

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАМАЕВ ШЕРАЛИ ИБРОХИМОВИЧ

**МАГИСТРАЛ ТЕШЛОВОЗЛАРИНИНГ ҒИДРАК-МОТОР БЛОКИ
МАТЕРИАЛЛАРИНИ ҚОЛДИҚ МАНБАЛАРИНИ АНИҚЛАШ ВА
УЛАРНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.08.05 – Темир йўлларининг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни
торғиш ва электрлаштириш**
**05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Kuymachilik. Metallarga
termik va bosim ostida ishlov berish. Qora, rangli va noʻb metallar
metallurgiyasi. Kamʻb, nodir va radioaktiv elementlar texnologiyasi**

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

Тошкент–2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
авторферати мундарижаси

Оглавление авторферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Мамаев Шерали Иброхимович	
Магистрал тепловозларнинг ғилдрак-мотор блоқи материалларини қолдиқ манбаларини аниқлаш ва уларни такомиллаштириш	3
Мамаев Шерали Иброхимович	
Определение остаточных ресурсов материалов колесно –моторного блока магистральных тепловозов и их совершенствование.....	23
Matayev Sherali Ibrohimovich	
Determination of residual resources of materials for the wheel-engine block of mainline diesel locomotives and their improvement	43
Эълон қилинган ишлар рўйхати	
Список опубликованных работ	
List of published works.....	47

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАМАЕВ ШЕРАЛИ ИБРОХИМОВИЧ

МАГИСТРАЛ ТЕПЛОВОЗЛАРИНИНГ ҒИЛДРАК-МОТОР БЛОҚИ
МАТЕРИАЛЛАРИНИ ҚОЛДИҚ МАНБАЛАРИНИ АНИҚЛАШ ВА
УЛАРНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.05 – Темир йўлларининг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни
тортиш ва электрлаштириш

05.02.01– Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга
термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва камёб металллар
металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси.
Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.3. PhD/Т1768 рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.
Диссертация авторферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий Кенгаш веб-саҳифасида (www.tstu.uz) ва «Ziyouev» ахборот-таълим порталида (www.ziyoue.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Файлибаев Шерзод Собирович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий ошпоувентлар: Курбонوف Жанибек Файзуллаевич
техника фанлари доктори (DSc), доцент

Набиев Эльман Савдочич
техника фанлари номзоди, доцент.

Етказчи таъшиқлот: Андижон машинасозлик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 рақамли илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2021 йил 4.12 соат 22 дақиқасида бўлиб ўтди. (Манзил: 100167, Тошкент, Темирйўлчилар кўчаси 1-уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: http://tstu.uz

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин 013 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент, Темирйўлчилар кўчаси 1-уй. Тел.: (99871)299-05-66); e-mail: http://tstu.uz

Диссертация авторферати 2021 йил «22» 11 кун тарқатилди.
(2021 йил «1» 11 дақиқасида рақамли реестр баённомаси).



А.В.Умаров
Илмий даражалар берувчи
бир марталик илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор
Э.У.Тешабоева
Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш аъзоси, т.ф.д., доцент

Ш.С.Файлибаев
Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш ҳузуридаги бир марталик
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КГИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзунининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда жаҳонда замонавий ҳаракат таркибларининг гилдирак-мотор блокларида ўзгармас тоқда ишловчи тортув моторларидан кенг қўлланилиб келинмоқда. Телловозлардан самарали фойдаланишга қўйилган талабларга жавоб беришни таъминлаш мақсадида, жорий капитал таъмирдан сўнг телловозларнинг гилдирак-мотор блокларини ишлаш муддатини узайтириш, капитал таъмирлашда конструктив узелларни модернизациялаш йўли билан ишончилиги ошириш талаб этилади. Шу сабабли магистрал телловозларнинг гилдирак-мотор блокли материаллари ва узелларини ишлаш муддатини аниқлаш ва узайтириш мақсадида уларни бузмасдан хоссалари ва ресурсларини башоратлашнинг математик моделлаштириш усулларини яратиш йўналишида илмий тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда телловозларнинг гилдирак-мотор блокли ишлаш муддатини ошириш, материал-техника захирасини тежаш, материаллар ва буюмлар қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини тезкор аниқлаш учун магистрал телловозлар торттиш узатмаларидаги вужудга келадиган тебранма ҳаракатларни ҳисоблаш ва математик моделлаштириш, тортув моторларининг магнит тизими геометриясининг асимметриясининг торттиш кучлари айланма тебраннинг ҳаракатига таъсири аниқлаш, тортув редуктори тишли гилдиракларининг емирилиш жадаллигини айланма тебранма ҳаракатига таъсири аниқлаш, тортув моторларини уларга куч туширмаган ҳолда танлаш усулларини қўллаш орқали, рельс ва гилдирак илашиш коэффициентини, телловозларнинг дизелдан олган қувватини, ҳаракат таркибининг самардорлигини ошириш ва темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлаш усулларини яратишга қаратилган илмий-тадқиқот ишларини олиб борилмоқда.

Мамлакатимизда турли транспорт соҳаларини ривожлантириш, жумладан темир йўл транспорти инфратузилмасини такомиллаштириш, юқори тезликда ҳаракатланувчи таркиб участкаларини кенгайтириш, мавжуд темир йўл ҳудудларини электрлаштириш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «... миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... транспорт-коммуникация ва социал-инфратузилмавий лойиҳаларни ечишга йўналтирилган фаол инвестицион сиёсат, ишлаб чиқаришни техник ва технологик янгиллаш, ишлаб чиқаришга энергия тежовчи технологияларни кенг тadbик этиш...» вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, жумладан магистрал телловозлар торттиш узатмаларидаги торттиш кучлари айланма тебраннинг ҳаракати, телловозларнинг дизелдан олган қувватини, ҳаракат таркибининг самарадорлигини ошириш ва уларни моделлаштириш, темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлашга қаратилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

жувтиликларини рельс билан илашиш коэффициентини оширишни техник асослаш» (2008-2010 й.) хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг максоди магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерига ва редуктор тишли гилдиракларида юзага келадиган емирилишни моделлаштириш натижасида улардан фойдаланиш самардорлигини оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

магистрал тепловозларнинг ишлаш муддатини камайтирувчи тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебранма характерини вужудга келишига таъсир этувчи омилларни аниқлаш;

магистрал тепловозларнинг гилдирак-мотор блоки динамик моделини тузиш орқали тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги айланма тебраниш характерини аниқлаш услулани ишлаб чиқиш;

магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерига таъсир этувчи тортув узатмаси редукторининг шестерни – гилдирак емирилиш жадалигини аниқлаш;

магистрал тепловозларнинг гилдирак-мотор блокида кучни узатиш жараёнида вужудга келадиган айланма тебранишлари алгаритм тенгламасини ишлаб чиқиш;

магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларини тезлик таснифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда таллаш услулани ишлаб чиқиш;

магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларини тезлик таснифлари бўйича таллаш услулани ишлаб чиқиш;

темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлаш;

магистрал тепловозларнинг тортиш узатмалари асосий материал ва ускуналарининг ишончлилигини ошириш услубларини таҳлил қилиш, баҳолаш ва уларни такомиллаштириш;

магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларини модернизация қилиш ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш концепциясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти UZTE16M тишли магистрал тепловозининг тортиш узатмаларидаги тортув электр мотори ЭД-118А,Б ва цилиндрсимон редукторнинг гилдирак-шестеряси тишлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортув электр моторларнинг тезлик таснифи бўйича таллаш услубиёти ва гилдирак-мотор блокидаги редуктор тишли гилдиракларининг емирилиш жадалигини айланма тебранишлари характерига таъсирини математик моделлаштиришдир.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар материаллар қаршилиги, машиналар динамикаси ва мустаҳкамлиги, гилдирак жувтиликларнинг боқсалаш тенгламаси, Герцнинг статистика назарияси, Лагранж ва Гаусс услуби, шунингдек рақамли услублардан фойдаланилди.

эгади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 20 апрелидаги ПФ-2909-сон «Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 1 февралдаги ПФ-5647-сон «Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармонлари ва 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сон «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни яна жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг II.«Энергетика, энергия ва ресурслар тежамкорлиги» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Темир йўл транспорти магистрал тепловозларининг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерларини моделлаштириш бўйича С.Ю.Матюшков, А.И. Беляев, И.В. Брюковок, Г.С. Михальченко, Д.В. Воробьев, А.Л. Лисицын, А.Н. Савоськин, Г.В. Самме, А.Д. Глушенко, Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, Р.В. Рахимов, В.И. Киселев, Ё.О. Рўзметов, В.Н. Жидков, Д.К. Минов, В.И. Наумов, В.А. Могилевский, А.В. Грищенко, В.С. Островский, Н.С. Зайниддинов, А.Н. Авдеева ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб боришган.

Улар томонидан магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерларини моделлаштириш, ҳисоблашнинг назарий асослари, темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлаш, мазкур тизимлар ва улардаги техник воситаларнинг такомиллашган конструкциялари ва схемаларига оид ечимлар тақлиф қилинди ва ишлаб чиқаришга жорий этилди.

Шу билан бирга магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма, тебранма характерларини математик моделларини ишлаб чиқиш, тортиш кучлари айланма тебраниш характерларини моделлаштириш усулларини такомиллаштириш, аниқлиги юқори ҳамда чизикли статик ва динамик характеристикага эга бўлган янги ечимларни яратиш, темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлаш, мазкур тизимлар ва улардаги техник воситаларнинг такомиллашган конструкциялари ва схемалари яратишга йўналтирилган илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг 3-сон «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ шариётида поездларнинг ҳаракатланишида локомотивнинг гилдирак

Тадқиқотининг илмий янгилиги қуйдагилардан иборат:

магистрал тепловозларнинг ғилдирак-мотор блоки узелларининг ишлаш мuddатини камайтирувчи, ғилдирак-рельс орасидаги илашиш коэффициентини камайишига олиб келувчи тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебранма ҳаракатининг вужудга келишига таъсир этувчи триботехник омиллар аниқланилган;

UZTE16M типидagi тепловознинг тортиш узатмаларидаги айланма тебраниш ҳаракатини математик моделларини тузиш ва тенгламалар тизимига энгергияни сакланиш қонунини қўллаш учун ғилдирак-мотор блоки динамика модели яратилган;

магистрал тепловозларнинг ғилдирак-мотор блоки моделига асосланиб, тортув узатмалари айланма тебраниш ҳаракатини Лагранж назариясига асосланиб, бир турдаги ва хусусий ғилдирак-мотор блоки айланма тебранишни аниқлаш услубиёти ишлаб чиқилган;

магистрал тепловозларнинг тортув электр моторини тезлик таснифлари, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубиётини занжир учун Кригхофнинг қонунлари, Лаплас ва Жордан-Гаусс услубиётилари ёрдамида ишлаб чиқилган;

магистрал тепловозларнинг ғилдирак-мотор блоки айланма тебранма ҳаракатига салбий таъсир кўрсатувчи редуктор шестрена-ғилдирак материалларининг ташки муҳит таъсири ва ортқича кучланишлар натижасида емирилиш жадаллигинини аниқлашнинг математик модели яратилган;

магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларининг узелларининг геометрик ўлчамлари асосида, ғилдирак-мотор блоккида кучни узатиш жараёнда вужудга келадиган айланма тебраниш ҳаракатини аналитик-рақамли услуби ишлаб чиқилди;

темир йўл ҳаракатланувчи таркиб қисмлари материалларини қолдиқ ва мустақкамлик ресурслари яратилган аналитик-рақамли услуб асосида 33% эканлиги аниқланган;

яратилган динамика модел учун тузилган ғилдирак-мотор блоги айланма тебранишларнинг алгаритми ва тортув моторларининг тезлик таснифлари бўйича танлаш услубиётилари асосида магистрал тепловозларнинг ғилдирак-мотор блоки тортиш узатмаларини модернизация қилиш ва уларнинг материалларини хизмат мuddатини узайтириш концепцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

магистрал тепловознинг тортиш узатмаларидаги тортув кучлари айланма тебраниш ҳаракати модели ва аналитик-рақамли услуби модели, тортув электр моторлари тезлик таснифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услуби ишлаб чиқилган;

магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларини тезлик таснифлари бўйича вариантларни ишлаб чиқиш, тезлик таснифлари бўйича тортув электр электромоторларини танлаш учун принципал схема, юритмали асинхрон моторларнинг автомат равишда ишлаб чиқариш юборилиши, тормозланиши ва реверсланишни бажарадиган автомат бошқариш намунавий схемалари, тортув электр моторлар яқори частотасини барқарорлаштириш учун мўлжаллаб ишлаб

чиқилган курилманинг функционал блок-схемаси яратиш орқали тортув электр электромоторларини тезлик таснифларини аниқлаш стенди ва йўриқномаси ишлаб чиқилган;

яратилган усуллар асосида магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларини модернизация қилиш ва уларнинг хизмат мuddатини узайтириш концепцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий услублардан фойдаланган ҳолда тадқиқотлар ўтказилганлиги, шунингдек электротехника қоидалари, математик тенгламалар асосида магистрал тепловози тортув электр мотори параметрлари, олинган натижалар экспериментал тадқиқотлар натижаларига муносиблиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш ҳаракатини моделлаштириш, ҳамда тортув электр моторлари тезлик таснифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш имконини берадиган илмий асосланган услубларни ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти магистрал тепловозларни таъмирлаш жараёнида тортув электр моторларини тезлик таснифлари бўйича танлаш вариантларни ишлаб чиқиш, тезлик таснифлари бўйича тортув электр электромоторларини танлаш учун принципал схема, юритмали асинхрон моторларнинг автомат равишда ишлаб чиқариш юборилиши, тормозланиши ва реверсланишни бажарадиган автомат бошқариш намунавий схемалари, тортув электр моторлар яқори частотасини барқарорлаштириш учун мўлжаллаб ишлаб чиқилган курилманинг функционал блок-схемаси яратиш орқали тортув электр электромоторларини тезлик таснифларини аниқлашга хизмат қилади

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши: Магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш ҳаракатини моделлаштириш асосида:

ишлаб чиқилган тезлик таснифларини аниқлашнинг курилмаси «Ўзтемирйўлмаштаъмир» УҚ да магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларини тезлик таснифларини аниқлашда ишлаб чиқаришга жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» акциядорлик жамиятининг 2021 йил 7 июндаги №01/2470-21-сон маълумотномаси). Натижада, тортув электр электромоторларини тезлик таснифларини аниқлаш ва назорат қилиш аниқлигини ошириш ҳисобига уларни иш бажариш коэффициентини 17% ошириш имконини берган.

