

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МУХАМЕДОВА ЗИЁДА ГАФУРДЖАНОВНА

**МАХСУС ЎЗИЮРАР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ ИШЛАШ
МУДДАТИНИ УЗАЙТИРИШ ВА РЕСУРСИНИ БАШОРАТЛАШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик
ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси.
Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Content of the abstract of Doctoral (DSc) dissertation

Мухамедова Зиёда Гафурджановна Махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркибнинг ишлаш муддатини узайтириш ва ресурсини башоратлаш.....	3
Мухамедова Зиёда Гафурджановна Повышение срока службы и прогнозирование ресурса специального самоходного подвижного состава.....	29
Mukhamedova Ziyoda Gafurdjanovna Increasing the service life and predicting the resource of special self-propelled rail service.....	55
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	59

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

МУХАМЕДОВА ЗИЁДА ГАФУРДЖАНОВНА

**МАХСУС ЎЗИЮРАР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ ИШЛАШ
МУДДАТИНИ УЗАЙТИРИШ ВА РЕСУРСИНИ БАШОРАТЛАШ**

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

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Фан доктори (DSc) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2020.4.DSc/T232 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи:

Шермухамедов Абдулазиз Адилхакович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Рискулов Алимжан Ахмаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Шарипов Қонратбай Авезимбетович
техника фанлари доктори, профессор

Курбанов Жанибек Файзуллаевич
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2020 йил «7» 12 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100167, Тошкент, Одилхўжаев кўчаси, 1 уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru.

Диссертацияси билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида таништириш мумкин (__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент, Одилхўжаев кўчаси, 1 уй. Тел: (99871) 299-05-66

Диссертация автореферати 2020 йил «23» 11 кун тарқатилди.
(2020 йил «16» 11 даги 1 рақамли реестр баённомаси).



А.В. Умаров

Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Э.У. Тешабасва

Илмий даражалар берувчи бир марталик
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

Ш.С. Файзибаев

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

КИРИШ (докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги. Жаҳонда ташиладиган юкларнинг 78% темир йўл транспорти орқали ташилади, шунинг учун ҳам уларнинг ташкил қилувчи материалларни фойдали ишлатиш муддатини узайтириш билан капитал таъмирлашда конструктив узелларни модернизациялаш йўли билан эксплуатациядаги мавжуд темир йўл техникаси ишончлилигини ошириш ва ресурсларни тежаш масалалари давлат сиёсатини ҳам белгилайди. Жаҳон инқирозига қарши дастурнинг асосий чоратadbирларидан бири бу «модернизацияни жадал суръатлар билан амалга ошириш, корхоналарни техник ва технологик жиҳатдан материалларни ишончини ошириш, қайта жиҳозлаш, замонавий мослашувчан технологияларни кенг қўламда татбиқ этишдир»¹. Шу сабабли махсус темир йўл тизимининг материалларини ишлаш муддатини узайтириш мақсадида уларни бузмасдан хоссалари ва ресурсини башоратлаш йўналишида илмий тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёнинг АҚШ, Англия, Франция, Германия, Япония, Хитой ва бошқа етакчи мамлакатларида темир йўл соҳасида материалларнинг ресурсларини тежашга, хусусан бутун темир йўл тармоғининг хавфсиз ва узлуксиз ишлашини таъминлаш мақсадида махсус темир йўл ҳаракатланувчи таркиби материаллари хизмат муддатини узайтиришга алоҳида эътибор қаратилади. Шу сабабли материалларни ва конструкцияни ишончлиликини баҳолашга ва уни яхшилаш услубларини такомиллаштиришга, замонавий моделлаштириш услублари ва дастурларини қўллаган ҳолда темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг материаллари қолдиқ ва мустаҳкамлик ресурсларини аниқлашга қаратилган илмий-тадқиқотчилик ишлари амалга оширилмоқда.

Бугунги кунда Ўзбекистон Республикаси иқтисодиёти ўсиб бориши жараёнида маблағлардан самарали фойдаланиш, материаллар ва конструкцияларни хизмат муддатини узайтириш, уларни бузмасдан модернизациялашнинг турли усуллари яратишда инновацион ёндашувларни қўллашга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳаракатланувчи таркибни, шу жумладан автотрисаларни модернизациялаш, шунингдек иқтисодий-самарали услубларини қўллаш ташишлар умумий таннархини арзонлаштириш имконини беради. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «ишлаб чиқаришни техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, транспорт-коммуникация ва ижтимоий-инфратузилма лойиҳаларини ҳал қилишга қаратилган, ... иқтисодиёт соҳасидаги фаол инвестицион сиёсат, энергия ва ресурслар истеъмолини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг қўламда жалб этиш»² вазифалари белгилаб берилган. Бу борада темир йўл ҳаракатланувчи таркиби материаллари ва конструкцияларини динамик иш

¹ www.mdpi.com/2076-3298/4/2/39.PDF

² <https://www.fitchratings.com/research/sovereigns>

кўрсаткичларини яхшилаш мақсадидаги замонавий технологиялар ва илмий ишланмаларни жорий муҳим ўрин тутди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 20 апрелидаги ПП-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, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меърий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурслар тежамкорлиги» устувор йўналишига мувофиқ тарзда бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи.

Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг турли материаллари ва агрегатлари, узел ва деталларининг динамик ва толиқиш мустаҳкамлиги ва ишончилиги ҳисоблашнинг турли жиҳатларини аниқлашга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ҳамда олий таълим муассасалари, жумладан General Electric Transportation (США), Institute of Communications Technology Hannover, Siemens, Техническом университете в Брауншвейге (Германия), политехнический Сильезевский университет Катовица (Польша), East Paris University (Франция), Cranfield University Bedford (Буюк Британия), Москва транспорт муҳандислари институти, Омск темир йўл университети, Санкт-Петербург давлат темир йўл университети (Россия), Тошкент давлат транспорт университетида (Ўзбекистон) илмий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг турли материаллари ва агрегатлари, узел ва деталларининг динамик ва толиқиш мустаҳкамлиги ва ишончилиги ҳисоблашнинг турли жиҳатларини аниқлаш бўйича олиб борилган илмий изланишлар натижасида қатор илмий натижалар оинган, жумладан: вагонлар хизмат муддатини узайтириш усули яратилган General Electric Transportation (США), вагонларнинг индивидуал ресурсини баҳолаш услублари ишлаб чиқилган), Institute of Communications Technology Hannover, Siemens, Техническом университете в Брауншвейге (Германия), метрополитен аравачалари толиқиш узок муддатлилигини башоратлаш учун лойиҳалаштириш услублари динамик таҳлил ва узок муддатлилигини башоратлаш усули ишлаб чиқилган East Paris University (Франция), Cranfield University Bedford (Буюк Британия), темир йўл транспорти системаларини ишлаш вақтини аниқлаш усуллари яратилган Москва транспорт муҳандислари институти, Омск темир йўл университети, Санкт-Петербург давлат темир йўл

университети (Россия), махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркибнинг турли материаллари ва агрегатлари, узел ва деталларининг динамик ва толиқиш мустаҳкамлиги ва ишончилиги ҳисоблашнинг ANSYS WORKBENCH тизими яратилган Тошкент давлат транспорт университетиди (Ўзбекистон).

Дунёда махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб хизмат муддатини узайтириш ва унинг қолдиқ ресурсини башоратлаш юзасидан қуйидаги йўналишлар бўйлаб тадқиқотлар олиб борилмоқда жумладан, рессорали осилма ва ҳаракатланувчи таркиб рамаси тебранишлари жараёнларини ўрганиш билан боғлиқ мураккаб вазифалар ва назарий хулосалар, улар назарий тадқиқотлар билан бирга кўп сонли (ҳам стенда, ҳам табиий шароитлардаги) экспериментал тадқиқотлар, AN-SYS дастурий таъминоти ёрдамида 6К электровози тортув ўриндиқларида юзага келадиган дарзлар сабабларини аниқлаш услубларини ишлаб чиқиш, 6К ҳаракатланувчи таркиби рамасининг асосий ҳолатларида имитацион таҳлил ва он-лайн тестлаш ёрдамида эквивалент кучланишни (зўриқишни) ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Темир йўл транспорти механик тизимлари, турли узел ва деталлар динамик мустаҳкамлиги ва ишончилиги ҳисоб-китоби назарияси ривожлантириш бўйича С. Baykasoglu, Han T., Li Q., Chao W., Liu Ch., Miao B., Tang W., Mancini G., Cera A., Bruni S., Jung-Won Seo, Hyun-Moo Hur, Hyun-Kyu Jun, Seok-Jin Kwon, Dong-Hyeong Lee, Sebesan I., Baiasu D., Anyakwo A., Pislaru C., Ball A., Dahlberg T., R.Ch. Sharma, M.Dhingra, R.K. Pandey, Y.Rathore, D. Ramchandani, Rezvani M.A., Feizi M.M., Shadfar M., Zabeld V. Александров А.В., Бабаков И.М., Тимошенко С.П., Шнейдерович Р.М., Болотин В.В., Васильев В.З., Когаев В.П., Коссов В.С., Писаренко Г.С., Решетов Д.Н., Савоськин А.Н., Серенсен С.В., Феодосьев В.И., Anyakwo, A., Bogdevicius M., Zygiene R., Bureika G., Subačius R, Chao Wang, Popp K., Schiehlen W., Rakesh Chandmal Sharma, Sebesan I., Baiasu D., Spiriyagin M., Битюцкий А.А., Болотин В.В., Бороненко Ю.П., Бубнов В.М., Григорьев П.С., Жданов В.Н., Кельрих М.Б., Кочнов А.Д., Соколов М.М., Третьяков А.В., Глуценко А.Д., Лебедев О.В., Хромова Г.А., Файзибаев Ш.С. ва бошқалар илмий ишлар олиб боришган.

Улар томонидан юк вагонлари металл конструкцияларининг масъул элементлари техник ресурсини ўрганиш, уларни баҳолаш ва башоратлашга доир тадқиқотлар, рельсли транспорт ҳаракатланувчи таркиби қолдиқ ресурсининг назарий асослари яратилиш, ҳамда унинг меъёрий-техник ечимлари, баҳолаш услубиётлари ва алгоритмлари таклиф этилган.

