 57-60.

20. Махамдалиева М.А., Файзибаев Ш.С., Хромова Г.А. Численные исследования контактных процессов в гидрофрикционном гасителе колебаний для высокоскоростного электроподвижного состава. // Россия, журнал «Известия ТРАНССИБА», № 1, 2015.– С.49–54.

21. Махамдалиева М.А., Юткина И.С. Моделирование колебаний гидрофрикционного гасителя колебаний торсионного типа в виде вала с переменной массой и жесткостью. // В сборнике трудов Республиканской научно-технической конференции «Машиностроение техника в технологиях: холати ва келгуси тараккиёти», 20 мая 2016 года, Ташкент, ТашГТУ, С. 139-142.

22. Махамдалиева М.А., Хромова Г.А. Динамическая модель колебаний упругого вала с переменной жесткостью и массой гидрофрикционного демпфера дискового типа для электропоездов. // В материалах международной научно-методической конференции «Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики», 23 марта 2021 г., Самара-Оренбург-Нижний Новгород, Оренбургский институт путей сообщения - филиал СамГУПС, С.177-180.

23. Mahamadaliyeva M.A., Normatova G.K. (TDTrU). Gidravlik tebranish damperining olingan dala eksperimental ma'lumotlarini tahlil qilish. // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Т.: ТашИИТ. – 2021. – С. 79-83.

24. Махамдалиева М.А. Диагностика технического состояния гидравлических гасителей колебаний железнодорожного транспорта // Республиканская 19-междисциплинарная дистанционная онлайн конференция на тему «Научно-практические исследования в Узбекистане». – 2020. – №19, стр. 30-33.

25. Махамдалиева М.А. Gidravlik tebranish amortizatorlarning texnik holatini diagnostika qilish imkoniyatlari // Международная научно-техническая конференция «Инновационное развитие науки и образования», Казахстан, – 2020. – Стр. 420-421.

26. Махамдалиева М.А. Повышение надежности и демпфирующей способности гидрофрикционного гасителя колебаний // Международная научно-техническая конференция «Ресурсосберегающие технологии на транспорте». – 2019. – Стр. 163-165.

27. Махамадалиева М.А. Научный руководитель: проф. Хромова Г.А. Программа для моделирования тепловых импульсных контактных полей в гидравлических гасителях колебаний // В сборнике трудов XIII Межвузовской научно-практической конференции студентов, бакалавров и магистратуры, стажеров и соискателей «Молодой научный исследователь», 5-6 апреля 2016 года, Ташкент, ТаШИИТ, С. 123-125.

28. Махамадалиева М.А. Программа для моделирования тепловых полей в гидрофрикционных гасителях колебаний // *Yosh olimlar va talabalarning “XXI asr – intellectual avlod asri” shiori ostidagi hududiy (Toshkent shahri va Toshkent viloyati uchun), ilmiy – amaliy konferensiyasida faol ishtirok etganligi uchun taqdirlanadi.*-Toshkent: Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti. 24-25.05.2016 г.

29. Махамадалиева М.А., Хромова Г.А., Хромов С.А. Моделирование динамического функционального функционирования гидрофрикционного гасителя колебаний с учетом влияния тепловых контактных процессов // Сборник материалов II Международной научно-технической конференции «ЛОКОМОТИВЫ. XXI ВЕК». Санкт-Петербург: Петербургский Государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 18-20.11.2015 г.

30. Махамадалиева М.А. (Научный руководитель Хромова Г.А.). Метод динамического моделирования тепловых контактных процессов в гидрофрикционном гасителе колебаний. // В сборнике материалов VI Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых «Системы автоматизированного проектирования на транспорте», 14-15 апреля 2015 г., СПбГУПС, г. Санкт-Петербург, С.22-24.

31. Махамадалиева М.А., Хромов С.А., Махбубов А.Р. Численные исследования для определения динамической нагруженности деталей гидрофрикционных гасителей колебаний для высокоскоростных поездов. // XVI Научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». - Москва: Московский государственный университет путей сообщения. 29-30.10.2015 г. - С.165-167.

32. Махамадалиева М.А., Хромов С.А., Махбубов А.Р. Обработка результатов натурных измерений колебаний рамы тележки электровоза ВЛ-80с с учетом работы гидравлических гасителей колебаний // Республиканская научно-практическая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте»-Ташкент: ТаШИИТ. 06-07.12.2015 г. – С.123-128.

Автореферат «ТДТУ ахборотномаси» илмий-амалий журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилиди ва матнларни ўзаро мослиги текширилди
(02.07.2023 й).

Қоғоз бичими 84×60-1/16. Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табағи: 3 б.т. Адади: 70 нусха. Буюртма № 43-15/2023
Нашрга рухсат этилди: 02.07.2023

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