тортув электр моторларни тезлик таснифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубиётини қўллаган ҳолда UZTE16M тепловозини тортув электр моторлари айланиш тезлигини тенглаштирилиб жиҳозлаш «Ўзтемирйўлмаштаъмир» УҚ да ишлаб чиқаришга жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» акциядорлик жамиятининг 2021 йил 7 июндаги №01/2470-21-сон маълумотномаси). Натижада, тортув электр моторларининг тамирсиз

ишлаш мuddатини 33% га ва иш бажариш коэффициентини 23% ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация тадқиқот натижалари 6 та, жумладан 4 та халқаро ва 2 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳофизатдан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 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 5 таси Республика ва 6 таси (1 таси SCOPUS базасидаги) хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, бешта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 115 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзу бўйича ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларида 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 очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Масаланинг ҳолати. Тадқиқот вазифаларининг қўйилиши» деб номланган биринчи бобда магистрал тепловозларнинг тортиш узатмалари айланма тебраниш ҳаракатига таъсир этувчи омилларни тахлилини илмий-техник адабиётлар орқали асослаб берилди. Магистрал тепловозларининг тортиш узатмалари айланма тебраниш ҳаракатини вужудга келтирувчи омилларни бартараф этиш учун ўтказилган тадқиқотлар тахлили шунини кўрсатдики, ушбу йўналишга жиддий эътибор бериш орқали тепловозларнинг ғилдирак жуфтлари ва рельс орасидаги илашиш коэффициентини ошириш имконини беради. Ҳаракатланувчи таркибнинг самарали ҳаракатланиши ва ундан фойдаланиш (эксплуатация) муаммоси ғилдиракнинг рельсга таяниш нуқтасидаги ўзаро бирга илашиш масаласи билан узвий боғлиқлиги, илашиш бўйича тортув кучини катталаштиришга мунтазам равишда катта эътибор бериш лозимлиги, тепловозларнинг самардорлигини ошириш учун тортув моторлари-редуктор-ғилдирак жуфтликлари орасида вужудга келадиган айланма тебраниш ҳаракатини ўрганиш талаб этилади.

Магистрал тепловозлар тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш ҳаракати натижасида ғилдирак ва рельс ўзаро таъсир кучларига салбий таъсир кўрсатади. Илмий тадқиқотларни таҳлил қилиш, орқали магистрал тепловозларнинг ғилдирак ва рельс орасида вужудга келадиган ишқаланиш кучларининг намоён бўлиши, ғилдирак ва рельс орасида вужудга келадиган

илашиш кучининг ҳосил бўлишини изоҳлаб берадиган физик моделлар, тажриба маълумотлари бўйича ғилдирак ва рельс орасидаги илашиш коэффициентини аниқлашга доир Н. Н. Меньшутин, А. А. Ренгевич ва О. М. Янсонларнинг тажрибалари, ғилдиракларнинг умумий сирғалиш натижасида проф. Г. М. Шахунянц формуласига асосан сирғалиш тезлигининг 0,8 дан 2% гача катталаниши рельслар 2,3 баробар кўпроқ едририлишига олиб келиниши, судраланиш (бокслаш) ривожланишининг олдинги олишга қаратилган электр схемаларига қўйилмаган талаблар, судраланиш (бокслаш) ни ифодаловчи коэффициент крипини аниқлашда Герцнинг статистика назарияси, Картернинг бўйлама ва кўндаланг крипларни аниқлаш усуллари, крип кучларининг ғилдирак юмаланишида унинг рельс билан ўзаро таъсир қилишига боғлиқлиги чуқур таҳлил қилиш кераклигини кўрсатди.

Адабиётларнинг критик таҳлили ҳамда магистрал тепловозлар тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш ҳаракати натижасида рельс ва ғилдирак илашиш коэффициенти камайиб, тепловозларнинг дизелдан олган қуввати маълум даражада камайишига олиб келишини аниқлаш билан, ушбу илашиш коэффициенти ошириш учун айланма тебраниш ҳаракатни олдинги олишга қаратилган тортув электр моторларни тезлик тавсифларига кўра танлаш ва редукторнинг тишли ғилдиракларининг емириш жадаллигини ҳаракат таркиби босиб ўтган йўлга боғлиқлигини таъминлаш имкониятлари аниқланган.

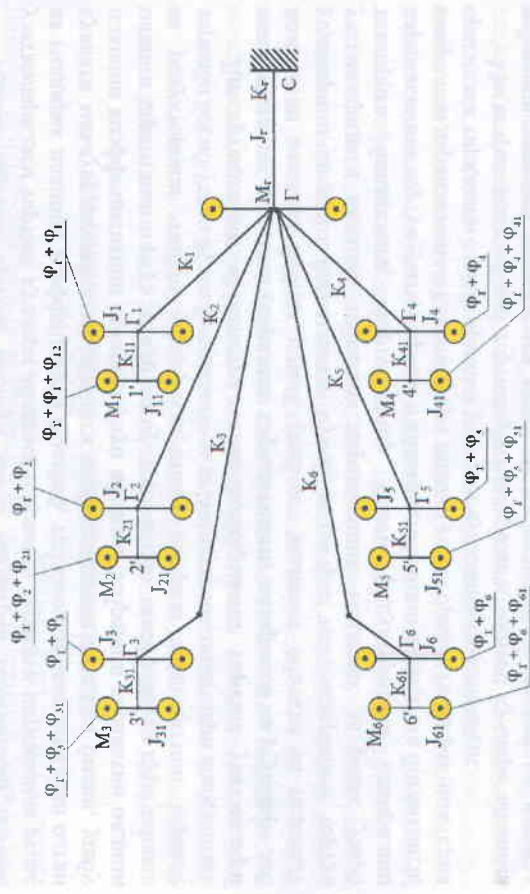
Диссертациянинг «Магистрал тепловозларининг тортиш узатмалари материаллари, айланма тебраниш ҳаракатининг назарияси ва усуллари» деб номланган иккинчи бобда илмий тадқиқот ишининг объекти ва тадқиқот усуллари таъминлашга бағишланган бўлиб, магистрал тепловозларининг тортув узатмаларидаги айланма тебраниш ҳаракатининг ғилдирак ва рельс ўзаро таъсирига боғлиқлиги, тортув-мотор блогни редукторнинг емирилиш даражасининг тортув узатмаларидаги айланма тебраниш ҳаракатига боғлиқлиги, емирилиш даражасини мойларни тўғри танлаш усули орқали ғилдирак-шестерия орасидаги тирқишни камайтиришни усулини қўллашни таъминлайди.

Магистрал тепловозлар тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш ҳаракати натижасида ғилдирак ва рельс ўзаро таъсирини назарда тутган соддалаштирилган назарияси, аниқ назарияси, динамика назарияси, квазистатик назарияси ва ясси назариялари таҳлил қилинган. Бундан ташқари ғилдирак ва рельснинг юмаланишидаги ўзаро таъсирланишда Картер назарияси, Жонсон ва Вермиоллер назарияси, Холлинг, Хайенс ва Оллертон тасмалари назарияси, Колкернинг чизикли назарияси, Аниқ қўйилган крип назарияси ва Колкернинг эмпирик модели назариялари ўрганилиб, ҳисобланаётган объектга таъсири таҳлил қилинди.

Диссертациянинг «Магистрал тепловозларининг тортиш узатмалари айланма тебранишлари ҳаракатини моделлаштириш» деб номланган учинчи бобда тепловозларнинг тортиш узатмалари айланма тебраниш ҳаракатини математик моделлаштириш ва ғилдирак-мотор блокида айланма тебраниш ҳаракатни вужудга келтирадиган тортув электр моторларини тезлик

тавсифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубиётини ҳисобий тарзда асослаб бериш усуллари бағафсил ёритилган.

Тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб, «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасарруфидаги «Ўзтемирйўлмаштабмир» УҚ тамонидан модернизация қилинган UZTE16M тепловози танлаб олинди. Ушбу турдаги тепловоз секциясининг динамик модели тузилди (1 расм). Келтирилган динамик модел асосида тепловозларнинг тортиш узатмалари айланма тебраниш характерини математик моделлаштириш ва гилдирак-мотор блоктида айланма тебраниш характерни вужудга келтирадиган тортув электр моторларини тезлик тавсифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубиётини аналитик тарзда асослаб бериш назарда тутилган. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги шу тариқа таъминланган.



1-расм. UZTE16M тураридаги тепловоз секциясининг динамик модели.

Ушбу келтирилган динамик моделини математик моделлаштириш учун қуйидаги мулоҳазаларни келтириш лозим:

1. Инерция моментлари: $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, J_6, J_{11}, J_{21}, J_{31}, J_{41}, J_{51}, J_{61}$.
2. Айлантурувчи моментлари: M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 ва M_6 .
3. Якорларнинг қайишқоқликлари: $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_{11}, K_{21}, K_{31}, K_{41}, K_{51}, K_{61}$.
4. 1-расмдаги моделда қайишқоқ айланма тебранишларнинг қуйидаги функциялари ҳисобга олинган:

$\varphi_i(t)$ - тортув генератори якорининг бурчак тебранишлари айланма қаттиқлик K_i га эга қайишқоқ боғлиқлик орқали статор (дизель) га тегишли:

- K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 , ва K_6 лардаги айланма қаттиқликдаги келтирилган айланма тебранишлар $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \varphi_3(t), \varphi_4(t), \varphi_5(t)$ ва $\varphi_6(t)$, тортув электр

моторлари (ТЭМ) якорларнинг тортув генераторининг J якорига нисбатан J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 , ва J_6 инерция моментлари. Кейинги ўринларда соддалаштириш мақсадида тенгламалар 1-расмда тасвирланган бир гилдирак-мотор блоктидаги ҳисобий схема бўйича бажарилади.

Тепловоз гилдирак-мотор блоктидаги (ГМБ) айланма тебранишларни моделлаштириш учун Лагранж услуби ва тенгламалардан фойдаланилади.

Генератор гилдирак жуфтлиги орасидаги динамик боғлиқлик учун қуйидаги тенгламаларни тузимиз:

Кинетик энергия тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$T = \frac{1}{2} \left[J_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)^2 + J_2 \left(\frac{d\varphi_2}{dt} \right)^2 + J_3 \left(\frac{d\varphi_3}{dt} \right)^2 + J_4 \left(\frac{d\varphi_4}{dt} \right)^2 + J_5 \left(\frac{d\varphi_5}{dt} \right)^2 + J_6 \left(\frac{d\varphi_6}{dt} \right)^2 + J_{11} \left(\frac{d\varphi_{11}}{dt} \right)^2 + J_{21} \left(\frac{d\varphi_{21}}{dt} \right)^2 + J_{31} \left(\frac{d\varphi_{31}}{dt} \right)^2 + J_{41} \left(\frac{d\varphi_{41}}{dt} \right)^2 + J_{51} \left(\frac{d\varphi_{51}}{dt} \right)^2 + J_{61} \left(\frac{d\varphi_{61}}{dt} \right)^2 \right]$$

Қайишқоқ деформацияларнинг потенциал энергияси тенгламаси

$$P = \frac{1}{2} \left[K_1 \varphi_1^2 + K_2 \varphi_2^2 + K_3 \varphi_3^2 + K_4 \varphi_4^2 + K_5 \varphi_5^2 + K_6 \varphi_6^2 + K_{11} \varphi_{11}^2 + K_{21} \varphi_{21}^2 + K_{31} \varphi_{31}^2 + K_{41} \varphi_{41}^2 + K_{51} \varphi_{51}^2 + K_{61} \varphi_{61}^2 \right]$$

Ҳаракатлантурувчи кучлар ва инерциянинг моментлари айланмишга қаршилиқ кўрсатадиган кучлар ишлари

$$\delta A = \left[M_1 \delta \varphi_1 - M_1 (\delta \varphi_1 + \delta \varphi_{11}) - M_2 (\delta \varphi_2 + \delta \varphi_{21}) - M_3 (\delta \varphi_3 + \delta \varphi_{31}) - M_4 (\delta \varphi_4 + \delta \varphi_{41}) - M_5 (\delta \varphi_5 + \delta \varphi_{51}) - M_6 (\delta \varphi_6 + \delta \varphi_{61}) \right]$$

Энергиянинг сақланиш қонунияти ҳамда, юқоридаги тенгликларни инобатга олган ҳолда, генератор (φ_r), тортув электр мотори (φ_i) ва гилдирак жуфтлиги (φ_{1i}) да вужудга келадиган бурчак тебранишларини бўйича Лагранж услуби ва тенгламаларини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}_r (J_r + J_1 + J_{11}) + K_r \varphi_r + (J_1 + J_{12}) \ddot{\varphi}_1 + J_{11} \ddot{\varphi}_{11} &= M_r - M_1 \\ (J_r + J_1) \ddot{\varphi}_1 + (J_r + J_1) \ddot{\varphi}_{11} + K_1 \varphi_1 + J_{11} \ddot{\varphi}_{11} &= -M_1 \\ J_{11} \ddot{\varphi}_1 + J_{11} \ddot{\varphi}_{11} + K_{11} \varphi_{11} &= -M_1 \end{aligned}$$

Юқоридаги Лагранж тенгламалар тизими ечимлари иккита таркибий қисмдан иборат қилиб жамланади:

- 1) Ўнг қисмлари нолга тенг бўлган бир турдаги тенгламалар тизимлари.
- 2) Юқоридаги функциялари $M_i(t)$ ва $M_i(t)$ га боғлиқ бўлган хусусий ечимлар. Юқоридаги функциялари $M_i(t)$ ва $M_i(t)$ га боғлиқ бўлган хусусий функциялар $M_i(t) = M_i \cos \omega t$ ва $M_i(t) = M_i \cos \omega t$ кўринишида амалга оширилди.