Шу билан бирга ҳозирда турли типдаги ҳаракатланувчи таркиб хизмат муддатини узайтириш, қолдиқ ресурсни баҳолаш ва хизмат муддатини узайтириш масалалари машинасозликнинг кўпгина тармоқларида, қузовлар, уларнинг юк тушадиган рамалари, рессорали осилма ва юриш қисмининг букилиш ва айланма тебранишлари мавжудлиги махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб конструкциялари толиқиш мустаҳкамлиги ва ишончилиги кўрсаткичларини текшириш, махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи

таркибларни модернизациялаш, муайян типдаги махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб турли элементлари тебранишларининг унинг динамик сифатларига таъсирини баҳолаш йўли билан зарур динамик мустаҳкамликка эришиш, кучайтирилаётган механик узеллар ва деталларининг етарли даражадаги қаттиқлиги таъминланиш, транспорт машинасозлиги металл конструкциялари қолдиқ ресурсини ишончли назарий баҳолаш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси илмий-тадқиқотчилик ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг БФ-2-003-сон «Темир йўл транспорти ҳаракатланувчи таркиб ғилдирак жуфтликлари сирпаниш юзалари биргаликда ишлаши ва едирилиш услубларини ишлаб чиқиш» фундаментал (2017-2020 йй.), ёш олимларнинг ЁО-А3-001-сон «Транспорт машинасозлиги учун авариявий-тиклаш автотрисаларининг механик узеллари ва деталларини динамик мустаҳкамликка ҳисоб-китоб қилиш услубларини ишлаб чиқиш» амалий (2017-2018 йй.) лойиҳалари ва 93-сон «O'ztemirmashta'mir» УК да АДМ (АДМ-1) типдаги юк дрезиналари капитал-тиклаш таъмири технологик жараёнини ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш услубиётини ишлаб чиқиш» (2016-2019 йй.) хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб материал ва конструкциялари хизмат муддатини узайтириш ва ресурсини башоратлаш учун унинг асосий элементлари мустаҳкамлик тавсифларини ва ишончилигини яхшилаш услубларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб конструкциялари материаллари ва қисимларининг иш бажариш жараёнида физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини ўзгаришини аниқлаш;

махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб вертикал ва горизонтал тебранишларини ҳисобга олган ҳолда рамаси юк кўтарадиган материал ва каркасининг динамик мустаҳкамлиги математик моделини ва уни ҳисоблаш услубиётини ишлаб чиқиш;

махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб юк кўтарадиган материал ва конструкцияларининг қолдиқ ва толиқиш мустаҳкамлиги математик моделини ва ҳисоблаш услубиётини ишлаб чиқиш;

ANSYS WORKBENCH тизимида материаллар ва кониструкцияларнинг толиқиш мустаҳкамлигининг рақамли ҳисоблаш услубиётини ишлаб чиқиш;

махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркибнинг асосий материал ва ускуналарининг ишончилигини ошириш услубларини таҳлил қилиш, баҳолаш ва уларни такомиллаштириш;

махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркибларни модернизация қилиш ва уларнинг хизмат муддатини узайтириш концепциясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти бўлиб махсус ўзиюорар ҳаракатланувчи таркиб-

АДМ-1, АДМ-1.5 типли авариявий-тиклаш автомотрисаси ва МПТ-4 типли транспорт юк ортиш мотовози материал ва конуструкциялари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркибини асосий материал ва конструкцияси элементларининг мустаҳкамлик тавсифлари ва ишончилиги, унинг хизмат муддатини узайтириш ва ресурсини башоратлашдир.

Тадқиқотнинг услублари. Тадқиқотлар материаллар қаршилиги, машиналар динамикаси ва мустаҳкамлиги, ишончилилик назарияси, эҳтимолийлик ва математик статистика услублари, шунингдек рақамли услубларни қўллаш, Фурье услуби, бўлакли-чизиқли аппроксимация, итерациялар ва чекли элементлар услубларидан фойдоланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб конструкциялари материаллари ва қисимларининг иш бажариш жараёнида физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини ўзгариши аниқланган;

ANSYS WORKBENCH тизимида юкланиш циклига боғлиқ равишда махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган матераллар ва конструкцияси мустаҳкамлик тавсифларининг ўзгариш боғлиқлиги олинган;

махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркибнинг йўл қўйиладиган эксплуатацион режим параметрлари, жорий таъмирлашнинг ўртача қиймати, Лагранжнинг ноаниқ кўпайтиргичлари услубини қўллаб, авариявий-тиклаш ишлари харажатларини ҳисобга олган ҳолда махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркибни диагностика қилиш жараёни билан бирлаштирилган, унинг асосий йиғув узелларига техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашнинг оптимал даврий муддатларини аниқлаш модели ишлаб чиқилган;

Гаусснинг экспоненциал ва нормал тақсимланиш қонунлари асосида махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб ускуналарига техник хизмат кўрсатиш ва уларни таъмирлашнинг оптимал алоҳида ва биргаликда даврийлиги кўрсаткичларига тузатиш киритиш имконини берадиган махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб асосий йиғув узелларининг ишдан чиқишга қадар тақсимланиш эҳтимоли олинган;

махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб рамасининг юк тушадиган каркаси ҳисобининг вертикал ва горизонтал тебранишларини ҳисобга олган ҳолда динамик мустаҳкамлиги модели ва аналитик-рақамли услуби модели ишлаб чиқилган;

вертикал, бўйлама, таъмирлаш ва бошқа шу каби эксплуатация юкламаларини ҳисобга олган ҳолда юк тушадиган конструкциялар толиқиш мустаҳкамлиги мезони бўйича толиқишга қаршилиқ кўрсатиш захираси ва узоқ муддат ишлашини аниқлаб берувчи модель ва махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкцияларининг толиқиш мустаҳкамлиги модели ва уни ҳисоблаш услубиёти ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

«АДМ (АДМ-1) типдаги автомотрисалар ва МПТ-4 мотовозлар

механик қисмини ПДМ шароитларида хизмат муддатини узайтириш билан капитал таъмирлашнинг технология жараёни бўйича Йўриқнома» ва «АДМ (АДМ-1) типдаги автотрисалар ва МПТ-4 мотовозларни электр қисмини ПДМ шароитларида хизмат муддатини узайтириш билан капитал таъмирлашнинг технология жараёни бўйича Йўриқнома» лар ишлаб чиқилган;

махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб рамасининг юк тушадиган каркаси ҳисобининг вертикал ва горизонтал тебранишларини ҳисобга олган ҳолда динамик мустаҳкамлиги модели ва аналитик-рақамли услуби модели, вертикал, бўйлама, таъмирлаш ва бошқа шу каби эксплуатация юкламаларини ҳисобга олган ҳолда юк тушадиган конструкциялар толиқиш мустаҳкамлиги мезони бўйича толиқишга қаршилиқ кўрсатиш захираси ва узоқ муддат ишлашини аниқлаб берувчи модель ва махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкцияларининг толиқиш мустаҳкамлиги модели ва уни ҳисоблаш услубиёти ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги замонавий услублардан фойдаланган ҳолда тадқиқотлар ўтказилганлиги ва компьютерда моделлаштириш якунлари, шунингдек назарий механика қоидалари, материаллар қаршилиги асосидаги махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб рамаси статик ва динамик параметрлари, олинган назарий экспериментал тадқиқотлар натижаларининг мутаносиблиги, махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкцияси синовлари натижасида ижобий натижалар олинганлиги ва уларнинг ишлаб чиқаришга татбиқ этилганлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юк тушадиган материаллар ва конструкция мустаҳкамлик ҳисобини амалга ошириш, махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб асосий йиғув бирликлари ишончилигини уларнинг хизмат муддатини узайтириш ва улар ҳаракатланиш хавфсизлигини таъминлаш мақсадида баҳолаш имконини берадиган амалий услубларни ишлаб чиқишилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти материал ва конструкцияларни эксплуатацияда йўл қўйиладиган режим параметрларини ҳисобга олган ҳолда диагностика қилиш жараёни билан бирлаштирилган махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб асосий йиғув узеллари қолдиқ ресурсини башоратлаш ва уларни таъмирлаш ҳамда техник хизмат кўрсатишнинг оптимал даврийлигини белгилаш, хизмат қилиш муддатини узайтириш услублари мавжуд махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиблар, АДМ-1, АДМ-1,5 автотрисалари ва МПТ-4 мотовозларини модернизациялаш ва уларни эксплуатация қилишда қўланилиши билан исботланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Махсус ўзиюарар ҳаракатланувчи таркиб хизмат муддатини узайтириш ва ресурсини

башоратлаш учун унинг асосий элементлари мустаҳкамлик тавсифларини ва ишончилигини яхшилаш услубларини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

вертикал, бўйлама, таъмирлаш ва бошқа шу каби эксплуатация юкламаларини ҳисобга олган ҳолда юк тушадиган конструкциялар толиқиш мустаҳкамлиги мезони бўйича толиқишга қаршилиқ кўрсатиш захираси ва узоқ муддат ишлашини аниқлаб берувчи модель ва махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкцияларининг толиқиш мустаҳкамлиги модели ва уни ҳисоблаш услубиёти «Ўзбекистон темир йўллари» АЖга жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 21 августдаги 01/2845-20-сон маълумотномаси). Натижада махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб материал ва конструкцияларини иш бажариш қобилиятини доимий назорат қилиў имконини берган;

АДМ (АДМ-1) типли автомотрисалари ва МПТ-4 мотовозлари механик қисмини ПДМ шароитларида уларнинг хизмат муддатини узайтириш билан капитал таъмирлаш технологик жараёни бўйича ишлаб чиқилган йўриқнома «Ўзбекистон темир йўллари» АЖга жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 21 августдаги 01/2845-20-сон маълумотномаси). Натижада, АДМ (АДМ-1) типли автомотрисалар ва МПТ-4 мотовозларини фойдали ишлатиш муддатини 10 йилгача узайтириш билан улар механик қисмининг капитал-тиклаш таъмирини бажариш имконини берган;

АДМ (АДМ-1) типли автомотрисалари ва МПТ-4 мотовозлари электр қисмини ПДМ шароитларида уларнинг хизмат муддатини узайтириш билан капитал таъмирлаш технологик жараёни бўйича ишлаб чиқилган йўриқнома «Ўзбекистон темир йўллари» АЖга жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 21 августдаги 01/2845-20-сон маълумотномаси). Натижада, АДМ (АДМ-1) типли автомотрисалари ва МПТ-4 мотовозлари электр қисмини уларни фойдали ишлатиш муддатини 10 йилгача узайтириш билан капитал таъмирини бажариш имконини берган.

Тадқиқот натижалари апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 11 илмий-амалий конференциялар, илмий мактаблар ва семинарларда, шу жумладан 6 та халқаро конференция ва 5 та республика илмий-амалий конференцияларида синовдан ўтказилди.

Натижаларнинг нашр этилганлиги. Диссертация мавзуси бўйича опубликовано жами 42 та илмий иш, 2 та монография, хорижий журналларда 10 та мақола, улардан учтаси SCOPUS базасидаги журналлар, МДХ мамлакатларида 4 та мақола, Республика журналларида 10 та мақола чоп этилган. Ўзбекистон Республикасининг 2 та ЭҲМ дастури гувоҳномаси олинган.

Иш тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, бешта боб,

хулоса қисми, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 195 саҳифани ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланиб, унинг мақсади ва вазифалари, шунингдек тадқиқотнинг объекти, предмети ва услублари шакллантирилади, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилиб, уларнинг ишонарлиги, шу жумладан диссертация иши яқунларининг амалиётга татбиқ этилганлиги асосланади, шу билан бирга апробациялар, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмасига оид маълумотлар келтирилади.

Диссертациянинг «**Масаланинг ҳолати. Тадқиқот вазифаларининг қўйилиши**» деб ном олган биринчи бобда махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб динамикаси ва унинг динамик тавсифларини оптималлаштириш соҳасидаги илмий-техник адабиётлар обзори берилади. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг динамик тавсифларини оптималлаштириш бўйича турли хил математик моделлаштиришларни қўллаган ҳолда ўтказилган тадқиқотлар таҳлили ушбу йўналишга жиддий эътибор қаратилаётганлигини кўрсатди. Бунда ижобий натижалар олинганига қарамай, оптималлаштириш тамойиллари кенг кўламда фойдаланилмай, ҳаракатланувчи таркибнинг юриш қисмини лойиҳалаштириш мақсадида амалиётда камдан-кам ҳолларда қўлланилади. Бу ҳолат мураккаб бўлмаган рақамли моделлардан фойдаланиб мукамал оптималлаштириш дастурлари, шунингдек физик моделларни қўллаган ҳолда муайян оптималлаштириш механизми ёки методологияси йўқлиги билан боғлиқ. Оптималлаштириш жараёнида мақсадли функцияни танлаш учун бир неча вариантни кўриб чиқиш мумкин бўлиб, бу асосий мезон оптималлаштирилса, қолган мезонлар бўйича чекловлар қўйилишини англатади. Мос равишда масалани ҳал қилиш учун барча локал натижаларнинг ўзаро мувофиқлигига эришиш талаб этилади.

Ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкцияси толиқиш мустаҳкамлигини аниқлашга бағишланган ишлар таҳлили, бу соҳадаги замонавий тадқиқотлар компьютер дастурий мажмуалардан фойдаланишга асосланганлигини намоён этади. Толиқиш ресурсини баҳолаш учун деформацияларнинг таҳлили ва юкланиш, ўз частоталари ва моделлар шакллари коэффициентларини аниқлаш учун модалли таҳлил услуби ANSYS дастурий таъминотида ўтказилади.

Бугунги кунда турли типдаги ҳаракатланувчи таркибларнинг хизмат муддатини узайтириш бўйича амалий ишлар билан Россия, Украина, Белоруссия, Қозоғистон, Латвия, Литва, Грузия ва Ўзбекистон каби мамлакатлардан 25 дан ортиқ ижрочи-ташкилот шуғулланади. Ўз фаолиятида бу ташкилотлар «Халқаро қатновларда юк ва рефрижератор вагонларини техник диагностика қилиш бўйича ягона услубий

кўрсатмалар» меъёрий-техник ҳужжати ва намунавий Дастурлар ва техник диагностика услубиётларига амал қилган ҳолда ишлайдилар. Бу ҳужжатлар шунингдек МДХ ва Болтиқбўйи мамлакатларининг темир йўл транспорти бўйича Кенгашининг Комиссияси томонидан ҳам тасдиқланган.

Замонавий техниканинг мураккаблашуви, унинг ишончилигига бўлган талаблар ортиши, ҳамда авариялар ва фалокатлар келтириб чиқариши мумкин бўлган авариявий вазиятлар юзага келишига йўл қўйиб бўлмайдиган шароит туфайли назорат қилинадиган тузилмавий параметрлар, шундан келиб чиқиб, зарур ўлчаш воситалари сони ҳам кўпая бошлайди. Темир йўллар тармоғидаги ҳаракатланиш хавфсизлиги таҳлили маълумотларига кўра, ҳаракатланувчи таркиб оғир юк тушадиган деталларининг синиш ҳолатлари кўпинча детал кесими майдонининг 12% дан (юк вагонлари араваларининг ён рамалари) 50% гача ва ундан катта бўлган (ғилдирак жуфтликлари ўқлари) эски дарзлар мавжудлиги сабабли юз беради. Ҳаракатланувчи таркиб деталларининг ишлаш муддатини узайтириш ва маҳсулот қайта бракланиш ҳолатларининг олдини олишга қаратилган энг самарали усулларида бири – шикастламайдиган техник назорат воситаларидан фойдаланган ҳолда қолдиқ ресурсни аниқлаш услубиётларини ишлаб чиқишдан иборат.

Бундан ташқари махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб асосий ускуналари ишончилигини таҳлил қилиш, баҳолаш ва башоратлаш учун қўлланадиган математика услубларининг таҳлили берилган. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб асосий ускуналарининг (қуйида матнда АС) ўта муҳим тавсифи – машинасозликнинг барча объектлари учун бўлгани каби ишончилик бўлиб ҳисобланади. Эксплуатация жараёнида узоқ вақт давомида УС уларнинг техник ҳолатига турлича таъсир кўрсатадиган кўплаб тасодифий сабаблар таъсирига учрайди. Эксплуатацион омиллар таъсирининг турли-туманлиги ва статистика характерида эгаллиги ишончилиги масалаларини уларни лойиҳалаштириш даражасида, узоқ муддат эксплуатация қилиш даври ва таъмирлаш давомида, замонавий технологияларни қўллаган ҳолда ишлаб чиқиш заруратини келтириб чиқаради. УС ларнинг статик ва динамик техник ҳолатини тасвирлаш учун унинг таҳлили, баҳоланиши ва башоратланиши учун қулай формалаштирилган ва самарали инструментлар: графлар назарияси; чекли автоматлар назарияси; ишончилик назарияси; образларни фарқлаш (таниш) назарияси; эҳтимоллар назарияси ва математик статистика назарияси, экспериментни режалаштириш назарияси ва регрессион таҳлил (анализ) кабиларни муваффақият билан қўллайдилар. АС махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибларни бошқаришда ишлаб чиқариш жараёнларини таҳлил қилишнинг энг самарали услубларидан бири экспериментни режалаштириш назарияси ва регрессион таҳлил услуби ҳисобланади.

Транспорт машинасозлиги металл-конструкциялари қолдиқ ресурсини назарий жиҳатдан ишонарли баҳолаш соҳасидаги тадқиқотлар

тахлили бу каби тадқиқотлар ҳали етарли бўлмай, тажриба услублари ёрдамида эришиладиган аниқлик ва ишонарлилик даражасига эришиш учун шак-шубҳасиз кенгайтирилиши кераклигини кўрсатди.

Диссертациянинг «Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкциялари динамик мустаҳкамлигини тадқиқ этиш» номли иккинчи бобида АДМ-1 автомотрисаси мисолида унинг турли оғирлик билан юкланиш режимидаги махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб рамасининг динамик мустаҳкамлиги ҳисоби келтирилади. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб статик мустаҳкамлиги ҳисоби учун математик модель ва компьютер дастурларидан фойдаланган ҳолда унинг ҳисобини амалга ошириш услубиёти тақдим этилган.

Таклиф этилаётган моделнинг мавжуд моделлардан фарқи эквивалент балка узунлиги бўйича кесим, масса, ҳамда букилиш ва бўйлама қаттиқлик ўзгарувчанлигининг ҳисобга олинганлиги бўлиб, бу реал эксплуатация шароитларига мувофиқ келади.

Биз таклиф қилаётган модель учун авариявий-тиклаш автомотрисаси рамаси юк тушадиган эквивалент каркасининг параметрлари ўзгарувчан функция кўринишида қабул қилинади:

- автомотриса рамасининг погонли массаси (кг/м)

$$m_k(X) = m_0 * (a_0 + a_1 X + a_2 X^2), \quad (1)$$

- кўндаланг кесим майдони

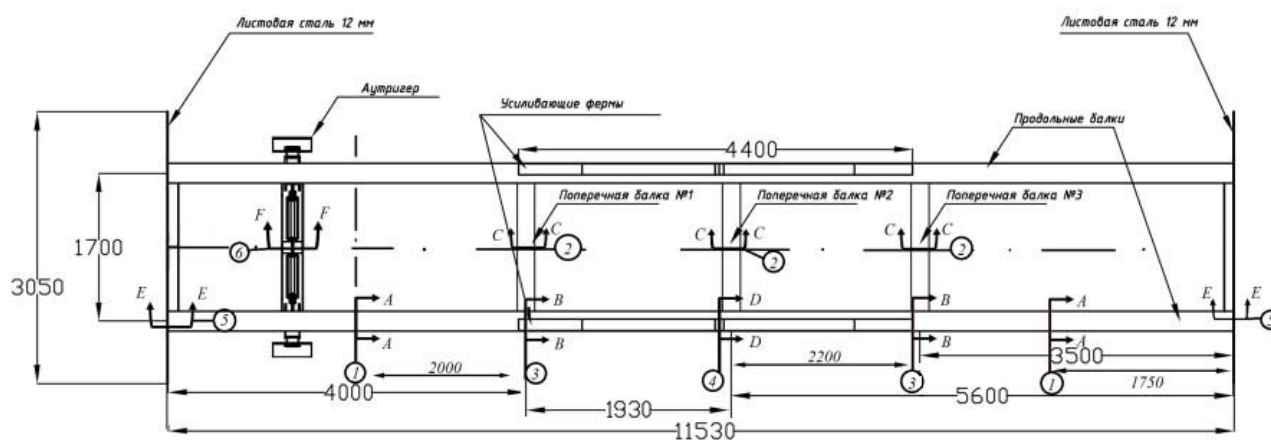
$$F(X) = F_0 * (d_0 + d_1 X + d_2 X^2), \quad (2)$$

бунда авариявий-тиклаш автомотрисаси юк тушадиган бош рамасининг узунлиги автомотриса ўқлари бўйлаб 12,95 метрга тенг, X координатаси эса $0 \leq X \leq 12,95$ м меъёрида ўзгариб туради;

- рама $XС$ ўқи бўйлаб кесимларининг келтирилган инерция моменти - I_x ($см^4$):

$$I_x(X) = I_0 * (b_0 + b_1 X + b_2 X^2), \quad (3)$$

бунда I_0 - А-А кесимлари инерция моменти (2.1-расм), (улушларда 1,0 га тенг) ҳисобий қиймати $I_0 = I_{ХС} (А-А) = 10380$ $см^4$ га эга.



1-расм. АДМ-1 автомотрисаси бош рамасининг ҳисобий схемаси

Авариявий-тиклаш автомотрисаси юк тушадиган эквивалент каркасининг зўриққан-деформацияланган ҳолатини таҳлил қилиш учун ўзгарувчан кесимли тўғри стерженлар букилишли ва бўйлама тебранишларининг дифференциал тенгламаларидан фойдаланамиз:

$$m_k(X) \frac{\partial^2 U(X,t)}{\partial t^2} - E \frac{\partial F(X)}{\partial X} \cdot \frac{\partial U(X,t)}{\partial X} - EF(X) \frac{\partial^2 U(X,t)}{\partial X^2} =$$

$$= N_d(X,t) + E \frac{\partial I_x(X)}{\partial X} \cdot \frac{1}{R^2} + 2EI_x(X) \frac{1}{R} \frac{\partial^3 W(X,t)}{\partial X^3}, \quad (4)$$

$$m_k(X) \frac{\partial^2 W(X,t)}{\partial t^2} + EI_x(X) \frac{\partial^4 W(X,t)}{\partial X^4} + E \frac{\partial^2 I_x(X)}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial^2 W(X,t)}{\partial X^2} =$$

$$= P_d(X,t) + \frac{E}{R} \left[\frac{\partial^2 I_x(X)}{\partial X^2} + 2I_x(X) \cdot \frac{\partial^3 U(X,t)}{\partial X^3} \right]. \quad (5)$$

(4) ÷ (5) тизими Симпсон услуби бўйича линеарлаштириш билан ҳал қилиниб, ундан кейин эса Лаплас операцион ўзгартиришини вақтга боғлиқ равишда доимий коэффицентли дифференциал тенгламаларга Фурье услуби қўлланади, рақамли тадқиқотлар бўлакли-чизиқлик аппроксимациялаш ва чекли элементлар услублари ёрдамида бажарилган.