Функция қийматларининг ҳосилаларини Лагранж тенгламаларига қўйиб, соддалаштиришлар натижасида қуйидагиларни аниқлаймиз:

$$A_{11} \varphi_r + A_{12} \varphi_1 + A_{13} \varphi_{11} = M_r - M_1$$

$$A_{21} \varphi_r + A_{22} \varphi_1 + A_{23} \varphi_{11} = -M_1$$

$$A_{31} \varphi_r + A_{32} \varphi_1 + A_{33} \varphi_{11} = -M_1$$

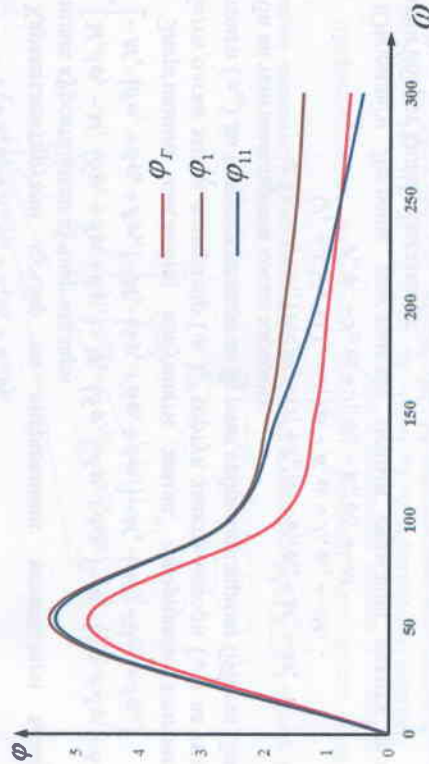
Бу тенгламалар системасини матрица усули ва Крамер формулаларини қўллаб қуйидагиларни аниқлаш мумкин бўлади:

$$\Delta = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix} \quad \varphi_r = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} M_1 - M_1 & A_{22} & A_{23} \\ -M_1 & A_{22} & A_{23} \\ -M_1 & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix}$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} A_{11} & M_1 - M_1 & A_{13} \\ A_{21} & -M_1 & A_{23} \\ A_{31} & -M_1 & A_{33} \end{vmatrix} \quad \varphi_{11} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & M_1 - M_1 \\ A_{21} & A_{22} & -M_1 \\ A_{31} & A_{32} & -M_1 \end{vmatrix}$$

Юқоридаги тенгламалардан фойдаланиб қолган бешта ГМБлар учун ҳам олинishi мумкин.

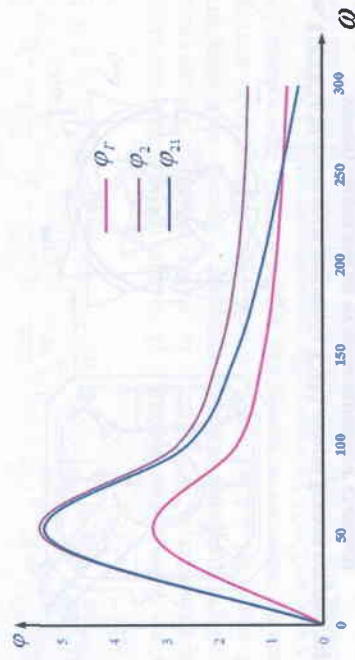
Айланма тебраниш ҳаракатга таъсир этувчи омилларни сон қийматлари келтириб ўтиш талаб этилади. Бундай ҳолларда, UZTE16M тепловозининг ғилдирак-мотор блокнинг айланма тебранишлари алгоритми ва ҳисобини ишлаб чиқишда, тенгламаларни $\omega = 50 \text{ rad/s}$ дан $\omega = 300 \text{ rad/s}$ гача метрларда 50 rad/s қадам билан олинган қийматлар бўйича аниқлаб, тебранишларнинг айланish частоталарга боғлиқлик графикларини хар хил қаттиқликлар учун аниқлаймиз.



Якор валларининг қайшиқоқлиги:

$$K_r = 7,55 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_1 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{11} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

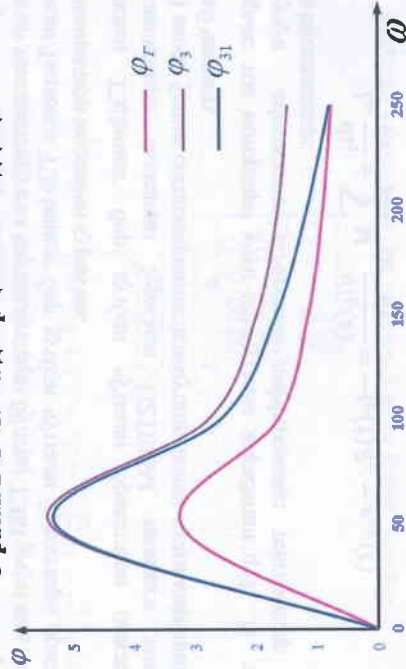
2-расм. 1- ГМБ га доир ҳисобий тадқиқот



Якор валларининг қайшиқоқлиги:

$$K_1 = 1 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_2 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{21} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

3-расм. 2- ГМБ га доир ҳисобий тадқиқот

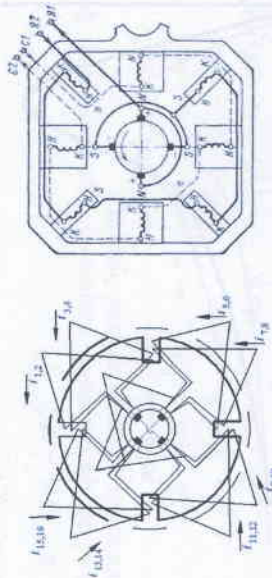


Якор валларининг қайшиқоқлиги:

$$K_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_3 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{31} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

4-расм. 3- ГМБ га доир ҳисобий тадқиқот

Тортув электр моторларни тезлик тавсифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубётини аналитик тарзда асослаб бериш учун қуйидаги фаразларни қабул қиламиз: бир қутбли қўтқали бракетлар орасидаги уланмалар бўйича тоқлар ихтиёрий йўналишларда оқиб ўтадилар; якор қўлғама ичида бу тоқлар коммутация зонасида бўлган ўтказгичлар орқали туташадилар; коммутацияловчи контурлардаги тоқлар устига бир қутбли қўтқали бракетлар орасидан оқиб ўтадиган тоқнинг таркибий қисмлари тушади; тадқиқ этилаётган диапазондаги магнит ва электр занжирлар чизикли.



5-расм. UZTE16M типидagi тепловоз ТЭМ якори ўрамини чулғамларининг коммутацияловчи чулғамларининг схемаси

Катта юкламаларда ишлайдиган “қурбақа” чулғамли тортув генератори учун шакллантирилган бу фаразлар, ҳалқасимон чулғамли ва якориди куч тушмайдиган тенглаштирувчи қаршилиқлари бўлган ТЭМ учун яна ҳам кўпроқ тўғри келади. Тепловоз ТЭМнинг бир қутбли чўткали бракетлари орасидаги ток пульсацияланишлари моделини қурайлик.

Тепловоз ТЭМнинг бир қутбли чўткали бракетлари орасидаги ток пульсацияланишлари моделини 5-расмда UZTE16M типидagi тепловознинг ЭД118Б(А) якори ўрамини секцияларининг коммутацияловчи чулғамларининг схемаси орқали тўзиб чиқамиз.

Ўзгармас ток моторлари учун коммутация жараёнини $q=1...N$ та ўрамли секцияси учун ифодаловчи ноҳизикли дифференциал тенгламалар тизимини қуйидагича ифодаланadi:

$$L_k \frac{di_k}{dt} + \sum_{1k} M \frac{di_k(t)}{dt} = -i_k(t)R_k - e_{nk}(t)$$

Тадқиқот ўтказиладиган тортув электр мотори ЭД-118Б(А) учун якор ўрамини 16 та эканлигинидан фойдаланиб, қуйидаги тенгламалар тизимини ҳосил қиламиз:

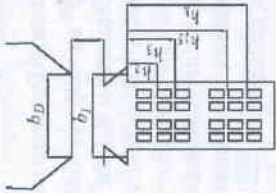
$$\begin{aligned} L_m \frac{di_1}{dt} + M_{m2} \frac{di_2}{dt} + M_{m3} \frac{di_3}{dt} + M_{m4} \frac{di_4}{dt} - M_{m5} \frac{di_5}{dt} - M_{m6} \frac{di_6}{dt} - M_{m7} \frac{di_7}{dt} - \\ M_{m8} \frac{di_8}{dt} - M_{m13} \frac{di_{13}}{dt} - M_{m14} \frac{di_{14}}{dt} - M_{m15} \frac{di_{15}}{dt} - M_{m16} \frac{di_{16}}{dt} + e(i_{15} + i_{16} + i_7 + i_8 - \\ i_{13} - i_{14} - i_{15} - i_{16}) + R_m i_m = 0 \\ L_j \frac{di_9}{dt} + M_{j6} \frac{di_6}{dt} + M_{j7} \frac{di_7}{dt} + M_{j8} \frac{di_8}{dt} - M_{j9} \frac{di_9}{dt} - M_{j10} \frac{di_{10}}{dt} - M_{j11} \frac{di_{11}}{dt} - M_{j12} \frac{di_{12}}{dt} - \\ M_{j1} \frac{di_1}{dt} - M_{j2} \frac{di_2}{dt} - M_{j3} \frac{di_3}{dt} - M_{j4} \frac{di_4}{dt} + e(i_9 + i_{10} + i_{11} + i_{12} - i_1 - i_2 - i_3 - \\ i_4) + R_{jij} = 0 \\ L_k \frac{di_9}{dt} + M_{k10} \frac{di_{10}}{dt} + M_{k11} \frac{di_{11}}{dt} + M_{k12} \frac{di_{12}}{dt} - M_{k13} \frac{di_{13}}{dt} - M_{k14} \frac{di_{14}}{dt} - M_{k15} \frac{di_{15}}{dt} - \\ M_{k16} \frac{di_{16}}{dt} - M_{k5} \frac{di_5}{dt} - M_{k6} \frac{di_6}{dt} - M_{k7} \frac{di_7}{dt} - M_{k8} \frac{di_8}{dt} + e(i_{13} + i_{14} + i_{15} + i_{16} - i_5 - \\ - i_6 - i_7 - i_8) + R_{9ij} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n \frac{di_{13}}{dt} + M_{n14} \frac{di_{14}}{dt} + M_{n15} \frac{di_{15}}{dt} + M_{n16} \frac{di_{16}}{dt} - M_{n1} \frac{di_1}{dt} - M_{n2} \frac{di_2}{dt} - M_{n3} \frac{di_3}{dt} - \\ M_{n4} \frac{di_4}{dt} - M_{n9} \frac{di_9}{dt} - M_{n10} \frac{di_{10}}{dt} - M_{n11} \frac{di_{11}}{dt} - M_{n12} \frac{di_{12}}{dt} + e(i_1 + i_2 + i_3 + i_4 - i_9 - \\ i_{10} - i_{11} - i_{12}) + R_n i_n = 0 \end{aligned}$$

Бунда: e - бошқа ўрам бўйича 1 А га тенг микдордаги ток оқиб ўтишида ўрамда юзага келадиган ЭЮК (ЭДС), L_i - коммутацияловчи ўрам индуктивлиги, M_i - коммутацияланаётган ўрамларнинг ўзаро индуктивлиги, R_i - коммутацияловчи ўрам қаршилиги, $m=1-4$ биринчи тўртинчи контурлар учун, $j=5-8$ бешинчи саккизинчи контурлар учун, $k=9-12$ тўққизинчи ўн иккинчи контурлар учун, $n=13-16$ ўн учинчи ўн олтинчи контурлар учун.

Паз схемасига биноан белгилашлар киритиш натижасида (6-расм) ва тенглаштирувчи бирикмаларни ҳисобга олган ҳолда қуйидаги тенгламалар тизимига эга бўлаемиз:

$$\begin{aligned} L \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_4}{dt} + n(I_2 - I_4) + RI_1 = 0 \\ L \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_3}{dt} - M \frac{di_1}{dt} + n(I_3 - I_1) + RI_2 = 0 \\ L \frac{di_3}{dt} - M \frac{di_4}{dt} - M \frac{di_2}{dt} + n(I_4 - I_2) + RI_3 = 0 \end{aligned}$$



6-расм. Якор пазни ўтказгичлар жойлашув схемаси

$$\begin{aligned} L \frac{di_4}{dt} - M \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_9}{dt} + n(I_1 - I_3) + RI_4 = 0 \\ R_{n1}(I_1 - I_3) + R_{тенг1} I_{тенг1} = 0 \\ R_{n2}(I_2 - I_4) + R_{тенг2} I_{тенг2} = 0 \end{aligned}$$

Бунда:

R_{n1} , R_{n2} - бир қутбли чўткасимон бракетлар орасидаги қўриқчалар қаршилиқлари;

$R_{тенг1}$, $R_{тенг2}$ - коммутацияловчи тенглаштирувчи бирикмалар қаршилиқлари. Лапас услубиётини қўллаган ҳолда юқоридаги тенгламалар тизимини қуйидагича тасвирини тузамиз:

$$\begin{aligned} P[L I_1(p) - M I_2(p) - M I_4(p)] + n I_2(p) + R I_1(p) - n I_4(p) = L i_1(0) - \\ M i_2(0) - M i_4(0) \\ P[L I_2(p) - M I_3(p) - M I_1(p)] + n I_3(p) + R I_1(p) - n I_2(p) = L i_2(0) - \\ M i_3(0) - M i_1(0) \end{aligned}$$

$$P[L I_3(p) - M I_2(p) - M I_4(p)] + n I_4(p) + R I_2(p) - n I_3(p) = L i_3(0) - M i_2(0) - M i_4(0)$$

$$P[L I_4(p) - M I_1(p) - M I_3(p)] + n I_1(p) + R I_3(p) - n I_4(p) = L i_4(0) - M i_1(0) - M i_3(0)$$

$$R_{n1} I_1(p) - R_{n1} I_3(p) - R_{yp1} I_{yp1}(p) = 0$$

$$R_{n2} I_2(p) - R_{n2} I_4(p) - R_{yp2} I_{yp2}(p) = 0$$

Магнит тизимининг абсолют симметрия ва тенглаштирувчи бирикмалар ва бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги кўприкчалар ўзининг орасидаги актив қаршилиқлар ҳисобга олинмаган ҳолатларда характеристик тенгламалар тизими ечими қуйидаги кўринишда бўлади:

$$I_1 = A_1 \sin(\omega \cdot t + \varphi_1)$$

$$I_2 = A_2 \sin(\omega \cdot t + \varphi_2)$$

$$I_3 = A_3 \sin(\omega \cdot t + \varphi_3)$$

$$I_4 = A_4 \sin(\omega \cdot t + \varphi_4)$$

Бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги тоқлар:

$$i_{B1}(t) = \frac{A_1 + A_3}{2} \sin(\omega \cdot t + \varphi_1);$$

$$i_{B2}(t) = \frac{A_2 + A_4}{2} \sin(\omega \cdot t + \varphi_1 - \pi);$$

Фаза бўйича куйида кўрсатилган бурчакка сиқилилади $\varphi = \frac{360}{n}$;

Тенглаштирувчи симлар ва бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги кўприкчаларнинг актив қаршилиқлари R_{yn} ни, магнит тизими геометриясининг асимметриясини ҳисобга олишда ҳамда тенгламалар тизимини ҳал қилишдаги турли нуқсонларда фақат нолли ва комплекс уйғунлашган қийматли илдишлар пайдо бўлмай, бу эса тенгликларнинг натижаларини аниқлатади. Шундай қилиб, бир кутбали чўткали бракетлардан олинмаган сигналлар нафақат амплитудаси балки фазаси бўйича ҳам фарқ қилади $\varphi = \frac{360}{n} \pm \Delta\varphi$. Сигнал қийматлари $\pm \Delta\varphi$ ва уларнинг турли амплитудалари магнит тизими геометриясининг асимметриясини ва ТЭМ нуқсонлари мавжудлигини тавсифланди.

Диссертациянинг «Экспериментал тадқиқотлар ва тепловоз тортув кўчлари айланма тебраниялари параметрларини пасайтириш бўйича техник ечимларни асослаб бериш» деб номланган тўртинчи боби тадқиқот натижаларини амалда қўлланилишига қаратилган. Экспериментал тадқиқотлар услубиёти асосида доимий ток электр машинаси ишлашида юз берадиган физик ходисалар тўғрисидаги асосий тушунчалар ётади. электр машинаси ишлашида бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги уланмаларда ток пульсацияланишлари юзага келади; пульсацияланишлар якорь чўлғамидан ташқарида бир кутбали чўткали бракетлар орасида туташтирилган контурларнинг Р-фазали тизими мавжудлиги туфайли келиб чиқиб, тайёрлаш ноаниқлиги, подшипниклардаги зазорлар ва валнинг озроқ буқилиши туфайли якорь ва кутбали орасида зазорнинг вақти-вақти билан ўзгариши ҳисобиغا сақлаб турилади; ток пульсацияланишларини тўтиб туриш сабаби қандай бўлмасин, охир-оқибатда улар икки кутбали айланувчан магнит майдонини яратди ва якорнинг подшипниклар орқали статорга узатадиган тебранияларини акс эттирди; икки

кутбли айланадиган магнит майдони бир томонлама магнит тортишувининг ўзарувчан таркибий қисми пайдо бўлишига олиб келиб, у ўз навбатида, бир кутбали чўткали бракетларда кўшимча ток пульсацияланишини келтириб чиқаради.

Тадқиқот учун тажриба мақсадидаги иккита ТЭМ жиҳозланди. Улардан бирининг куйи бош кутуби тағида қалинлиги 1 мм ли қистирма ётқизилган. Бошқаси, яъни «иккинчисига» қистирма қуйилмаган. «Биринчи» ТЭМ да кучланиш тушишларини ёзиб олиш учун барча бош кутбалиларда сим учлари чиқарилган. «Иккинчи» ТЭМда симлар юқори ва куйи бош кутбалилар яқиндан чиқарилган. Чиққан сим учлари жуфтма-жуфт қилиб резина трубкалар билан ҳамояланган ва вентиляция тирқишини беркитиб турган тўр (сетка) орқали ташқарига чиқарилиб, бу ерда осциллограф симлари билан бирлаштирилган. Ҳар иккита ТЭМ да бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги уланмаларда, улардаги тоқларни ёзиб олиш учун, шунтлар ўрнатилди. Бир параметрни ёзиб олиш учун иккита сим бифиллар тарзда ўралиб, экранлаштирилди. Ёзув кiritиш доимий ток тармоғидан таъминланмаган Н 085.2 осциллографига амалга оширилди. Қайд қилиш учун ташқи занжирнинг ҳар қандай қаршилиғида ёзувлар қилиш имконини берадиган суюқликли тинчигичли М041-2,5К гальванометрлари ишлатилган. Гальванометрнинг ўз частотаси 2500 Гц. Филтрлар қўлланмаган. Шу тарзда куйидаги ахборот ёзиб олинди: $\Delta U_1 \div \Delta U_4$ - «биринчи» ТЭМнинг бош кутбалиларда кучланиш пасайиши; $\Delta U_1 \div \Delta U_3$ - «иккинчи» ТЭМнинг юқори ва куйи кутбалиларда кучланиш пасайиши; Γ , Γ - бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги тоқлар. Осциллограф билан ўлчаш ҳам завод шароитларида стендда, тўғрилланган кучланиш манбаидан, шунингдек реал эксплуатация шароитларида ўтказилди. Экспериментал тадқиқотлар натижалари куйидагиларни кўрсатди. бурчаклар $\pm \varphi$ с ни фақат электрон-нурли осциллографда талаб даражасидаги аниқлик билан топиш мумкин (ўз-ўзича ёзадиганга нисбатан кенгроқ ёйилиш тезлиги эга булган икки каналли осциллографда яхшироқ); якорь реакция манзаранинг кучли ва номунгазам бузилишига олиб келиб, ана шу ходисага кўра ТЭМ магнит тизими геометриясининг асимметрияси тўғрисида миқдор ва сфати жиҳатидан объектив хулоса чиқариш мумкин бўлади; бир кутбали чўткали бракетларда ток пульсацияланиши частотаси ва амплитудаси ТЭМ юкламасига боғлиқ; вибродинамик юкламалар частотаси бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги ток пульсацияланиши частотасига нисбатан кичикроқ.

Натижада - резонанс ва ТЭМ яқори урилишлари каби иш режимларини аниқлаш имкони мавжуд бўлди; магнит тизими геометриясининг асимметриясини аниқлаш учун услубиёт ва стенд талаб этилиб, ана шу стендда бир кутбали чўткали бракетлар орасидаги ток тебраниялари тавсифлари ТЭМга куч туширмаган ҳолда етарли даражадаги аниқлик билан топили.

ТЭМларга куч юкламасини туширмаган ҳолда уларни тезлик тавсифларига кўра танлаш учун услубиётларини ишлаб чиқилиб, ТЭМ ни кучланиш билан юкламаган ҳолда тезлик тавсифларига кўра танлаш бўйича «Ҳалқасимон чулғамли ва яқорида тенглаштирувчи қаршилиқлари бўлган доимий ток электр машинасини назорат қилиш усули» ихтироси формуласининг-алоҳида кўриниши

бўлиб, у (назорат қилиш учун) қўйидаги операцияларни кўзда тутилади. Натيجада турли кутбларга эга бўлган бир кутбни чўткали бракетлар орасидаги кучланиш фазасини ёки амплитудасини ва ток фазасини ўлчаш; кўзгатиш чулғамидаги кучланишни турғунлаштириш; якорнинг айланиш частотасини ўлчаш; кўзгатиш чулғами ва якор орасидаги кучланиш амплитудасини ўлчаш имконини яратилди.

Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар жараёнида электр машина цеҳида КИС қўйилган вазифага нисбатан (магнит тизими геометриясининг асимметриясини аниқлаш) бир неча услубиёт синаб кўрилди, унда икки нурули СИ – 83 осциллографини қўлланган ҳолдаги услубиёт тайёрланган асбобдан фойдаланиб қўлланадиган услубиёт (унга параллел тарзда уланган СИ-83 осциллографидан ташқари), у қуйидагиларни миқдор жиҳатидан аниқлаш имконини берди; бир кутбни чўткали бракетлар орасидаги сигнал (ток, кучланиш) амплитудасини аниқлаш; бракетлардан келатган (турли комбинаторикада, яъни «фазада», «аксилфазада») тайёрланган фазометр киришига узатилган чикши сигнални аниқлаш имконини берадиган, тайёрланган асбобдан фойдаланиб (унга параллел тарзда уланган СИ-83 осциллографидан ташқари) қўлланадиган, СИ - 83 осциллографини уламаган ҳолда иккинчи банд бўйича услубиёт яратилди.

1-жадвал
СИ-83 осциллографини уламаган ҳолда ўтказиладиган услубиёт

№ Кир	Асбоб кўрсаткичлари. дел *2,5	Асбоб кўрсаткичлари. дел *25	Асбоб кўрсаткичлари. дел *25	режим
КН хоналари				
1-кириш	0,1	10,5	10,5	U=80В; ТЭМ 1; I=50А; n=550
2-кириш	0,05	0,3+3,5	2,0+4,0	айл/дак айланиш
Кириш умумий	0,05	0,4	0,5	ўнглдан чапга
1-кириш	0,5	10,8	13,0	U=80В; ТЭМ 1;
2-кириш	0,5	1,0	4,0	I=45А; n=600
Кириш умумий	0,1	0,8	0,5	айл/дак айланиш
1-кириш	0,05	2,5	2,4	ўнглдан чапга
2-кириш	0,05	2,4	15,7	U=80В; ТЭМ 2;
Кириш умумий	0,05	0,5	0,5	I=35А; n=630
1-кириш	0,5	23,5	17,0	айл/дак айланиш
2-кириш	0,1	21,0	13,0	ўнглдан чапга
Кириш умумий	0,05	0,1	0,1	U=80В; ТЭМ 2; I=35А; n=570
				айл/дак айланиш
				ўнглдан чапга

Тезлик тавсифларини сифатли аниқлашнинг мақсадга мувофиқ услубиётида, СИ-83 осциллографини уламаган ҳолда ўтказиладиган услубиёт мақсадга мувофиқ деб эътироф этилди.

Ўлчашлар тузилган йўриқномага мувофиқ амалга оширилди (йўриқнома илова қилинади). Ўлчашлардан бирининг натижалари 1-жадвалда берилди.

Шундай қилиб, олиб борилган илмий тадқиқот ишлари асосида магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерини вужудга келишига таъсир этувчи омиллар ўрганилиб, тепловозларнинг гилдирак-мотор блоки динамик моделини тузиш орқали тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги айланма тебраниш характерини аниқлаш, тортув электр моторларини тезлик таснифлари бўйича, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш, характерланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустақамлик ресурсларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилди ва магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларини модернизация қилиш ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш концепцияси «Ўзтемирйўлмаштаъмир» УК да амалиётга жорий этилди. Иқтисодий самарадорлик 2021-2022 йиллар давомида 335,34 млн. сўмни ташкил қилди.

ХУЛОСА

1. Магистрал тепловозларнинг узел ва агрегатлари материалларининг мустақамлигига таъсир этувчи тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебранима характерини вужудга келишига таъсир этувчи омиллари изоҳланади.
2. Магистрал тепловозларнинг гилдирак-мотор блоки моделини асослашиб, тортув узатмалари айланма тебраниш характерини Лагранж услуби ва тенгламаларини, ҳамда тенгламаларни ечишда Матрица усулини, Крамер формулалари асосида, бир турдаги ва хусусий гилдирак-мотор блоки айланма тебраниш аниқлаш тенгламалари тавсия этилди.
3. Магистрал тепловозларнинг тортув электр моторлари тезлик таснифлари, уларга куч туширмаган ҳолда танлаш услубиётини занжир учун Крихгофнинг занжир учун иккинчи қонуни, Лаплас услубиёти ва Жордан-Гаусс услубиётилари асосида асосланди.
4. Магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларидаги тортиш кучлари айланма тебраниш характерига таъсир этувчи тортув узатмаси редукторининг шестерня – гилдирак емирилиш жадаллигини камайтириш усули тавсия этилди.
5. Магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларининг узеллари ўлчамлари ва массаси асосида, гилдирак-мотор блокида кучни узатиш жараёнида вужудга келадиган айланма тебраниш характерини аналитик-рақамли услуби

РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc 15/27.02.2020.T.73.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕННЫХ
СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

МАМАЕВ ШЕРАЛИ ИБРОХИМОВИЧ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ РЕСУРСОВ МАТЕРИАЛОВ
КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ
И ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и
электрификация

05.02.01-Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия
чёрных, цветных и редких металлов. Технология уникальных, редких и
радиоактивных элементов

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент-2021

тавсия этилди.
6. Магистрал тепловозларнинг тортув электр моторларини тезлик
тавсифлари буйича, уларни куч билан юкламаган ҳолда танлаш услуги тавсия
этилди.

7. Темир йўл харакатланувчи таркиб қисимлари материаллари колдик ва
мустаҳкамлик ресурслари, магистрал тепловозларнинг тортиш узатмаларини
модернизация қилиш ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш концепцияси
тавсия этилди.

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2021.3. PhD/11768

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tashit.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyoueb» по адресу (www.ziyoueb.uz).

Научный руководитель:

Файзбаев Шерзод Собирович
Доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Курболов Жанибек Файзуллаевич
Доктор технических наук (DSc), доцент

Набиев Эльман Саядович
кандидат технических наук, доцент.