Авариявий-тиклаш автомотрисаси рамаси мустаҳкамлигининг динамик ҳисобини амалга ошириш учун биз Mathcad 14 муҳитидаги ҳисоб-китоб дастурини ишлаб чиқиб, унда тажриба маълумотлари ҳисобга олинган ҳолида ташқи юкланиш шароитларининг ўзгариб туриши, шунингдек Гаусс услуби ёрдамида масса, рама кесимлари майдони ва инерция моментларининг ўзгарувчанлиги ҳисобга олинади.

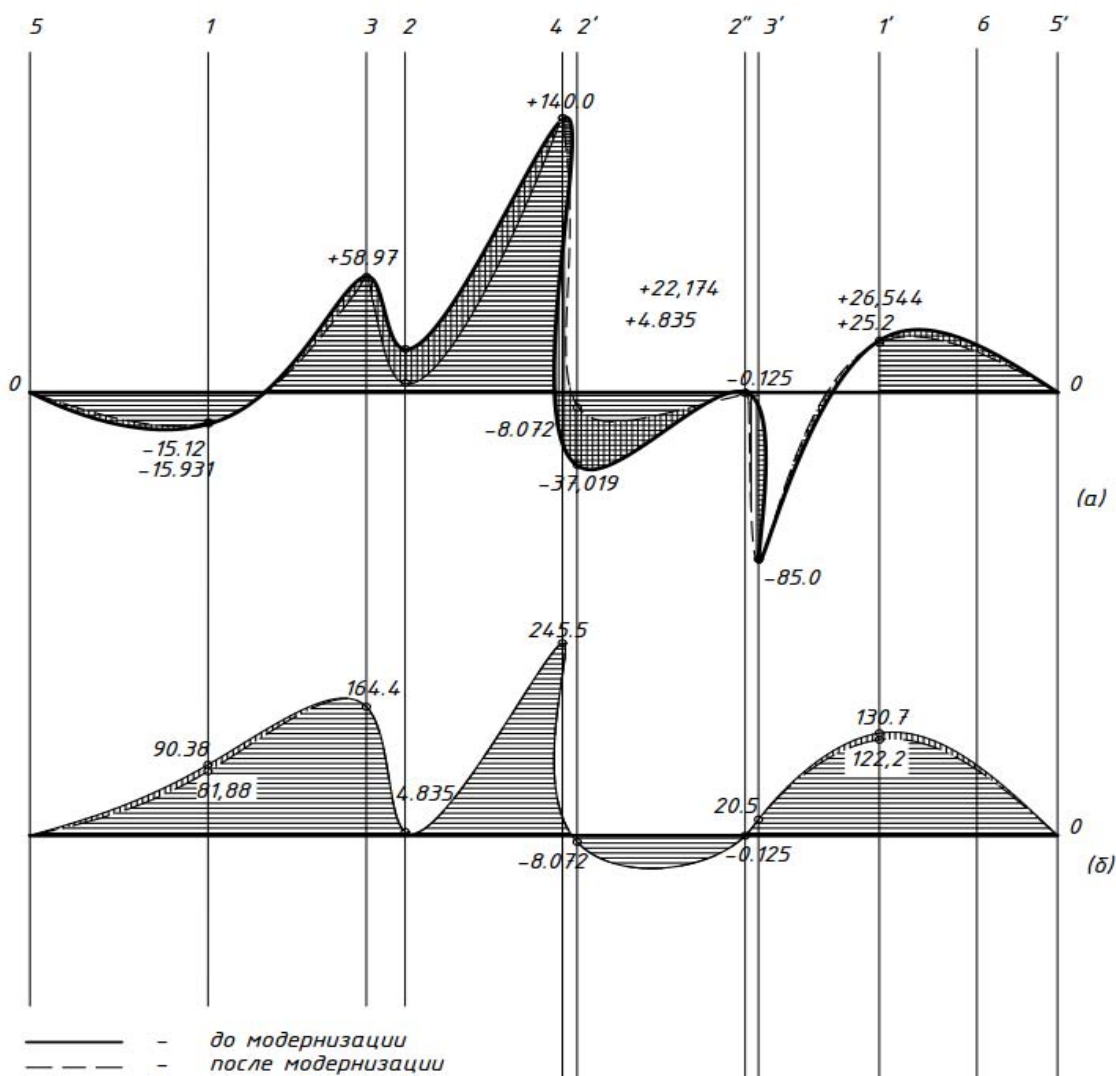
Махсус ўзиюлар ҳаракатланувчи таркиб кузови ҳисобий схемада бўйлама йўналишда тўлиқ мувозанатланган деб фараз қилиниб, шу сабабли таянч реакциялари ўзаро тенг.

2-расмда букувчи моментлар эпюраси автомотриса рамасининг модернизациялашга қадар (кучайтиришсиз) (а) ва модернизациялашдан сўнг (бўйлама балкалар (боковиналар) 1^1-1^1 ва кўндаланг балкалар 2^1-2^1) кесимларида кучайтирувчи қўйилмалар ўрнатилган ҳолда тақдим этилган.

Тадқиқотлар “статик юклама” режимида бўйлама балкалардаги №1 кесимларга нисбатан кўпроқ юк тушишини кўрсатди (максимал зўриқишлар 10 МПа дан юқори). Ушбу режим тўлиғича рама мувозанатланганига ва оғир ускуналарнинг жойлашган ўрнига боғлиқ. Кучайтирувчи қўйилмаларни ўрнатиш йўли билан модернизациялаш жараёни рама кесимларидаги зўриқишларни 10% дан 20% гача пасайтириши аниқланган.

Диссертациянинг «**Махсус ўзиюлар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкциялари толиқиш мустаҳкамлигини тадқиқ этиш**» номли учинчи бобда махсус ўзиюлар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган

конструкциялари толиқиш мустаҳкамлигининг ҳисоб-китобини амалга ошириш учун математик модель тузилиб, юк тушадиган конструкциялари қолдиқ толиқиш мустаҳкамлигининг ҳисоб услубиёти, эксплуатация жараёнида юк тушадиган конструкцияга таъсир қиладиган юкларлар берилган, бир йил эксплуатация давомидаги вертикал таъсирлардан, шунингдек бир йил эксплуатация давомида таъмирлаш натижасидаги юкларлардан тушадиган таъсирлар, бир йил эксплуатация давомидаги бўйлама юкларлардан тушадиган, толиқишга қаршилик кўрсатиш захира коэффициентлари ва хизмат қилиш муддати ҳисоб-китоблари бажарилди.



(а) – рама ҳисобий кесимларини кучайтирмаган ҳолда, (б) – рамани модернизациялашдан кейин кучайтирувчи қўйилмалар ўрнатиш билан.

2-расм. Автомотриса бош рамаси букувчи моментлари эпюраси.

Танлаб олинган зона учун толиқиш мустаҳкамлиги мезони бўйича узок муддат ишлашга доир изланаётган қиймат қуйидаги формулага биноан топилди:

$$T_k = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]}\right)^m \cdot N_0}{N_{c1} \cdot \sum_j (\sigma_{aj}^I)^m \cdot P_j^I + N_{c2} \cdot \sum_k (\sigma_{ak}^{II})^m P_k^{II} + N_{c3} \cdot \sum_h (\sigma_{ah}^{III})^m \cdot P_h^{III}}, \quad (7)$$

бунда m – тенгламадаги толиқиш эгри чизигининг амплитудаларда кўрсатилган даража кўрсаткичи. Прокатдан ясалган пайвандли конструкциялар учун, чокларга мустаҳкамлаш ишлови бермаган ҳолда [93] га мувофиқ, $m = 4$; T_k – эксплуатация қилиниш ҳисобий муддатига доир изланаётган қиймат; N_{c1}, N_{c2}, N_{c3} – 1 йиллик эксплуатация давомидаги бўйлама, вертикал, таъмирлаш ва бошқа юкламалардан тушадиган цикллар сони; $\sigma_{aj}^I, \sigma_{ak}^{II}, \sigma_{ah}^{III}$ – тажриба давомида зарбли бўйлама юкламалардан (j диапазонларда), рессорали осилмадаги тебранишлардан (k диапазонларда), синов ички босимларидан, таъмирлаш юкламалари (n диапазонларда) ва шу кабилардан олинган носимметрик циклларга симметрик циклга эквивалент бўлган келтирилган динамик зўриқишлар амплитудалари; $P_{j,k,n}$ – тегишли кучланишларда амплитудаларнинг юзага келиш эҳтимоли (частотаси); N_0 – циклларнинг базавий сони.

Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб ни толиқиш мустаҳкамлигига ҳисоб-китоб қилишнинг таклиф этилган услубиётини амалга ошириш мақсадида биз рақамли ҳисоб-китоб дастурини ишлаб чиқдик. Ҳисоб-китоб учун бошланғич маълумотлар сифатида қуйидагилар олинди:

Материалнинг назорат ҳудудида вақтинчалик қаршилик кўрсатиш чегараси қиймати ва симметрик букилиш циклида силлиқ стандарт намуна бардошлилиги чегарасининг ўртача (медиан) қиймати базаси N_0 да тадқиқ этилаётган нуқталар учун қуйидагиларни ташкил этади: $\sigma_B = 355$ МПа, $\bar{\sigma}_{-1} = 160$ МПа. Толиқиш мустаҳкамлиги захираси коэффицентларини аниқлаш параметрлари 1-жадвалга биноан қабул қилинди.

2-жадвал таҳлилидан маълумки, (6) формулага биноан ҳисоблаб топилган толиқишга қаршилик кўрсатиш захира коэффиценти ва (7) формула бўйича ҳисоблаб аниқланган эксплуатация қилиниш муддати қийматига кўра МЎХТ юк тушадиган конструкцияси модернизацияланишига қадар фақат 1' кесими бўйича талаб этилган $n=1,5$ ва $T_k = 30$ йилдан кам, яъни мос равишда 1,49 ва 29,8 йил кўрсаткичига эга эканлигини кўрсатади. Модернизациялашдан сўнг юк тушадиган конструкциянинг барча кесимлари толиқишга қаршилик кўрсатиш захира коэффиценти ва эксплуатация қилиниш муддатлари бўйича барча талабларга жавоб беради. Бу билан капитал таъмирлашдан сўнг махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган конструкциясининг қолдиқ ресурси камида 10 йилни ташкил этиб, унинг давомида ана шу турдаги ҳаракатланувчи таркибнинг авариясиз эксплуатация қилиниши таъминланади.