Ведущая организация:

Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится « 4 » 12 2021 г. в 12 часов на заседании разового научного совета при научном совете DSc.15/27.02.2020.T.73.02 при Ташкентском государственном транспортном университете по адресу 100167, г. Ташкент, ул. Темиръулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: www.tstu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер **0123**). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Темиръулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66; e-mail: www.tstu.uz).

Автореферат диссертации разослан « 22 » 11 2021 года.
(протокол рассылки № 4 от « 1 » 11 2021 года).



А.В. Умаров
Протокол разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Э.У. Тешабоева
Ученый секретарь-референт научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Ш.С. Файзбаев
Председатель разового научного семинара при разовом научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире широко применяются тяговые двигатели постоянного тока в колесных моторных блоках современного подвижного состава. С целью обеспечения соответствия требованиям по эффективному использованию тепловозов необходимо продлить срок службы колёсно-моторных блоков локомотивов после текущего капитального ремонта, повысить надежность за счет модернизации конструктивных узлов при капитальном ремонте. Поэтому актуально проводить научно-исследования в области методов математического моделирования для прогнозирования свойств и ресурсов магистральных локомотивов с целью определения и продления срока службы материалов и компонентов колесно-моторного блока без их нарушения.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по увеличению ресурса колёсно-моторного блока тепловозов, математическое моделирование и расчет колебательных движений в тяговых передачах магистральных локомотивов для экономии материально-технических ресурсов, для быстрого определения остаточных и прочностных ресурсов материалов и изделий, об определении влияния асимметрии геометрии магнитной системы тяговых двигателей на вращательно-колебательное движение сил тяжести, влияние интенсивности трения шестерен тягового редуктора на вращательное колебательное движение, методы подбора коэффициента сцепления рельса и колеса, мощность тепловозного дизеля за счет применения тяговых двигателей без приложения к ним силы, по повышению эффективности подвижного состава и разработке методик определения остаточного и прочностного ресурса железнодорожного подвижного состава.

В Республике осуществляются меры по развитию транспортной сферы, в т.ч. совершенствованию инфраструктуры железнодорожного транспорта, расширение участков движения высокоскоростного подвижного состава, а также электрификации существующих железнодорожных территорий (зон). В Стратегию действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан указаны такие задачи, как «... повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... активная инвестиционная политика, направленная на решение транспорт-коммуникационных и социально-инфраструктурных проектов, техническое и технологическое обновление производства, внедрение в производство энергосберегающих технологий...»¹ и др. В этом смысле, особую актуальность приобретают научные исследования, направленные и на улучшение вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов, повышение мощности получаемой тепловозом от дизеля, повышение эффективности подвижного состава и их моделирование, а также на определение остаточного и прочностного ресурсов материалов железнодорожного подвижного состава.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-2909 от 20 апреля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования», от 1 февраля 2019 года № УП-5647 «О мерах по коренному совершенствованию государственного управления в транспортной сфере» и Постановления Президента Республики Узбекистан № ПП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергоберегающих технологий», и в других нормативно-правовых документах, принятых данных сфере.

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

Степень изученности проблемы. Научные исследования по моделированию остаточных ресурсов материалов вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов железнодорожного транспорта осуществлялись такими учёными, как С.Ю.Матюшков, А.И.Беляев, И.В.Бирюков, Г.С.Михальченко, Д.В.Воробьев, А.Л.Лисицын, А.Н.Савоськин, Г.В.Самме, А.Д.Глуценко, Ш.С.Файзибаев, Г.А.Хромова, Р.В.Рахимов, В.И.Киселев, Е.О.Рүзметов, В.Н.Жидков, Д.К.Минов, В.И.Наумов, В.А.Могилевский, А.В.Грищенко, В.С.Островский, Н.С.Зайнидинов, М.Ш.Валиев, А.Т.Джаникулов, А.Н.Авдеева и др.

Ими были предложены теоретические основы моделирования и расчёта вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов, определения остаточного и прочностного ресурсов материалов железнодорожного подвижного состава, а также решения по усовершенствованным конструкциям и схемам технических средств, которые были внедрены в производство.

Вместе с тем, ведутся научные изыскания, направленные на разработку математических моделей вращательно-колебательного движения тяговых сил тяговых передач магистральных тепловозов, совершенствование методов моделирования вращательно-колебательного движения тяговых сил, создание новых высокоточных решений с линейными статическими и динамическими характеристиками, определение остаточного и прочностного ресурсов материалов железнодорожного подвижного состава, а также создание усовершенствованных конструкций и схем данных систем и их технических средств.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательским планом в рамках хозяйственного договора № 3 «Техническое обоснование повышения коэффициента сцепления

колесных пар локомотива с рельсом при движении поездов в условиях АО «Ўзбекистон темир йўллари» (2008-2010 гг.) Ташкентского государственного транспортного университета».

Цель исследования является повышение эффективности тяговые силы в тяговой передаче крутильного колебательного движения за счет моделирования возникающего износа зубчатых колес редуктора в магистральных тепловозов.

Задачи исследования:

определение факторы, влияющие на формирование вращательных вибрационных сил тяжести в тяговых передачах, влияющих на прочность материалов узлов и агрегатов магистральных локомотивов;

разработка метода определения вращательно-колебательного движения в тяговых передачах тепловозов путем составления динамической модели колесно-моторного блока магистральных тепловозов;

определение интенсивности разрушения шестерни-колеса редуктора тяговой передачи, оказывающего влияние на вращательно-колебательное движение тяговых сил тяговых передач магистральных тепловозов;

разработка алгоритма вращательных (крутильных) колебаний, возникающих в процессе передачи силы в колесно-моторном блоке магистральных тепловозов;

разработка метода выбора скоростных характеристик тяговых электромоторов магистральных тепловозов, не нагружая их при этом;

разработка метода выбора скоростных характеристик тяговых электромоторов магистральных тепловозов;

определение остаточного и прочностного ресурсов материалов железнодорожного подвижного состава;

усовершенствование оценки методов повышения надежности основных материалов и оборудования тяговых передач магистральных тепловозов на основе анализа;

разработка концепции модернизации и увеличения срока службы тяговых передач магистральных тепловозов.

Объектом исследования являются тяговый электромотор ЭД-118 А,Б в тяговых передачах магистрального тепловоза типа UZTE16M подвижного состава, а также зубья колес-шестерни цилиндрического редуктора.

Предметом исследования является методика выбора по скоростной характеристике тяговых электромоторов на тяговых передачах магистральных тепловозов и математическое моделирование влияния темпов разрушения (истирания) зубчатых колес редуктора колесно-моторного блока.

Методы исследования. Во время исследований были использованы уравнения сопротивления материалов, динамики и прочности машин, боксования колесных пар, а также статистическая теория Герца, метод Лагранжа и Гаусса, а также цифровые методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

научное обоснованные триботехнических факторов, влияющие на возникновение вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых

передачах колесно-моторных блоков, сокращающие срок службы узлов, приводящие к снижению коэффициента сцепления колес с рельсами магистральных тепловозов.

разработана динамическая модель колесно-моторного блока тепловоза UZTE16M для создания математических моделей вращательно-колебательного движения в тяговых передачах и применения закона сохранения энергии к системам уравнений;

разработана на основе теории Лагранжа методика определения вращательно-колебательного движения частной модели и одного вида колесно-моторного блока магистральных тепловозов.

разработана методика для цепи по выбору тяговых электромоторов магистральных тепловозов по их скоростным характеристикам, без их нагружения, при помощи законов Киргхофа, методик Лапласа и Джордана-Гаусса;

разработана математическая модель износа материалов редулятора-колеса, которая учитывает отрицательное влияние на вращательно-колебательного движения колесно-моторного блока магистральных тепловозов под внешних воздействий и перенапряжения;

научнообоснованы аналитико-цифровой метод исследования вращательно-колебательного движения, возникающего в процессе передачи силы в колесно-моторном блоке на основе геометрических размеров узлов тяговых электромоторов магистральных тепловозов;

определено на основе созданной аналитико-цифровой методики составили 33% остаточный и прочностной ресурсы материалов железнодорожного подвижного состава;

разработана концепция модернизации и продления ресурса колесно-моторного блока тяги магистральных тепловозов на основе алгоритма вращательных колебаний колесно-моторного блока, разработанного для созданной динамической модели и методов выбора по скоростных характеристикам тяговых двигателей.

Практические результаты исследования заключаются в:

разработаны модель вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистрального тепловоза и модель аналитико-цифрового метода, выбора по скоростным характеристикам тяговых электромоторов, не нагружая их при этом;

разработаны варианты выбора тяговых электромоторов магистральных тепловозов по их скоростным характеристикам, на основе принципиальной схемы, образцовые схемы автоматического управления запуском, торможением и реверсированием приводных асинхронных моторов, также разработан стенд и инструкция для определения скоростных характеристик тяговых электромоторов путем создания функциональной блок-схемы устройства, разработанной в целях стабилизации частоты якоря тяговых электромоторов;

разработана концепция модернизации и увеличения срока службы тяговых передач магистральных тепловозов.

Достоверность результатов исследования подтверждается осуществлением исследований с использованием современных методов, а также на основе правил электротехники, параметров тяговых электромоторов магистральных тепловозов на основе математических уравнений, соответствием полученных результатов результатам экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научное значение результатов исследования объясняется разработкой научных основ моделированием вращательно-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов, а также обособленных методов выбора тяговых электромоторов по их скоростным характеристикам, без приложения нагрузки на них.

Практическая значимость результатов исследований разработкой вариантов выбора тяговых электродвигателей по скоростным характеристикам при ремонте магистральных тепловозов, принципиальная схема выбора тяговых электродвигателей по скоростным характеристикам, типовые схемы управления автоматическим режимом торможения и реверсирования тягового асинхронного режима, служат для определения скоростных характеристик тяговых электродвигателей путем создания функциональной блок-схемы устройства, предназначенного для высокочастотной стабилизации частота якоря тяговых электродвигателей.

Внедрение результатов исследования. На основе моделирования крутильно(вращательно)-колебательного движения тяговых передач магистральных тепловозов:

разработанное устройство по определению скоростных характеристик было внедрено на УП «Ўзтемирийлмаштаъмир» в производство для определения скоростных характеристик тяговых электромоторов магистральных тепловозов (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» №01/2470-21 от 7 июня 2021 г.). В результате, за счет повышения точности определения и контроля скоростных характеристик тяговых электродвигателей удалось повысить их коэффициент выполнения работы на 17%.

методика выбора и оборудования тяговых электромоторов по их скоростным характеристикам, при этом не нагружая их, была внедрена в производство на УП «Ўзтемирийлмаштаъмир» для определения скоростных характеристик тяговых электромоторов тепловоза UZTE16M, с уравнением скорости вращения их электромоторов (справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» №01/2470-21 от 7 июня 2021 г.). В результате получена возможность увеличения сроков безремонтной работы тяговых электромоторов на 33 %, а коэффициент выполнения работы на 23 %.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования были обсуждены на 6, в том числе 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 11 научных статей, в числе которых 5 статей в республиканский и 6 статьи (1 в журнале базы SCOPUS) в зарубежном

журнале, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов в докторских диссертации (PhD).

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Объём диссертационной работы составляет 115 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и необходимость осуществлённого исследования по теме диссертации, показано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цели и задачи исследования, охарактеризованы его объект и предмет, раскрыта научная новизна исследования и его основные результаты, обоснована его достоверность, раскрыта научное и практическое значение, приводятся данные по внедрению результатов исследования в практику, а также по изданным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации приведены «Состояние вопроса. Постановка задач исследования» приведен анализ факторов, оказывающих влияние на вращательно-колебательное движение тяговых передач магистральных тепловозов обоснован при помощи научно-технической литературы. Как показывает анализ исследований, осуществлённых в целях устранения факторов, оказывающих влияние на возникновение вращательно-колебательного движения тяговых передач магистральных тепловозов, при помощи уделения большего внимания на это направление можно будет повысить коэффициент сцепления между колесной парой и рельсом. Проблема эффективного движения подвального состава и его эксплуатации показывает, неразрывность решения задачи совместного сцепления колеса и рельса на точке его опирания на рельсы, необходимость уделения большего внимания увеличению тяговой силы по сцеплению, а также на изучение крутильно(вращательно)-колебательного движения, возникающего между тяговым мотором-редуктором-колесной парой в целях улучшения работы тепловозов.

В результате крутильно(вращательно)-колебательное движение тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов оказывает негативное влияние на взаимодействие между колесом и рельсом. При помощи анализа научных исследований, а также изучения физических моделей, объясняющих проявление силы трения между колесом и рельсом магистральных тепловозов, возникновение силы сцепления опять же между колесом и рельсом, опытных данных, полученных при помощи изучения опытов по определению коэффициента сцепления между колесом и рельсом, и проведённых Н. Н. Меньшутинным, А. А. Ренгевичем и О. М. Янсоном, а также того факта, что согласно формуле проф. Г. М. Шахунянца ускорение скорости скольжения от 0,8 до 2% приводит большому стачиванию (истиранию) рельсов в 2,3 раза в результате общего скольжения колес, и требований, предъявляемых к

электрическим схемам, напарленным на предотвращение развития бокования, статистическая теория Герца при определении коэффициента крипа, выражающий уровень бокования, методов Картера по определению продольного и поперечного крипов, взаимосвязи сил крипа при качении колеса с рельсом показали необходимость глубокого изучения и анализа его взаимосвязи с рельсом.

В результате критического анализа литературы, а также изучения крутильно(вращательно)-колебательного движения тяговых сил в тяговых передачах магистральных тепловозов было выделено об уменьшении силы сцепления между колесом и рельсом, также об мощности, получаемой тепловозом от дизеля. В целях увеличения коэффициента сцепления были определены возможности выбора тяговых электромоторов по их скоростным характеристикам, направленным при этом на предотвращение крутильно(вращательно)-колебательного движения и зависимость темпов разрушения (истирания) зубчатых колес редуктора от пути, пройденной подвижным составом.

Во второй главе диссертации «**Материалы тяговых передач магистральных тепловозов, теория и способы вращательно-колебательного движения**» посвящена объекту научного исследования и выбору методов исследования, взаимосвязи вращательно-колебательного движения в тяговых передачах магистральных тепловозов с взаимодействием между колесом и рельсом, уровни разрушения (истирания) редуктора тягово-моторного блока от крутильно(вращательно)-колебательного движения в тяговых передачах, а также путем правильного подбора смазки в целях предупреждения разрушения (истирания) обеспечивает применение метода уменьшения зазора между колесом и рельсами.

Проанализированы упрощенная теория, подразумевающая взаимодействие колеса и рельса в результате вращательно-колебательного движения в тяговых передачах магистральных тепловозов, а также её уточненная теория, динамическая теория, квазистатическая теория и плоская теория. Кроме того, были изучены теория Картера во взаимовлиянии (взаимодействии) колеса и рельса в процессе качения, теория Джонсона и Вермюллера, теория пленок Холлинга, Хайенса и Олвертона, линейная теория Колкера, уточненная теория крипов и теория эмпирической модели Колкера, было проанализировано влияние на рассчитываемый объект.

В третьей главе диссертации «**Моделирование вращательно-колебательного движения тяговых передач магистральных тепловозов**» подробно освещены вопросы математического моделирования вращательно-колебательного движения тяговых передач тепловозов, а также способы и методики расчётного обоснования выбора тяговых электромоторов тяговых передач тепловозов, создающих вращательно-колебательное движение в колесно-моторном блоке, по их скоростным характеристикам, при этом не нагружая их.

Исходя из целей и задач исследования был выбран тепловоз UZTE16M, модернизированный УП «Узтемирйўлмаштаъмир», принадлежащем АО «Ўзбекистон темир йўллари». Была составлена динамическая модель секции тепловоза данного типа (рис.1). На основе приведенной динамической модели было предусмотрено математическое моделирование вращательно-колебательного движения тяговых передач тепловозов и аналитическое обоснование методики выбора тяговых электромоторов, создающих вращательно-колебательное движение, по их скоростным характеристикам, при этом не нагружая их. Таким образом была обеспечена достоверность результатов исследования.

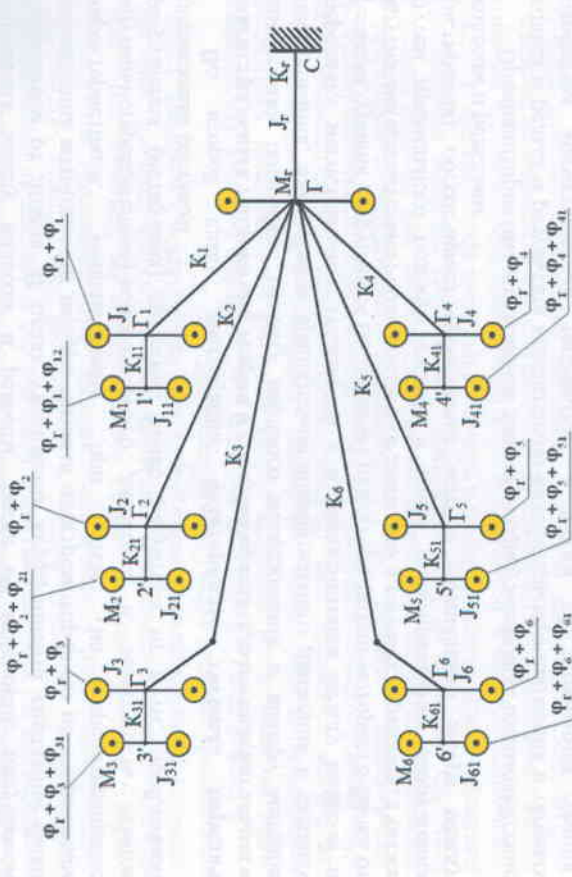


Рисунок -1. Динамическая модель секции тепловоза типа UZTE16M

Для этой математического моделирования приведенной динамической модели необходимо привести следующие показатели:

1. Моменты инерции: $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, J_6, J_{11}, J_{21}, J_{31}, J_{41}, J_{51}$ и J_{61} .
2. Крутящие моменты: M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 и M_6 .
3. Упругость якорей: $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_{11}, K_{21}, K_{31}, K_{41}, K_{51}$ и K_{61} .
4. На модели (рис.1) учтены следующие функции упругих вращательных (крутильных) колебаний:

$\varphi_r(t)$ - через упругую связь, имеющую твердость вращения K_r угловых колебаний якоря тягового генератора принадлежит статору (дизелю):

- вращательные (крутильные) колебания, приведенные в K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 , и K_6 во вращательной (крутильной) твердости $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \varphi_3(t), \varphi_4(t), \varphi_5(t)$ и $\varphi_6(t)$, тяговые электромоторы (ТЭМ) J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 , и J_6 моменты инерции по

отношению к якорю тягового генератора J. Следующими по очереди выполняются приведенные уравнения, которые в целях упрощения решаются по расчетной схеме, согласно изображенного на рисунке 1 одного колесно-моторного блока.

Для моделирования вращательных (крутильных) колебаний в колесно-моторном блоке (КМБ) тепловоза методом и уравнениями Лагранжа.

Составим следующие уравнения для динамической связи между генератором и колесной парой:

Создадим уравнение кинетической энергии:

$$T = \frac{1}{2} \left[J_r \left(\frac{d\varphi_r}{dt} \right)^2 + J_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt} \right)^2 + J_{11} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{11}}{dt} \right)^2 + J_2 \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_2}{dt} \right)^2 + J_{21} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{21}}{dt} \right)^2 + J_3 \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_3}{dt} \right)^2 + J_{31} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{31}}{dt} \right)^2 + J_4 \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_4}{dt} \right)^2 + J_{41} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{41}}{dt} \right)^2 + J_5 \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_5}{dt} \right)^2 + J_{51} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{51}}{dt} \right)^2 + J_6 \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_6}{dt} \right)^2 + J_{61} \left(\frac{d\varphi_r}{dt} + \frac{d\varphi_{61}}{dt} \right)^2 \right]$$

Уравнение потенциальной энергии упругой деформации:

$$П = \frac{1}{2} \left(K_r \varphi_r^2 + K_1 \varphi_1^2 + K_2 \varphi_2^2 + K_3 \varphi_3^2 + K_4 \varphi_4^2 + K_5 \varphi_5^2 + K_6 \varphi_6^2 + K_{11} \varphi_{11}^2 + K_{21} \varphi_{21}^2 + K_{31} \varphi_{31}^2 + K_{41} \varphi_{41}^2 + K_{51} \varphi_{51}^2 + K_{61} \varphi_{61}^2 \right)$$

Работы сил, моментов движущих сил и инерции, оказывающих сопротивление вращению

$$\delta A = \left[M_r \delta \varphi_r - M_1 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_{11}) - M_2 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_2 + \delta \varphi_{21}) - M_3 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_3 + \delta \varphi_{31}) - M_4 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_4 + \delta \varphi_{41}) - M_5 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_5 + \delta \varphi_{51}) - M_6 (\delta \varphi_r + \delta \varphi_6 + \delta \varphi_{61}) \right]$$

С учетом закона сохранения энергии, а также равенства (уравнения), указанные наверху, согласно метода Лагранжа создадим уравнения по угловым колебаниям, возникающим на генераторе (φ_r), тяговом электромоторе (φ_i) и колесной паре (φ_{i1}):

$$\begin{aligned} \varphi_r (J_r + J_1 + J_{11}) + K_r \varphi_r + (J_1 + J_{12}) \ddot{\varphi}_1 + J_{11} \ddot{\varphi}_{11} &= M_r - M_1 \\ (J_r + J_1) \ddot{\varphi}_r + (J_r + J_1) \ddot{\varphi}_1 + K_1 \varphi_1 + J_{11} \ddot{\varphi}_{11} &= -M_1 \\ J_{11} \ddot{\varphi}_r + J_{11} \ddot{\varphi}_1 + K_{11} \varphi_{11} &= -M_1 \end{aligned}$$

Решения системы уравнений Лагранжа суммируются из двух составных частей:

- 1) системы уравнений одного вида, правая часть которых равна нулю.
- 2) частные решения, связанные с функцией нагрузок $M_r(t)$ и $M_i(t)$. Частные решения, связанные с функцией нагрузок $M_r(t)$ и $M_i(t)$ были осуществлены в виде $M_r(t) = M_r \cos \omega t$ и $M_i(t) = M_i \cos \omega t$.

Установкой произвольных значений функции в уравнения Лагранжа, в результате упрощений получим следующее:

$$\begin{aligned} A_{11} \varphi_r + A_{12} \varphi_1 + A_{13} \varphi_{11} &= M_r - M_1 \\ A_{21} \varphi_r + A_{22} \varphi_1 + A_{23} \varphi_{11} &= -M_1 \end{aligned}$$

$$A_{31} \varphi_r + A_{31} \varphi_1 + A_{33} \varphi_{11} = -M_1$$

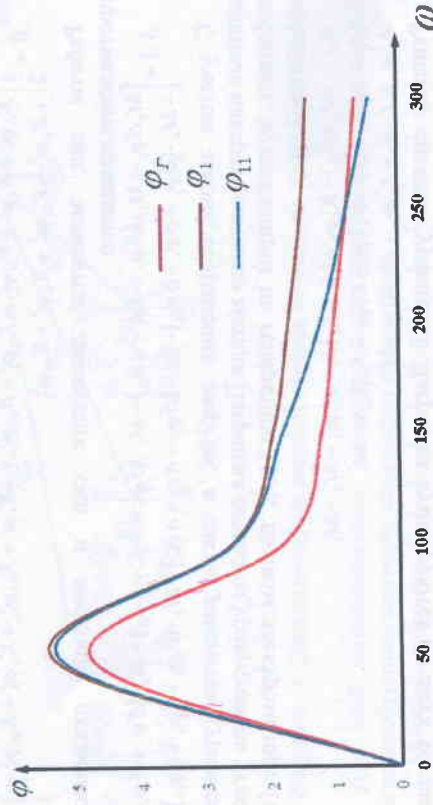
При помощи этой системы уравнений и с применением метода матриц и формул Крамера можно определить следующие:

$$\Delta = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix} \quad \varphi_r = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} M_r - M_1 & A_{12} & A_{13} \\ -M_1 & A_{22} & A_{23} \\ -M_1 & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix}$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} A_{11} & M_r - M_1 & A_{13} \\ A_{21} & -M_1 & A_{23} \\ A_{31} & -M_1 & A_{33} \end{vmatrix} \quad \varphi_{11} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & M_r - M_1 \\ A_{21} & A_{22} & -M_1 \\ A_{31} & A_{32} & -M_1 \end{vmatrix}$$

С использованием указанных наверху уравнений можно получить данные и для остальных пяти КМБ.

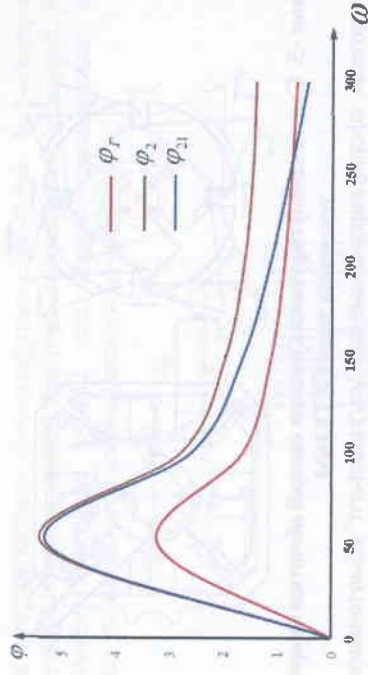
Необходимо привести численные значения факторов, оказывающих влияние на крутильно(вращательно)-колебательное движение. В таких случаях, при разработке алгоритма и расчёта вращательных (крутильных) колебаний колесно-моторного блока тепловоза УЗТЭ16М, определим уравнения по значениям, полученным с шагом 50 рад/с по норме от $\omega = 50 \text{ рад/с}$ до $\omega = 300 \text{ рад/с}$, вычислим графики взаимосвязи колебаний с частотой вращения (кручения) для разных степеней твердости.



Упругость валов якоря:

$$K_r = 7,55 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_1 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{11} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

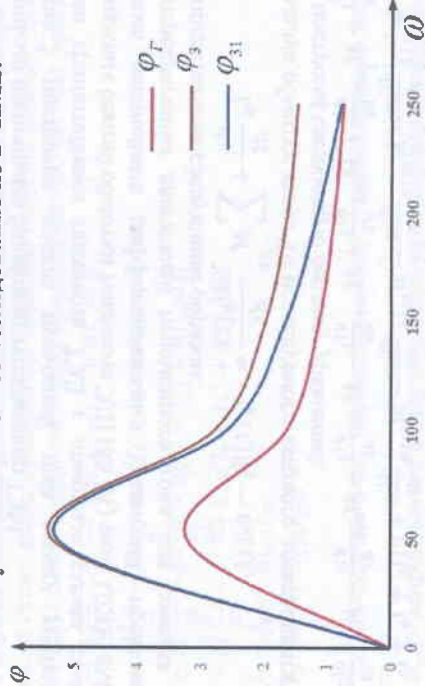
Рисунок -2. Расчётное исследование по 1- КМБ.



Упругость валов якоря:

$$K_r = 1 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_2 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{21} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

Рисунок -3. Расчётное исследование по 2- КМБ.



Упругость валов якоря:

$$K_r = 2 \cdot 10^4 \text{ кгм/рад}; K_3 = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}; K_{31} = 5,87 \cdot 10^6 \text{ кгм/рад}$$

Рисунок -4. Расчётное исследование по 3- КМБ.

Для аналитического обоснования методики выбора тяговых электромоторов по скоростным характеристикам, без их нагружения, примем следующие предположения: токи по соединениям внутри однополярных щеточных бракетов протекают в произвольном направлении; внутри якорной обмотки эти токи замыкаются через проводники в зоне коммутации; на токи в коммутируемых контурах попадают составные части тока, протекающего через однополярные щеточные бракеты; магнитные и электрические цепи в исследуемом диапазоне линейны.