1-жадвал

Кесимлар бўйича толиқиш мустаҳкамлиги захира коэффициентини аниқлаш учун мўлжалланган параметрлар

	Кесимлар №							
	1	1'	2	2'	2''	3	3'	4
K_σ	1,2	1,2	1,17	1,17	1,17	1,2	1,2	1,41
$K'_{\sigma Д}$	2.87	2.87	2.8	2.8	2.8	2.87	2.87	3.37
$\frac{\sigma_T / \sigma_{ms} - 1}{K'_{\sigma Д}}$	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.36
Ψ_σ	1	1	1	1	1	1	1	1
модернизациялашга қадар								
$\sigma_{ст\ max}$, МПа	183,15	264,75	35,1	58,55	23,25	255,23	83,17	151,5
$\sigma_{ст}$, МПа	22,8	39,97	35,07	58,55	21,45	36,25	32,25	35,1
модернизациялашдан сўнг								
$\sigma_{ст\ max}$, МПа	134,1	204,0	26,75	40,3	22,98	255,23	83,17	151,5
$\sigma_{ст}$, МПа	24,95	25,56	24,13	28,3	21,1	36,5	32,25	35,1

Толиқишга қаршилик кўрсатиш захира коэффициенти (6-формула) ва толиқиш мустаҳкамлиги мезони бўйича узоқ муддат ишлаш ҳисоб-китоби натижалари (7-формула) 2-жадвалга жамланган.

2-жадвал

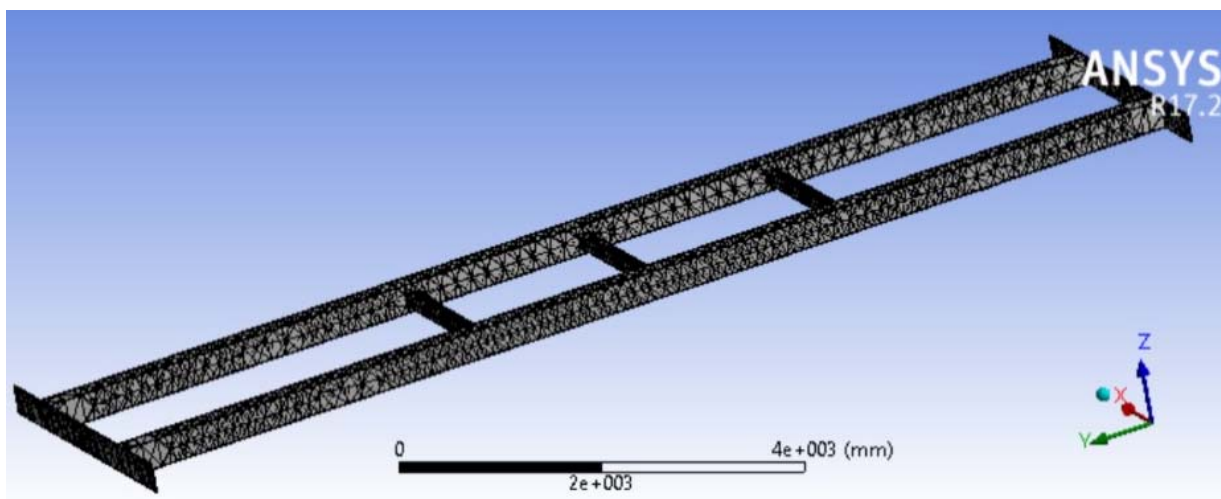
Толиқишга мустаҳкамлиги захира коэффициентлари ва эксплуатация қилиш ҳисобий муддатининг қўшма жадвали

Кесимлар №	1	1'	2	2'	2''	3	3'	4
модернизациялашга қадар								
n	2,35	1,49	3,06	1,81	4,96	1,59	2,7	1,93
T_k	198,73	29,8	555,37	65,72	3835,0	40,7	338,33	89,3
модернизациялашдан сўнг								
n	2,6	2,1	4,39	3,64	5,04	1,59	2,7	1,93
T_k	290,0	125,1	2348,1	1109,82	4083,4	40,7	338,33	89,3

Шунингдек бобда ANSYS WORKBENCH тизимида толиқиш мустаҳкамлигининг ҳисоби услубиёти ишлаб чиқилган.

Толиқишга мустаҳкамликни ҳисоб-китоб қилиш учун SN ёндашув танланиб, яъни толиқиш эгри чизиги симметрик юкланиш ва узоқ муддат ишлаш циклидаги зўриқишлар амплитудалари нуқталари кетма-кетлиги билан берилиб, цикл асимметриясининг таъсирини ҳисобга олиш учун эса Гудман модели танлаб олинган. ANSYS WORKBENCH дастурий мажмуи ёрдамида АДМ-1 автомотрисасининг чекли-элементли модели яратилиб, у 3-расмда келтирилган.

Автомотриса рамаси толиқиш мустаҳкамлигининг ҳисоб-китобини амалга оширамиз. Зўриқишларнинг тақсимланишини аниқлашда ушбу масалада уч ўлчамли чекли элементлардан фойдаланамиз (Solid типли).



3-расм. АДМ-1 нинг чекли-элементли модели

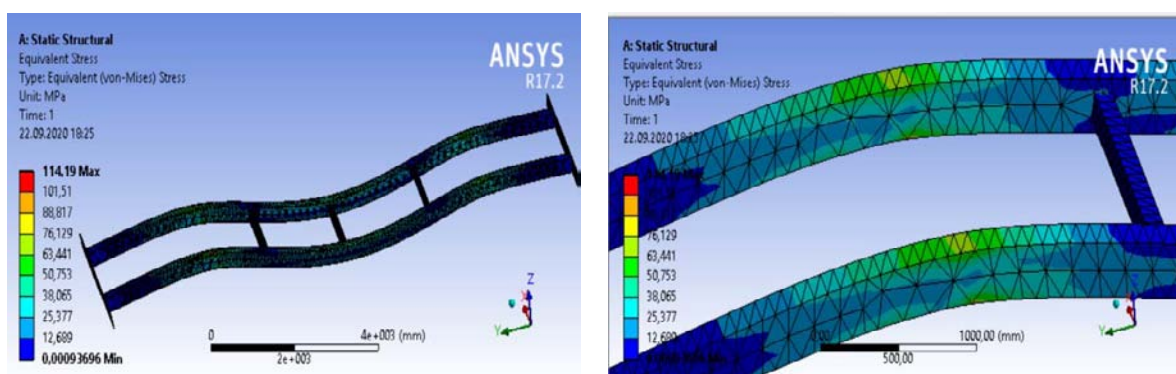
Зўриққан ҳолат букилишга мувофиқ бўлиб, шунинг учун толиқиш балкаси материали қаршилигига оид 3-жадвалда берилган маълумотлардан фойдаланамиз.

3-жадвал

Толиқиш балкаси материали қаршилиги

N	100	1000	10000	100000	1000000
σ_a , МПа	355	315	262	148	86

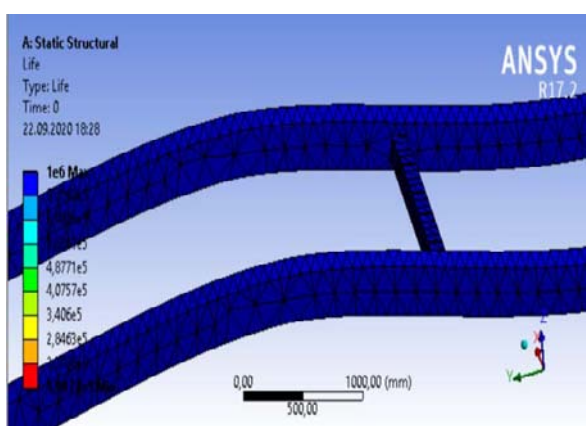
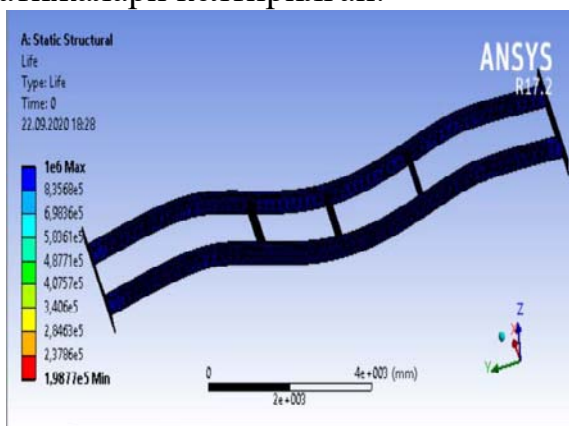
Мазкур конструкция учун статик масалани ечиш натижаларига кўра зўриқшлар ва деформацияланишлар майдонлари топилган. Мисол тариқасида 3-расмда ушбу конструкциянинг натижавий юкламаси $F_a = 345$ кН га тенг бўлган ҳолат учун зўриқишлар интенсивлиги тақсимланиши кўринишидаги статик ҳисоби натижалари келтирилган (шакл ўзгартириш солиштирма энергияси фарази бўйича эквивалент зўриқиш (кучланиш)). Расмнинг ўнг қисмидаги ранглар палитраси зўриқиш даражалари турли ранг интервалларига мувофиқлигини беради. Зўриқиш қийматлари МПа ларда берилган.



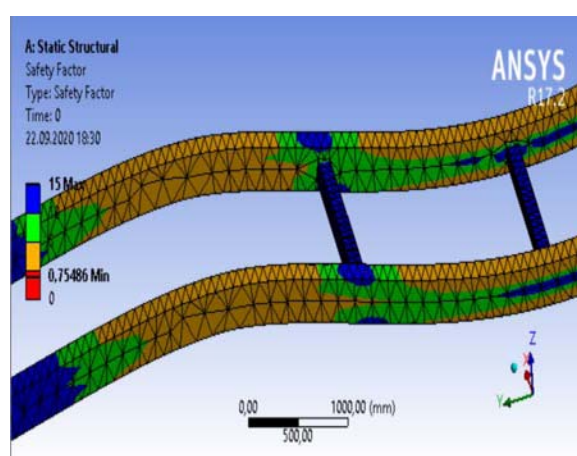
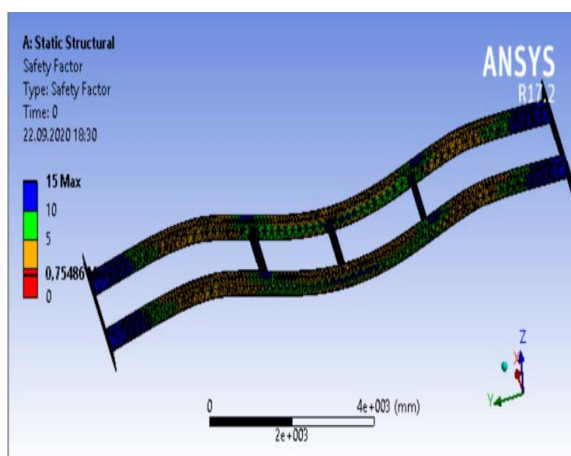
4-расм. Рама зўриқишларининг тақсимланиши

Толиқиш эгри чизиғи юкланиш ва узоқ муддат ишлашга доир симметрик циклдаги зўриқишлар амплитудаси нуқталари кетма-кетлиги билан

берилганлиги сабабли, толиқишга мустаҳкамлик тавсифларини аниқлаш учун SN ёндашувни, цикл асимметрияси таъсирини ҳисобга олиш учун эса Гудман моделини танлаймиз. 5-6-расмларда толиқиш узоқ муддатлилиги (Life) ва зўриқишлар амплитудалари бўйича захира коэффиценти (Safety Factor) натижалари келтирилган.