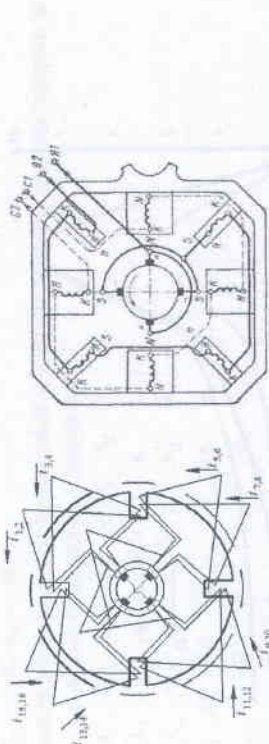


Рисунок 5. Схема коммутирующих витков секций обмотки якоря ТЭД тепловоза типа УЗТЕ16М

Эти гипотезы, сформулированные для "лягушачьего" обмоточного тягового генератора, работающего под большими нагрузками, еще больше подходит для ТЭМ с кольцевыми обмотками и уравнительными сопротивлениями, якорь которого при этом не нагружается. Построим модель пульсации тока между однополярными щеточными бракетами тепловозного ТЭМ.

На рис.5 построена модель пульсаций тока между униполярными щеточными кронштейнами тепловоза ТЭД с помощью схемы коммутации обмоток верхних секций обмотки тепловоза ЭД118Б (А) типа УЗТЕ16М.

Система нелинейных дифференциальных уравнений, представляющая процесс переключения двигателей переменного тока для сечения обмотки $q=1, \dots, N$, представлена следующим образом:

$$L_k \frac{di_1}{dt} + \sum_{1k} M \frac{di_k(t)}{dt} = -i_k(t)R_k - e_{nk}(t)$$

Используя обмотку якоря 16 исследуемого тягового электродвигателя ЭД-118Б (А), построим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} L_m \frac{di_1}{dt} + M_{m2} \frac{di_2}{dt} + M_{m3} \frac{di_3}{dt} + M_{m4} \frac{di_4}{dt} - M_{m5} \frac{di_5}{dt} - M_{m6} \frac{di_6}{dt} - M_{m7} \frac{di_7}{dt} - \\ M_{m8} \frac{di_8}{dt} - M_{m13} \frac{di_{13}}{dt} - M_{m14} \frac{di_{14}}{dt} - M_{m15} \frac{di_{15}}{dt} - M_{m16} \frac{di_{16}}{dt} + e(i_5 + i_6 + i_7 + i_8 - \\ i_{13} - i_{14} - i_{15} - i_{16}) + R_m i_m = 0 \\ L_j \frac{di_5}{dt} + M_{j6} \frac{di_6}{dt} + M_{j7} \frac{di_7}{dt} + M_{j8} \frac{di_8}{dt} - M_{j9} \frac{di_9}{dt} - M_{j10} \frac{di_{10}}{dt} - M_{j11} \frac{di_{11}}{dt} - \\ M_{j12} \frac{di_{12}}{dt} - M_{j1} \frac{di_1}{dt} - M_{j2} \frac{di_2}{dt} - M_{j3} \frac{di_3}{dt} - M_{j4} \frac{di_4}{dt} + e(i_9 + i_{10} + i_{11} + i_{12} - i_1 - \\ - i_2 - i_3 - i_4) + R_j i_j = 0 \\ L_k \frac{di_9}{dt} + M_{k10} \frac{di_{10}}{dt} + M_{k11} \frac{di_{11}}{dt} + M_{k12} \frac{di_{12}}{dt} - M_{k13} \frac{di_{13}}{dt} - M_{k14} \frac{di_{14}}{dt} - \\ M_{k15} \frac{di_{15}}{dt} - M_{k16} \frac{di_{16}}{dt} - M_{k5} \frac{di_5}{dt} - M_{k6} \frac{di_6}{dt} - M_{k7} \frac{di_7}{dt} - M_{k8} \frac{di_8}{dt} + \\ i_{16} - i_5 - i_6 - i_7 - i_8) + R_9 i_9 = 0 \\ L_n \frac{di_{13}}{dt} + M_{n14} \frac{di_{14}}{dt} + M_{n15} \frac{di_{15}}{dt} + M_{n16} \frac{di_{16}}{dt} - M_{n1} \frac{di_1}{dt} - M_{n2} \frac{di_2}{dt} - M_{n3} \frac{di_3}{dt} - \\ M_{n4} \frac{di_4}{dt} - M_{n9} \frac{di_9}{dt} - M_{n10} \frac{di_{10}}{dt} - M_{n11} \frac{di_{11}}{dt} - M_{n12} \frac{di_{12}}{dt} + + e(i_1 + i_2 + i_3 + i_4 - i_9 - \\ i_{10} - i_{11} - i_{12}) + R_n i_n = 0 \end{aligned}$$

Где: e - ЭДС, возникающий в обмотке в результате протекания тока, равного 1 А, по другой обмотке; L_j - индуктивность коммутируемой обмотки,

M_j - взаиминдуктивность коммутируемых обмоток, R_k - сопротивление коммутируемой обмотки, $m=1-4$ для первого-четвертого контуров, $j=5-8$ для пятого-восьмого контуров, $k=9-12$ для девятого-двенадцатого контуров, $n=13-16$ для тринадцатого-шестнадцатого контуров.

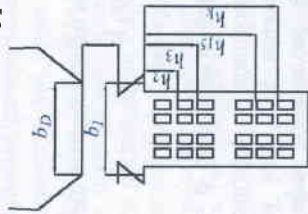


Рисунок 6. Схема расположения проводников паза якоря

Согласно схеме паза, в результате внесения отметок (знаков) (рис. 6) и с учётом уравнительных соединений получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} L \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_4}{dt} + n(I_2 - I_4) + RI_1 = 0 \\ L \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_3}{dt} - M \frac{di_1}{dt} + n(I_3 - I_1) + RI_2 = 0 \\ L \frac{di_3}{dt} - M \frac{di_4}{dt} - M \frac{di_2}{dt} + n(I_4 - I_2) + RI_3 = 0 \\ L \frac{di_4}{dt} - M \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_3}{dt} + n(I_1 - I_3) + RI_4 = 0 \\ R_{np1}(I_1 - I_3) + R_{yp1} I_{yp1} = 0 \\ R_{np2}(I_2 - I_4) + R_{yp2} I_{yp2} = 0 \end{aligned}$$

Где:

R_{n1}, R_{n2} - сопротивления перемычек между однополярными щеточными бракетами.

R_{yp1}, R_{yp2} - сопротивления коммутирующих уравнительных соединений.

Составим ниже следующее изображение системы уравнений с применением методики Лапласа:

$$\begin{aligned} P[LI_1(p) - MI_2(p) - MI_4(p)] + nI_2(p) + RI_1(p) - nI_4(p) = LI_1(0) - \\ MI_2(0) - MI_4(0) \\ P[LI_2(p) - MI_3(p) - MI_1(p)] + nI_3(p) + RI_1(p) - nI_2(p) = LI_2(0) - \\ MI_3(0) - MI_1(0) \\ P[LI_3(p) - MI_2(p) - MI_4(p)] + nI_4(p) + RI_2(p) - nI_3(p) = LI_3(0) - \\ MI_2(0) - MI_4(0) \\ P[LI_4(p) - MI_1(p) - MI_3(p)] + nI_1(p) + RI_3(p) - nI_4(p) = LI_4(0) - \\ MI_1(0) - MI_3(0) \\ R_{n1}I_1(p) - R_{n2}I_3(p) - R_{yp1}I_{yp1}(p) = 0 \\ R_{n2}I_2(p) - R_{n2}I_4(p) - R_{yp2}I_{yp2}(p) = 0 \end{aligned}$$

Между абсолютной симметрией и уравнительных соединений магнитной системы, и однополярных щеточных бракетов, в случаях, когда собственное

активное сопротивление бракетов не учитывается, решение системы характеристических уравнений принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} I_1 &= A_1 \sin(\omega \cdot t + \varphi_1) \\ I_2 &= A_2 \sin(\omega \cdot t + \varphi_2) \\ I_3 &= A_3 \sin(\omega \cdot t + \varphi_3) \\ I_4 &= A_4 \sin(\omega \cdot t + \varphi_4) \end{aligned}$$

Токи, существующие среди однополярных щеточных бракетов:

$$i_{B1}(t) = \frac{A_1 + A_3}{2} \sin(\omega \cdot t + \varphi_1);$$

$$i_{B2}(t) = \frac{A_2 + A_4}{2} \sin(\omega \cdot t + \varphi_1 - \pi);$$

сдвигаются по фазе на указанный ниже угол $\varphi = \frac{360}{n}$,

Среди уравнительных проводов и однополярных щеточных бракетов активное сопротивление бракетов $R_{рм}$ при учете асимметрии геометрии магнитной системы, а также различных дефектах при решении системы уравнений возникают не только нулевые и комплексно соответствующие корни значений, что означает результаты этих равенств. Таким образом, сигналы, полученные от однополярных щеточных бракетов отличаются не только амплитудой, но и по фазе $\varphi = \frac{360}{n} \pm \Delta\varphi$. Сигнальные значения $\pm\Delta\varphi$ и их различные амплитуды показывают существование асимметрии геометрии магнитной системы и дефектов на ТЭМ.

В четвертой главе диссертации «Экспериментальные исследования и обоснование технических решений по уменьшению параметров вращательных (крутильных) колебаний тяговых сил тепловоза» посвящена практическому применению результатов исследований. На основе методики экспериментальных исследований результатов лежат основные понятия о физических явлениях, происходящих при работе электромашини постоянного тока: при работе электромашини в соединениях между однополярными щеточными бракетами возникают пульсации тока; пульсации возникают из-за существования Р-фазной системы, соединенных между собой контуров между однополярными щеточными бракетами за пределами обмотки якоря, неточности изготовления, зазоров в подшипниках и из-за небольшого перегиба вала, сохраняется за счет периодического изменения зазора, существующего между якорем и полюсами; какой бы ни была причина сохранения пульсации тока, в конце-концов они создают двухполюсное вращающееся магнитное поле и отражает колебания, передающиеся статору от якоря через подшипники; двухполюсное вращающееся магнитное поле служит возникновению изменчивой составной части одностороннего магнитного притяжения, он же, в свою очередь, приводит к дополнительной пульсации тока на однополярных щеточных бракетах.

Для исследования в опытных целях были оснащены два ТЭМ. Под нижний главный полюс одного из них подложена подкладка толщиной 1 мм. Под другим, т.е. «вторым» подкладки нет. В целях записи всех падений напряжения на «первом» ТЭМ во всех головных полюсах выведены концы проводов. На

«втором» ТЭМ концы проводов были выведены возле верхнего и нижнего полюсов. Эти концы были попарно изолированы при помощи резиновых трубок и выведены наружу через сетку, закрывающую вентиляционную щель, где был соединён с проводами осциллографа. На обоих ТЭМах для записи токов на соединенных между однополярными щеточными бракетами были установлены шунты. Для записи одного параметра два провода были бифилярным образом обмотаны и экранированы. Внесение записей осуществлялось на осциллографе Н 085.2, заряжаемого от сети постоянного тока. Для записи были применены гальванометры М041-2,5К. Для регистрации были использованы гальванометры М041-2,5К с жидкостным успокоителем, дающая возможность регистрировать записи при любом сопротивлении внешней цепи. Собственная частота гальванометра 2500 Гц. Фильтры не были применены. Таким образом, была записана следующая информация: $\Delta U_1 \div \Delta U_4$ -понижение напряжения на головных полюсах «первого» ТЭМа; $\Delta U_1 \div \Delta U_3$ - понижение напряжения на верхнем и нижнем полюсах «второго» ТЭМа; I^+ , I^- - токи между однополярными щеточными бракетами. Измерения при помощи осциллографа были осуществлены как в заводских условиях на стенде, от источника выпрявленного напряжения, так и реальных условиях эксплуатации. Результаты экспериментальных исследований показали следующее: углы $\pm\varphi$ с необходимой точностью можно определить только на электронно-лучевом осциллографе (лучше на двухканальном осциллографе, имеющем более высокую скорость распространения по сравнению с самопишущим осциллографом); реакция якоря приводит к сильному и нерегулярному изменению картины, согласно этому явлению можно будет вывести объективное заключение об асимметрии геометрии магнитной системы ТЭМ с количественной и качественной точек зрения; в однополюсных щеточных бракетах частота и амплитуда пульсации тока зависит от нагрузки ТЭМ; частота вибродинамических нагрузок меньше частоты пульсации тока между однополярными щеточными бракетами.

В результате – возникла возможность определения рабочих режимов, таких как, резонансный и биение якоря ТЭМ; требовалась методика и стенд для определения асимметрии геометрии магнитной системы, на котором были определены характеристики колебаний тока между однополярными щеточными бракетами с необходимой точностью без нагружения ТЭМ ов.

Разработаны методики выбора без нагружения ТЭМов, а по скоростным характеристикам, данное изобретение является отдельной равновидностью формулы «Способ контроля электромашини постоянного тока с кольцевидной обмоткой и уравнительными сопротивляющими», в котором (для контроля) были предусмотрены следующие операции. В результате получена возможность измерения фазы или амплитуды напряжения и фазы тока между однополярными щеточными бракетами, имеющими разные полюса; стабилизировать напряжение на обмотке возбуждения; измерить частоту вращения якоря; измерить амплитуду напряжения между обмоткой возбуждения и якорем.

В процессе проведённых экспериментальных исследований в электромашинном цехе КИС было испытано несколько методик: с применением двухлучевого осциллографа СИ-83, методика с использованием притовленного прибора (кроме параллельно подключенного осциллографа СИ-83) по отношению к поставленной задаче (определение асимметрии геометрии магнитной системы): что дало возможность количественного определения следующих параметров: определения амплитуды сигнала (тока, напряжения) между однополярными щеточными бракетами; дающего возможность определения выходного сигнала, поданного на вход притовленного фазометра и идущего от бракетов (в разной комбинации, т.е. «в фазе», «в антифазе»); создана также методика согласно второму пункту, без подключения осциллографа СИ-83, применяемого с использованием подготовленного прибора (кроме осциллографа СИ-83, подключенного параллельно к нему).