5-расм. Узоқ муддат ишлаш қобилиятининг тақсимланиши



6-расм. Мустаҳкамлик захираси коэффиценти тақсимланиши

Толиқиш мустаҳкамлиги тавсифларининг максимал ва минимал қийматлари 4-жадвалга жамланган.

4-жадвал

Толиқиш мустаҳкамлиги тавсифларининг максимал ва минимал қийматлари

№		Минимал қиймат	Максимал қиймат
1.	Узоқ муддат ишлашнинг тақсимланиши, цикллар	198770	1000000
2.	Мустаҳкамлик захирасининг тақсимланиш коэффиценти	0,75486	15,0
3.	Зўриққан ҳолатнинг тақсимланиш тавсифлари	-0,99999	0,98878
4.	Зўриқишлар тақсимланишининг эквивалент амплитудаси, МПа	9,3696e-004	114,19

Толиқиш мустаҳкамлигига оид тавсифларининг олинган маълумотлар таҳлили шуни кўрсатдики, қабул қилинган юкламаларда энг катта зўриқишлар бош рама боковинасининг 1 ва 1¹ (1-расмдаги А-А кесиги) ҳамда 4 кесимида (D-D кесиги) юзага келар экан. Бу ҳолда в сечениях 1 ва 1¹ кесимларидаги эквивалент амплитудали зўриқиш тахминан 114 МПа га тенг бўлиб, узоқ муддат ишлаши 198770 цикл деб баҳоланади, мустаҳкамлик захираси коэффиценти 0,75 ни ташкил этади (емирилишга мувофиқ келади). Келтирилган қийматлар умуман аввалги бўлимларда олинган хулосаларга тўғри келади.

Кучайтирувчи қўйилмалар ўрнатилган, модернизацияланган рама учун ҳам ана шундай ҳисоб-китоблар амалга оширилди. Натижалар модернизациялаш кўрсатилган зоналардаги зўриқишларни 23 % (92,7 МПа) га камайтиришга эришилганлигини кўрсатиб, узоқ муддат ишлашни 1000000 циклгача узайтириш, мустаҳкамлик захираси коэффиценти қийматини бирдан ошириш таъминланганлиги маълум бўлди.

Диссертациянинг «**Махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб асосий ускуналари ишончлилигини ошириш услубларини таҳлил қилиш, баҳолаш ва такомиллаштириш**» деб номланган тўртинчи бобида махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб асосий ускуналарининг асосий агрегатлари ва узелларини бошқариш, баҳолаш ва башоратлаш янги технологиясининг асосий тамойили техник ҳолатни эксплуатация жараёнида диагностика воситаларидан фойдаланган ҳолда индивидуал тарзда баҳолашга асосланган, янгича оқилона техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш стратегияси асосидаги асосий технологик тамойили ишлаб чиқилди.

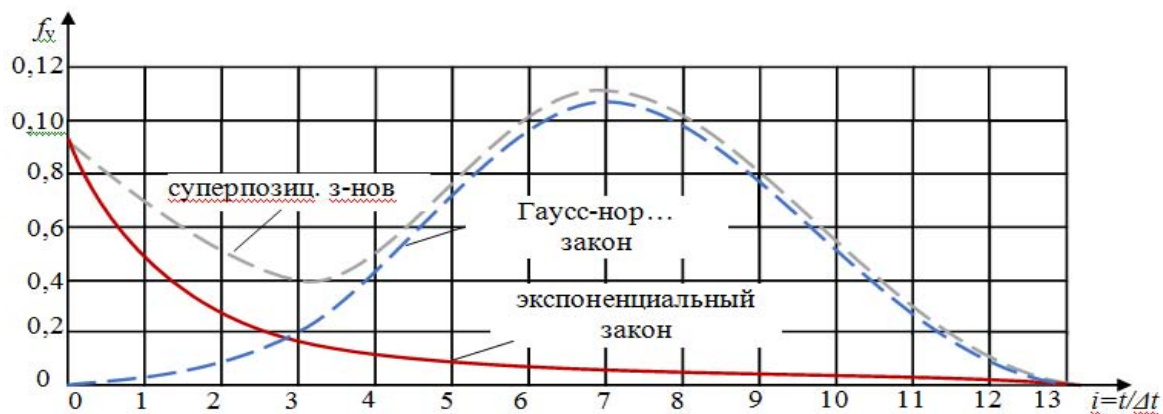
УС махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб эксплуатация шароитларини аниқлаш ва таҳлил қилиш мақсадида «O'zbekiston temir yo'llari» АЖ нинг «Механизация бўлими» томонидан минтакавий участкаларда белгилаб қўйилган тармоқ ва техник стандартларга биноан АДМ-1, АДМ типидagi 174 та автотриса ва МПТ-4 мотовозларининг техник ҳолати таҳлил қилинди. махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб ўзаро бир-бири билан боғлиқ, оғир эксплуатация шароитларида ишлайдиган металл конструкцион, гидравлик ва электромеханик қурилмаларнинг кириш ва чиқиш қийматларига эга бўлган, мураккаб кўп элементли динамик тизим бўлганлиги сабабли МЎХТ ни яхлит тарзда ёки унинг алоҳида қурилмаси ишончлилигини баҳолаш маълум қонунлар шаклидаги анча қийин вазифа бўлиб ҳисобланади. Шунинг учун махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб ишончлилигини таҳлил қилиш мақсадида, муҳандислик нуқтаи назаридан, кўп сонли регрессия статистика услубидан фойдаланиб, у полином коэффицентларини чиқиш параметрлари Y ва кириш параметрлари кўплиги X ни боғлаб турувчи регрессия коэффицентлари сифатида аниқлаш имконини беради.

Мазкур ишда статистика маълумотлари «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ минтакаларида саккиз йиллик эксплуатация давомидаги турли модификацияли махсус ўзиюар ҳаракатланувчи таркиб кўплаб

кузатувлардан регрессия полиноми ёрдамида олинадиган баҳоларнинг ўртача квадратик хатолигини ва тажрибалар сонини камайтириш имконини берадиган тўлиқ ва касрли омил элементлари учун оптимал режаларни куриш қоидаларини ҳисобга олган ҳолда танлаб олинди.

Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб айрим узеллари электромеханик ускуналарининг ишдан чиққунига қадар ишлаш давомийлиги, илашиш муфтаси билан бирга ишлайдиган асинхрон двигателлар хусусиятлари тўғрисидаги статистика маълумотларига ишлов берилганида улар учун экспоненциал қонун ва Гаусс нормал қонуни бирга, устма-уст ишлашини кўрсатди. 7-расмда АДМ-1 автототрисасининг ишдан чиққунига қадар босиб ўтилган йўли тақсимланиши кўрсатилган бўлиб, у икки устма-уст тушиш(наложение)лар мавжудлигини тасдиқлайди.

Монтаж ва тайёрлаш нуқсонлари оқибатида АУ дан фойдаланиш даврининг бошланишида ишдан чиқиш эҳтимоли, Тихорецкий машинасозлик заводи маълумотларига биноан, тахминан 0,001 ... 0,007 атрофида бўлади. Шунинг учун, ресурсни башоратлашда каттагина ишонарли эҳтимолийлик билан анча юқори қиймат, яъни $P_0 = 0,99$ га мўлжал олиш мумкин.



7-расм. Гаусс экспоненциал ва нормал қонунининг МЎХТ ишдан чиққунига қадар ишлашидаги тақсимланиши (устма-уст тушиши) $\Delta t = 1000$ км.

Тўсатдан рўй берадиган ишдан чиқишлар рўй бермаслиги эҳтимоли вақт бўйича $\hat{\lambda}$ параметри билан экспоненциал қонунга биноан тақсимланган, яъни:

$$P_1 = \exp(-\hat{\lambda}t) \quad (8)$$

$\hat{\lambda}$ қиймат ГОСТ 17509-72 га биноан эксплуатация тажрибаси ва кузатувлар натижаларига кўра $[N, U, T]$ режаси бўйича аниқланади:

$$\hat{\lambda} = \frac{d}{\sum_{i=1}^n t_i + (N-d)T},$$

бунда d – ишдан чиқишлар сони; t_i – ишдан чиқишга қадар ишлаш ; N – кузатув остига олинган йиғув узеллари сони; T – режа бўйича кузатувлар давомийлиги (соат, йил).

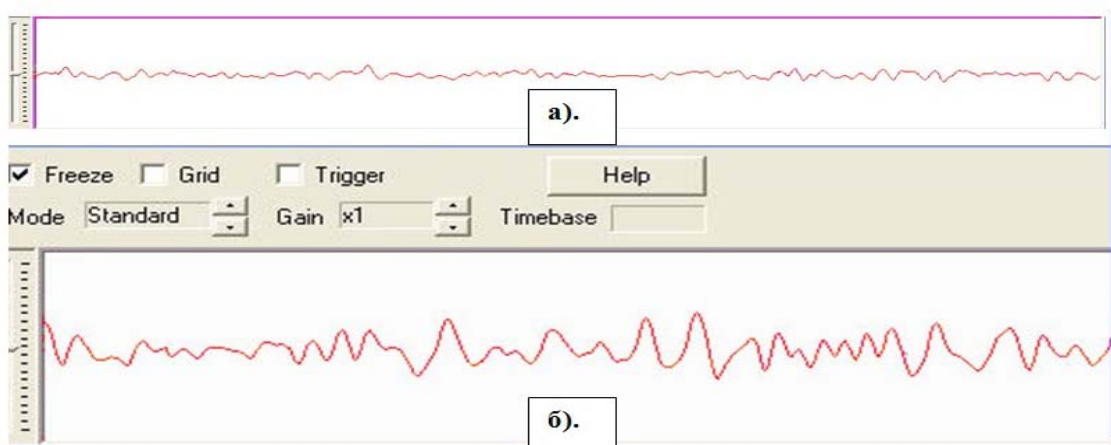
Механик, электр ва гидравлик ускуналардан ташкил топган АУ бошқариш тизими АУ юки оғирлиги, кўтарилиш ва тушиш тезликлари,

технологик режимлари турлича эканлиги, турли ишдан чиқиш интенсивлигига эга бўлган электр ва гидравлик ускуналарининг турли-туман цикли ёки давомли юкламалари таъсири оқибатида ресурсидан нотекис фойдаланилади.

Кузатувлар ва ҳисоб-китоблар натижаларининг тизимли таҳлили асосида МЎҲТ асосий йиғув узелларининг ишдан чиқишга қадар тақсимланиши умумий эҳтимоли экспоненциал ва нормал Гаусс қонунларининг устма-уст туришидан иборат эканлиги кўрсатилган. Улар тақсимланиш зичликлари ҳисобий натижаларига кўра АУ махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибга алоҳида ва биргаликда техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашнинг оптимал даврийлик кўрсаткичларига тузатишлар киритиш мумкин.

Диссертациянинг «Назарий-экспериментал тадқиқотлар ишончилиги, махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб хизмат муддати давом эттиришни ривожлантириш концепцияси» деб номланган бешинчи бобида автомотриса кузови юк кўтарадиган рамасининг вибрацион мустаҳкамлиги бўйича экспериментал тадқиқот натижалари, ҳамда махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибни ривожлантириш концепциясига оид назарий ва экспериментал тадқиқотлар кўрсаткичларининг қиёсий таҳлили натижалари келтирилган.

Экспериментал тадқиқотлар ўтказиш услубиёти табиий шароитлардаги синовларнинг ўтказилиши учун қўлланадиган қоидалар жамланмаси билан белгиланиб, улар ташқи таъсирларни тадқиқ этиш, тегишли ускуналар ва аппаратурадан фойдаланиш (вибродатчиклар ва тензодатчиклар), автоматлаштирилган қайд этиш мажмуини қўллаш ва тажриба маълумотларига эҳтимолий-статистика услублари (Analyzer 2000) ёрдамида ишлов беришдан иборат. Бундан ташқари, биз таклиф этаётган синовлар услубиёти МДХнинг барча мамлакатлари учун бир хил қилиб қабул қилинган электровозларнинг табиий шароитлардаги синовини ўтказиш услубиётига асосланади. Табиий шароитлардаги синовлар АДМ-1 автомотрисанинг эксплуатация шароитларида ўтказилди.



а). $V = 20$ км/соат, б). $V = 50$ км/соат.

8-расм. АДМ-1 автомотрисасининг йўл бўйлаб турли тезликда ҳаракатланганида рамасининг зўриқишлар ўзгариши осциллограммаларнинг кўриниши

Экспериментал тадқиқотлар туркумли тарзда бир неча кун давомида такрорланиб ўтказилди. Синовлар пайтида умумий вақт, автомотриса тезлик режим бўйича маълумотлар ёзиб олиниб, шунингдек кузов рамасидаги вибрациялар ва деформациялар назорат нуқталари бўйича қайд этиб борилди. 8-расмда АДМ-1 автомотрисасининг уламалар туфайли даврий нотекислиги бўлган йўл бўйлаб ҳаракатланишидаги вертикал (букилувчи) зўриқишлари (деформациялари) ўзгаришлари учун осциллограмманинг тахминий кўриниши кўрсатилган.

Синовлар пайтидаги ана шу нуқталардаги вибротезлашишлар қийматларига доир умумлаштирилган маълумотлар 5-жадвалда берилган.

Назорат нуқталаридаги устувор частоталарни аниқлаш ва АДМ-1 автомотрисаси кузови рамаси тебранишлари спектрини таҳлил қилиш мақсадида шахсий компьютерлар Analyzer 2000 ва Analysis Center пакетлари кўринишидаги стандарт дастурий таъминоти ишлатилди.

5-жадвал

Ўтказилган экспериментал ўлчашлар тўғрисидаги маълумотлар.

Назорат нуқтаси	Н338 даги максимал амплитуда, мм	Монитордаги максимал амплитуда, dB	Вибро тезлашишнинг қуйи частотали таркибий қисми, Гц	Букувчи зўриқишлар (марказда), МПа
Автомотриса кузови рамаси вертикал тарзда (кучайтирувчи қўйилмаларни ҳисобга олиб)	38,75	64,06	2,59	28
Автомотриса кузови рамаси (стандарт конструкцияли)	31	51.2	2,07	31

Олинган тажрибалар (эксперимент) қайдларининг спектрал таҳлилидан маълумки, АДМ-1 автомотрисаси кузовининг рамаси автомотриса ўзгарувчан нотекис йўлдан ва эгриликлардан ҳаракатланиши пайтидаги пайдо бўладиган мажбурий юклама таъсирида юзага келадиган тебранишлари динамик юкламаларнинг кенг кўламли частоталари спектрини (0,1 дан 5000 Гц гача) ўзидан ўтказди. Спектрида нисбатан юқорироқ частотали тебранишлар ҳам мавжуд, бироқ улар механик тизимлар учун хос бўлмай, спектрда гармоник таркибий қисмлар мавжудлиги билан изоҳланадилар. Бунда автомотрисанинг ҳар бир детали учун устувор тебранишлар частоталари мавжуд бўлиб, улар учун тадқиқот натижалари 6-жадвалга жамланган.

6-жадвал

АДМ-1 автомотрисаси деталлари тебранишлари спектридаги устувор частоталар

Назорат нуқтаси	Куйи частотли частота спектри, Гц	Юқори частотали спектридаги устувор частота, Гц	43 Гц частотадаги амплитуда, dB
Кузов рамаси (йўналиши вертикал)	1÷5	32,1	тахминан 100
Рама горизонтал (йўналиши горизонтал)	5÷8	3214	-22,4

Олинган тажриба (экспериментлар) натижаларидан маълумки, АДМ-1 автомотрисасининг рамаси куйи частотали спектридаги тебранишлари частотаси 1 дан 5 Гц гача ораликда бўлса, букса узели деталлари гармоникаларни ҳисобга олмаган ҳолда 7 дан 18 Гц гача частота билан куйи частотали спектрида ўзгариб туради. Шунингдек юқори частотали спектр ҳам мавжуд (устувор частоталар бўйича маълумотлар 6-жадвалда берилган). Олинган назарий ва амалий экспериментал тадқиқотлар уларнинг қиёсий таҳлили ўтказилишини талаб этди. Назарий тадқиқотлар ва тажриба маълумотлари яққоллик мақсадида 7-жадвалга жамланди.

Жадвал таҳлили кўрсатишича, назарий ва тажриба (эксперимент) натижаларининг бир-биридан четлашиши юкланиш режимига боғлиқ ҳолда 2% дан 10% гача ораликда ўзгариб туради. Автомотриса ҳаракатланиш тезлиги ортиши билан у пасайиб боради. Кичик тезликларда (нобарқарор режим) ҳисоб-китоблар аниқлиги 8÷10 % га тенг. Йўл хўжалиги ва техникаси фаолияти темир йўл инфратузилмаси нормал ишлаши учун ҳал қилувчи омиллардан бири бўлганлиги сабабли, ўзинюар ҳаракатланувчи таркиб объектларини ривожлантириш ва модернизация қилиш учун инвестициялашга йўлланадиган молиявий оқимлар унинг аҳамиятига мувофиқ бўлиши шарт.

7-жадвал

Назарий тадқиқотлар ва эксперимент маълумотлари

Вибрациялар ва зўриқишларн и ўлчаш назорат нуқтаси	Вибротезлашишнинг куйи частотали таркибий қисми, Гц		вибротезлашишнинг максимал амплитудаси, м/с ²		Бўйлама зўриқишлар (рама марказида), МПа		Буқувчи зўриқишлар (марказда), МПа	
	эксперимент	назария	эксперимент	назария	эксперимент	назария	эксперимент	назария
Кузов рамаси (кучайтирувчи қўйилмалар билан)	2,59	2,64	14,06	-	3,2	3.1	28	29.1
Кузов рамаси (стандарт конструкцияли)	2,07	2.17	15.2	-	3.3	3.2	31	30,7

Ҳозирги пайтда махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб тизими ва умуман унинг ташкилий-техник хўжалиги ҳозирча техник таъминот ва таъмирлашлар заруратига зудлик билан ва мослашувчан муносабат билдиришга қодир бўлмай, бунинг натижасида узлуксиз ва хавфсиз ҳаракатланишни таъминлаш билан боғлиқ потенциал имкониятлар ва иқтисодий манфаатлар баъзан оддий муаммо манбаига айланиб қолади. Чунки режадан ташқари таъмирлашларнинг 50-60% қониқарсиз депо таъмири туфайли амалга оширилиши, бунда махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибни таъмирлаш ишлари билан таъмирловчи хизматчиларнинг 15% дан кўпроқ қисми банд эканлиги маълум. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг хизмат қилиш муддатини уни таъмирлаш ва тиклашга сарфланадиган маблағлар унинг бошланғич (дастлабки) қийматидан анча катта.

Диссертация ишида ўз ичига икки босқични олган махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибни ривожлантириш Концепцияси таклиф қилинган. Мавжуд АУ махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб тизимини 2025 йилгача реконструкция қилиш ва модернизациялашнинг биринчи босқичи ускуналарнинг «энг тор» жойларини бартараф этиш зарурати кўзда тутилган. Бажарилаётган иш турлари бўйича функционал имкониятларни кенгайтиришга қаратилган лойиҳа-изланиш ишларининг бошланиши.

Иккинчи босқич – 2030 йилгача энг янги махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг ихтисослаштирилган турларини монтаж, созлаш ва ундан кейинги жорий таъмирлаш ишлари учун динамик тарзда кенгайтиришдан иборат бўлиб, бу босқич юқори тезликли магистрал ҳаракатланишни таъминлашга қаратилган. Ушбу иш муаллифи томонидан АДМ-1 автотрисаси ва махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркибнинг бошқа турларини кўп йиллик кузатувлари натижалари асосида Ўзбекистоннинг турли географик минтақаларидаги монтаж майдончаларини турли бошқариш режимларида ва асосий ускуналарнинг ишончилиги кўрсаткичларини таҳлил қилиш, баҳолашни амалга ошириш, нисбатан қимматроқ юқори сифатли бутловчи буюмларга ўтиш йўли билан, шунингдек эксплуатация ресурсини оширадиган ва бутун йўл техникасига техник хизмат кўрсатиш сарфларини ва вақтини камайтирадиган замонавий материаллардан фойдаланган ҳолда, хусусан инфратузилма ва юқори тезликдаги ҳаракатни ривожлантириш соҳасида, шунингдек инновацион ривожланишни таъминлайдиган бошқа соҳаларда интеграл ФИК мезонидан фойдаланган ҳолда ресурс-энергетика тавсифларини 10-15 % га яхшилаш имконияти кўрсатилган.

Диссертация ишида ўз аксини топган тадқиқот натижалари махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб монтаж, таъмирлаш ишларини бажаришда, шунингдек электрлаштирилган темир йўлларга техник хизмат кўрсатиш учун мўлжалланган махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиблардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш каби долзарб илмий ва амалий масаланинг ҳал қилинишига муайян даражада улуш кўшади. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб иш жараёнларини тадқиқ этиш мақсадида ишлаб чиқилган математик моделлар ва замонавий рақобатбардош энергия самарали ҳисобий дастурлар мажмуи махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиблар моделларининг кенг

қаторларини лойиҳалаштириш имконини яратиб беради. Бундан кейинги ишлар комплекс математик моделидан фойдаланган ҳолда, уларнинг амалиётда қўлланиш самарадорлигини ошириш имконини берадиган махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб барқарорлигини баҳолаш услубиётларини такомиллаштиришни қўллаб, махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб конструкциясини ва унинг алоҳида элементларини оптималлаштиришга бағишланади.

Диссертация иши хулосалари асосида ишлаб чиқилган йўриқномалар бўйича ва Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиби хизмат муддатини узайтириш ҳамда улар ресурсини башоратлаш услубиёти «Ўзбекистон темир йўллари» АЖда фойдаланиш муддатини 10 йилга қадар узайтириш билан АДМ (АДМ-1) типли автомотрисалар ва МПТ-4 мотовозларининг капитал-тиклаш таъмири бажарилмоқда. Уларнинг қўлланишидан олинадиган умумий иқтисодий самара 17 546 151 АҚШ доллари миқдорида иқтисодий самара олиш имконини беради.