Более целесообразной методикой определения качества скоростных характеристик была признана методика, осуществляемая без подключения осциллографа СИ-83.

Измерения были осуществлены согласно составленной инструкции (инструкция прилагается). Результаты одного из измерений даны в таблице 1.

Таблица 1
Методика, осуществляемая без подключения осциллографа СИ-83

№ Вх	Показания прибора дел *2,5	Показания прибора дел *25	Показания прибора дел *25	режим
Положения КН	КН выключен	КН подключен	КН выключен. Реверс.	
1 вход	0,1	10,5	10,5	U=80В; ТЭМ 1;
2- вход	0,05	0,3÷3,5	2,0÷4,0	I=50А; n=550
Общий вход	0,05	0,4	0,5	об/мин обороты справа налево
1 вход	0,5	10,8	13,0	U=80В; ТЭМ 1;
2- вход	0,5	1,0	4,0	I=45А; n=600
Общий вход	0,1	0,8	0,5	об/мин обороты справа налево
1 вход	0,05	25	24	U=80В; ТЭМ 2;
2- вход	0,05	24	15,7	I=35А; n=630
Общий вход	0,05	0,5	0,5	об/мин обороты справа налево
1 вход	0,5	23,5	17,0	U=80В; ТЭМ 2;
2- вход	0,1	21,0	13,0	I=35А; n=570
Общий вход	0,05	0,1	0,1	об/мин обороты справа налево

Таким образом, на основе проведённых научно-исследовательских работ были изучены факторы, оказывающие влияние на возникновение крутильно(вращательно)-колебательного движения в тяговых передачах магистральных тепловозов, дано определение крутильно (вращательно)-колебательному движению в тяговых передачах тепловозов путем составления динамической модели колесно-моторного блока, создана методика выбора электромоторов по их скоростным характеристикам, не нагружая их при этом, а также методика определения темпов разрушения (истирания) шестерни-колеса редуктора тяговой передачи, оказывающего влияние на крутильно (вращательно)-колебательное движение, разработан метод определения остаточного и прочностного ресурса материалов подвижного состава, а также концепция модернизации тяговой передачи и увеличения её срока службы, которая была внедрена в практику работы УП «Узтемирйўлмаштаьмир». Концепция модернизации и увеличения срока службы материалов тяговых передач магистральных тепловозов была внедрена в производство на УП «Узтемирйўлмаштаьмир». Экономическая эффективность в 2021-2022 годах составила 335,34 млн. сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Объясняет факторы, влияющие на формирование вращательных вибрационных сил тяжести в тяговых передачах, влияющих на прочность материалов узлов и агрегатов магистральных локомотивов.
2. На основе модели колесно-моторного блока магистральных тепловозов, крутильно(вращательно)-колебательное движение тяговых передач предложено находить при помощи метода и уравнений Лагранжа, а при решении уравнений рекомендовано использовать матричный метод на основе формул Крамера, а также уравнения для определения крутильного движения однотипного и частного колесно-моторного блока.
3. Обоснована методика выбора тяговых электромоторов магистральных тепловозов на основе их скоростных характеристик, не нагружая их при этом, при помощи второго закона Кирхгофа для цепей, методики Лапласа и методики Джордана-Гаусса.
4. Рекомендован метод уменьшения скорости (темпа) разрушения шестерни-колеса редуктора тяговой передачи, оказывающей влияние на крутильно(вращательно)-колебательное движение тяговых сил тяговой передачи магистральных тепловозов.
5. Рекомендован аналитико-цифровой метод крутильно (вращательно)-колебательного движения, возникающего в процессе передачи силы в колесно-моторном блоке на основе размеров и масс узлов тяговых электромоторов магистральных тепловозов.
6. Рекомендован метод выбора тяговых электромоторов магистральных тепловозов по их скоростным характеристикам, не нагружая их при этом.

7. Рекомендована концепция определения остаточного и прочностного ресурсов материалов частей железнодорожного подвижного состава, модернизации и увеличения срока службы тяговых передач магистральных тепловозов.

ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES DSc 15/27.02.2020.T.73.02 AT
THE TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

MAMAYEV SHERALI IBROXIMOVICH

**DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCES OF MATERIALS FOR
THE WHEEL-ENGINE BLOCK OF MAINLINE DIESEL LOCOMOTIVES
AND THEIR IMPROVEMENT**

05.08.05 - Railway rolling stock, train traction and electrification
05.02.01 - Materials science in mechanical engineering. Foundry production. Heat treatment
and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals.
Technology of unique, rare and radioactive elements.

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



Tashkent – 2021

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is an increase in the efficiency of traction forces in the traction transmission of torsional oscillatory motion by simulating the arising wear of the gears of the reducer in the mainline diesel locomotives.

Scientific novelty of the research work is as following: scientifically substantiated tribotechnical factors affecting the occurrence of rotational-oscillatory motion of traction forces in traction gears of wheel-motor units, reducing the service life of units, leading to a decrease in the coefficient of adhesion of wheels to rails of mainline diesel locomotives;

a dynamic model of the wheel-motor unit of the UZTE16M diesel locomotive has been developed for the creation of mathematical models of rotational-oscillatory motion in traction drives and the application of the law of conservation of energy to systems of equations;

a method for determining the rotational-oscillatory motion of a particular model and one type of wheel-motor unit of mainline diesel locomotives was developed on the basis of Lagrange's theory;

a method was developed for a chain for choosing traction electric motors of mainline diesel locomotives according to their speed characteristics, without loading them, using Kirghof's laws, Laplace's and Jordan-Gauss's methods;

a mathematical model of the wear of the gear-wheel materials has been developed, which takes into account the negative effect on the rotational-oscillatory motion of the wheel-motor unit of mainline diesel locomotives under external influences and overvoltage;

scientifically substantiated analytical-digital method for the study of rotational-oscillatory motion arising in the process of power transmission in the wheel-motor unit on the basis of the geometric dimensions of the units of traction electric motors of mainline diesel locomotives;

it was determined on the basis of the created analytical-digital methodology; the residual and strength resources of the materials of the railway rolling stock were 33%; the concept of modernization and extension of the service life of the wheel-motor unit for traction of mainline diesel locomotives was developed on the basis of the algorithm of rotational oscillations of the wheel-motor unit, developed for the created dynamic model and methods for selecting traction motors based on speed characteristics.

Implementation of research results. Based on the modulation of the torsional (rotational) oscillatory motion of the traction gears of mainline diesel locomotives:

The developed device for determining the speed characteristics was introduced at the UE «O'ZTEMIRYO'LMASHITA 'MIR» into production to determine the speed characteristics of traction electric motors of mainline diesel locomotives (certificate of JSC «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» №01/2470-21 dated June 7, 2021). As a result, by increasing the accuracy of determining and monitoring the speed characteristics of traction electric motors, it was possible to increase their work performance by 17%.

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.3.PHD/T1768.

The dissertation was completed at the Tashkent State Transport University. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website <http://tstu.uz> and on the website of «ZiyoNeb» Information and educational portal www.ziyo.net.uz.

Scientific supervisor: Fayzibayev Sherzod Sobirovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Kurbonov Janibek Fayzullayevich
doctor of technical sciences (DSc), associate professor
Nabiyev Elman Sayadovich
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization: Andijan Machine-Building Institute

The defense will be take place « 4 » 12 2021 at 12 at the meeting of One-time Scientific council at the Scientific council DSc 15/27.02.2020.T.73.02 at the Tashkent State Transport University, Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: <http://tstu.uz>

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (Registered number № 0123), Address: 100167, Tashkent city, Mirabod district, Temiryulchilar str., 1. Phone: (+99871) 299-05-66

Abstract of dissertation sent out on « 22 » 11 2021 y.
(mailing report № 4 on « 1 » 11 2021 y.)



Sh. S. Fayzibayev
Chairman of the academic seminar under the
One-time scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

The methodology for the selection and equipment of traction electric motors according to their speed characteristics, while not loading them, was introduced into production at the UE «O'ZTEMIRYO LMASHTA'MIR» to determine the speed characteristics of traction electric motors of the UZTE16M diesel locomotive, with the equation of the rotation speed of their electric motors (certificate of JSC «O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI» № 01/2470-21 dated June 7, 2021). As a result, the possibility of increasing the maintenance-free operation of traction electric motors by 33%, and the work performance ratio by 23% was obtained.

The outline of the thesis. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references, an appendix. The volume of the dissertation is 115 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I-часть; I-part)

1. Файзибаев Ш.С., Мамаев Ш.И. Уточнение модели оценки износа и обоснование рационального профиля колесных пар локомотивов // *Вестник ТашиИТА*. 2008. № 1. С. 33 - 35. (05.00.00).
2. Джаникулов А.Т., Мамаев Ш.И. Автоколебания «зубцовой» частоты для ТЭД тепловоза // *Вестник ТашиИТА*. 2010. № 2. С. 32-35. (05.00.00).
3. Djaniikulov A.T., Mamaev Sh.I., Kasimov O.T. Modeling of rotational oscillations in a diesel locomotive wheel-motor block // *Journal of Physics: Conference Series*. ICMSIT-II 2021, IOP Publishing, 1889 (2021) 022017, doi:10.1088/1742-6596/1889/2/022017, May 30-June 3, 2021. (Scopus). *Journal of Physics: Conference Series, Volume 1889, Applied Physics and Cyber-Physical Systems* <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1889/2/022017>.
4. Kasimov O. T., Mamaev Sh. I., Grishenko A. V. Causes of rolling stock brake equipment failures. // *Journal of Technical science and innovation*. ISSN 2181-0400. 2021. № 2. С. 302-306. (05.00.00).
5. Файзибаев Ш.С., Самборская Н.А., Соболева И.Ю., Мамаев Ш.И., Абдуманнаповна Ф.Э. Методика экспериментальной оценки деформаций на поверхности упрочняемого бандажа // *Журнал "Znanstvena misel journal"*. ISSN: 3124-1123. Volume – 1. Impact Factor: SJIF 2018 = 5.49. №16, С. 45-47. http://ir.duan.edu.ua/bitstream/123456789/1722/1/Znanstvena_misel_%E2%84%9616_2018.pdf
6. Fayzibaev Sh.S., Avdeeva A.N., Mamaev S.I. Evaluation of the wear of the tire wheel pair at rolling friction // *ACADEMICA: An International Multidisciplinary Research Journal*, ISSN: 2249-7137, Volume- 10, Issue 6, June 2020 Impact Factor: SJIF 2020 = 7.13. С. 1600-1604. <https://saarj.com/wp-content/uploads/ACADEMICA-JUNE-2020-FULL-JOURNAL.pdf>

II бўлим (II часть; II part)

7. Глущенко А.Д., Дасчанов Б.А., Мамаев Ш.И. Модель тяговой передачи от дизеля генератора к колесно-моторным блокам (КМБ) // *Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта. Материалы научно-технической конференции по проблемам наземных транспортных систем. (с участием зарубежных ученых 29-31 мая 2008г. С 99-102.*
8. Файзибаев Ш.С., Самборская Н.А., Мамаев Ш.И. Моделирование импульсного динамического нагружения на криволинейных поверхностях

контакта // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов. IV Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БИИЖТа-БелГУТа. 11-12 октября 2018.

9. Джаникулов А.Т., Кулахмедов З.Б., Кулахмедов Б.Т., Жидков В.Н., Мамаев Ш.И. Моделирование переходных процессов в силовой цепи тепловозов типа ТЭ10 при срабатывании защит дизель -генераторной установки// Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта. Материалы научно-технической конференции по проблемам наземных транспортных систем. (с участием зарубежных ученых 29-31 мая 2008г. С 115-119.

10. Файзибаев Ш.С., Авдеева А.Н., Мамаев Ш.И. Расчет напряжений в материале бандажей при формировании колесных пар на заводах//VII Международная конференция. «Проблемы прочности сооружений на железнодорожном транспорте». 23-24 апреля 2008г. С 179-181.

11. Мамаев Ш.И., Файзибаев Ш.С., Ибадуллаев А.С. Процесс износа зубьев колеса редуктора// Kinyo, neft-gazni qayta ishlash hamda oziq-ovqat sanoatlarini innovatsion texnologiyalarning dolzarb muhimligi. Международная научно-техническая конференция. 25-26 мая 2021.

12. Рахимов Р.В., Мамаев Ш.И. 640-ВПВ тигли тарози текшириш вагонларнинг металл конструкциясини назарий тадқиқотлари// Международная Узбекско-белорусская научно-техническая конференция композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. 21-22 мая 2020 г. ГУП «Фан ва тараххил»

13. Мамаев Ш.И., Туракулов М.Р., Азимов С.Ж., Валиева Д.Ш. Анализ прочностных характеристик зубчатых передач привода подачи рабочего органа штрипсового станка.// SCIENTIFIC – Methodical journal of "SCIENTIFIC PROGRESS". ISSN: 2181-1601, VOLUME - 2, ISSUE - 2, 2021.

14. Касимов О.Т., Мамаев Ш.И. Повышение надежности и анализ причин откозов тормозного оборудования локомотивов в условиях АО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ»// Научный журнал механика и технология. ISSN 2181-158X. Наманган 2021. №2. С. 43 - 49.

15. Mamayev Sh.I., Fayzibayev Sh. S., Djanikulov A.T., Kasimov O.T. The Method of Selecting the Wheel Motor Block of Mainline Locomotives on the Characteristics of Speed Affecting the Electromechanical Vibrations, without Loading// «1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)».

16. Kasimov O.T., Fayzibayev Sh. S., Djanikulov A.T., Mamayev Sh.I. Numerical Studies for Estimation of Temperature Fields in Bandage Material during Locomotive Braking //«1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)».

Авторфераг «ТДУ хабарномаси» илмий-амалий журнали тахририятида тахирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларни ўзаро мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 1/16. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табоғи: 3,25. Адади 100. Бугуртма № 18/21.

Гувоҳнома № 851684.

«Тирограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Топкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.