ХУЛОСА

1. Автомотрисанинг ўзгарувчан массали, бошланғич (статик) эгриликка эга бўлган букилиш ва айланма қаттиқлиги бўлган қайишқоқ стержень сифатидаги материали ва рамаси юк тушадиган каркасининг букилиш-ночизикли тебранишларини тадқиқ этиш учун дифференциал тенгламаларни ҳал қилишнинг аналитик услубиёти таклиф этилди.

2. Автомотрисанинг рамаси юк тушадиган каркасининг букилиш-ночизикли тебранишларининг ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган бўлиб, унда тажриба маълумотларини ҳисобга олган ҳолда ташқи юкланиш шароитларининг ўзгариб туриши, шунингдек Гаусс услуби ёрдамида масса, рама кесимлари майдонлари ва инерция моментларининг ўзгарувчанлиги ҳисобга олинган ҳолда ҳисоблаш дастури МATHCAD дастурлаш муҳитида бажарилди натижада юк тушадиган материал ва конструкцияда «статик юклама» режимида бўйлама балкалардаги №1 кесим (максимал зўриқишлар 10 МПа дан баланд) эканлиги аниқланди ва кучайтирувчи қўйилмалар ўрнатиш йўли билан модернизациялаш рама кесимларидаги зўриқишларни 10 % дан 20 % гача камайиши тавсия этилди.

3. Махсус ўзиюрар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган материал ва конструкцияларнинг қолдиқ толиқишга мустаҳкамлиги ҳисоблаш модели ва услубиёти ишлаб чиқилиб, у вертикал, бўйлама, таъмирлаш ва бошқа эксплуатация юкламаларини ҳисобга олган ҳолдаги толиқишга қаршилик кўрсатиш захирасини ва юк тушадиган конструкциялар толиқишга мустаҳкамлик ва узоқ муддат ишлаш мезонига кўра захирани аниқлаш имконини яратади;

4. Автомотриса юк тушадиган конструкциясининг таклиф этилган услубиёт бўйича толиқиш мустаҳкамлигига ҳисоб-китоблар асосида аниқланишича, толиқишга қаршилик кўрсатиш захираси коэффиценти ва юк тушадиган конструкция модернизацияланишига қадар эксплуатация қилиниш муддати l' кесимда талаб этилган муддат, яъни $n=1,5$ ва $T_k = 30$ йилдан камроқ, мос равишда 1,49 ва 29,8 йил қийматларга эга бўлиб, автомотриса юк тушадиган

конструкциясининг қолдиқ ресурси капитал таъмирлаш ўтказилганидан сўнг камида 10 йилни ташкил қилиб, бу давр мобайнида ана шу турдаги ҳаракатланувчи таркибдан кафолатланган тарзда авариясиз фойдаланиш тавсия этилди.

5. Махсус ўзинорар ҳаракатланувчи таркиб юк тушадиган тизимининг толиқишга мустаҳкамлиги тавсифларини ANSYS WORKBENCH тизимида ҳисоблаш услубиёти таклиф этилиб, унга кўра, 345 кН юклама амал қилганида, энг катта зўриқишлар бош рама боковинасининг 1 ва 1¹ кесимлари (А-А кесиги) ҳамда 4 кесимида (D-D кесиги) юзага келиши аниқланган. Бунда 1 ва 1¹ кесимларидаги эквивалент амплитудали зўриқиш тахминан 114 МПа га тенглиги аниқланиб, узоқ муддат хизмат қилиш 198770 цикл деб баҳоланиб, мустаҳкамлик захираси коэффиценти 0,75 ни ташкил этиши (емирилишга тўғри келади) белгилаб олинган. Кучайтирувчи қўйилмалардан фойдаланиб рамани модернизациялаш кўрсатилган зоналардаги зўриқишларни 23 % га (92,7 МПа) камайтириш, узоқ муддат ишлаш даврини эса 1000000 циклга қадар узайтириш, мустаҳкамлик захираси коэффиценти қийматининг 1 дан оширилишини таъминлаши тавсия этилди.

6. Диагностика воситаларини қўллаган ҳолда эксплуатация жараёнида техник ҳолатни индивидуал тарзда баҳолашга асосланган техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашнинг янгича оқилона стратегияси асосидаги ХТМВ асосий ускуналари асосий агрегатлари ва узеллари ишонччилигини бошқариш, баҳолаш ва башоратлаш бўйича янги технологиянинг асосий тамойил тавсия этилди.

7. Кузатувлар ва ҳисоботлар натижаларининг тизимли таҳлили асосида махсус ўзинорар ҳаракатланувчи таркиб асосий йиғув узелларининг ишдан чиқишига қадар ишлаши тақсимланишининг умумий эҳтимоли Гаусс экспоненциал ва нормал қонунларининг устма-уст тушиб келишидан иборатлиги кўрсатиб, улар тақсимланиш зичликлари ҳисоб-китоби натижаларига кўра МУҲТ асосий йиғув узелларига техник хизмат кўрсатиш ва уларни таъмирлашнинг алоҳида ва биргаликда оптимал даврийлиги кўрсаткичларига ўзгартиришлар киритиш тавсия этили.

8. Экспериментал тадқиқотлар кўрсатишича, АДМ-1 автомотриса рамасининг қуйи частотали спектрда тебранишлари частотаси ўртача 1 дан 5 Гц гача ораликда бўлса, букса узели деталлари қуйи частотали спектрла гармоникаларни ҳисобга олмаган ҳолда 7 дан 18 Гц гача частота билан тебранишини ҳисобга олиб, умумий динамик зўриқишлар мустаҳкамлик чегарасидан ўтмай тажриба давомида 15,3 МПа дан 41,23 МПа гача ораликда ўзгариб туриши асосида. ўтказилган назарий-экспериментал тадқиқотлар ишонччилиги юкланиш режимларига боғлиқ равишда 2% дан 10% ораликда ўзгариб туради ва автомотриса ҳаракатланиш тезлиги ортиши билан у пасайиб боради ва кичик тезликларда (нобарқарор режим) ҳисоби аниқлиги 8÷10 % эканлиги изоҳланди.

9. Махсус ўзинорар ҳаракатланувчи таркиб ни ривожлантириш ва хизмат муддатини узайтириш концепцияси тавсия этилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.15/27.02.2020.T.73.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МУХАМЕДОВА ЗИЁДА ГАФУРДЖАНОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА
СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

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

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяги поездов и электрификация

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2020

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.DSc/T232.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tashiit.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный консультант:

Шермухамедов Абдулазиз Адилхакович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Рискулов Алимжан Ахмаджанович
доктор технических наук, профессор

Шаринов Кунградбай Авезимбетович
доктор технических наук, профессор

Курбанов Жаннибек Файзуллаевич
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Турийский политехнический университет в городе Ташкенте

Защита диссертации состоится « 7 » 12 2020 г. в 10⁰⁰ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.15/27.02.2020.T.73.02 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г Ташкент, ул. Одилхужаева, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru.

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

Автореферат диссертации разослан « 23 » 11 2020 года.
(реестр протокола рассылки № « 1 » от « 16 » 11 2020 года).



А.В. Умаров
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Э.У. Тешабасва
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н.

Ш.С. Файзибаев
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на сегодняшний день 78% груза, перевозимого всеми видами транспорта, приходится на долю железной дороги, поэтому вопросы повышения надежности и ресурсосбережения путем модернизации конструктивных узлов, находящейся в эксплуатации железнодорожной техники при их капитальном ремонте с продлением срока полезного использования определяют политику нашего государства. Одной из главных мер мировой антикризисной программы является решение главной ключевой задачи: «ускоренное осуществление модернизации, техническое и технологическое переоснащение предприятий, повышение надежности материалов, широкое внедрение современных гибких технологий»¹. Поэтому столь важное значение придается осуществлению научных исследований в направлении неразрушаемого прогнозирования их свойств и ресурса.

В разных странах мира, таких как США, Англия, Франция, Германия, Япония, Китай и в других, особое внимание уделяется проблемам ресурсосбережения в железнодорожной отрасли, в частности продлению сроков службы специального железнодорожного подвижного состава для обеспечения безопасной и бесперебойной работы всей железнодорожной сети. Поэтому проводятся научно-исследовательские работы, направленные на изучение оценки и совершенствованию методов повышения надёжности, определению остаточных и прочностных ресурсов железнодорожного подвижного состава с применением современных методов и программ моделирования.

На сегодняшний день в процессе подъёма экономики Республики Узбекистан, особое значение придается эффективному использованию средств, увеличению срока службы применяемых материалов и конструкций, применению инновационных подходов при создании различных неразрушающих способов их модернизации. Модернизация подвижного состава, в том числе автотриск, а также применение при этом экономически эффективных методов даст возможность удешевления общей себестоимости перевозок в целом. В Стратегии действий, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан определены такие задачи, как «техническое и технологическое обновление производства, решение транспортно-коммуникационных и социально-инфраструктурных проектов, ... уменьшение потребления энергии и ресурсов, широкое привлечение в производство энергосберегающих технологий»². В этом смысле важную роль играют внедрение современных технологий и научных разработок для улучшения динамических показателей работы материалов и конструкций железнодорожного подвижного состава.

¹ www.mdpi.com/2076-3298/4/2/39.PDF

² <https://www.fitchratings.com/research/sovereigns>

Диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан” и в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 20 апреля 2017 года № ПП-2909 “О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования”, в Указе Президента Республики Узбекистан от 01.02.2019г. № УП-5647 «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», а также способствует реализации задач, поставленных в других нормативно-правовых документах.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Научные исследования, направленные на определение различных аспектов динамической и усталостной прочности и надежности материалов и агрегатов, узлов и деталей специального самоходного передвижного состава осуществлялись ведущими мировыми научными центрами и высшими образовательными заведениями, в том числе General Electric Transportation (США), Institute of Communications Technology Hannover, Siemens, Техническим университетом в Брауншвейге (Германия), Силезским политехническим университетом в Катовице (Польша), East Paris University (Франция), Cranfield University Bedford (Буюк Британия), Московским институтом инженеров транспорта, Омским железнодорожным университетом, Санкт-Петербургским государственным железнодорожным университетом (Россия), Ташкентским государственным транспортным университетом (Узбекистан).

В результате проведенных научных исследований был получен ряд научных результатов, направленных на выявление различных аспектов расчета динамической и усталостной прочности и надежности разных материалов и агрегатов, узлов и деталей специального самоходного подвижного состава, в их числе: General Electric Transportation (США) (были разработаны методы оценки индивидуального ресурса вагонов), Institute of Communications Technology Hannover, Siemens, Технический университет в Брауншвейге (Германия), разработан метод динамического анализа и долговременного прогнозирования методов проектирования для прогнозирования долговременности усталости работы тележек метрополитена, East Paris University (Франция), Cranfield University Bedford (Великобритания), Московский институт инженеров транспорта, Омский университет путей сообщения, Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения (Россия), создана система ANSYS WORKBENCH для расчета динамической и усталостной прочности,

надежности различных материалов и агрегатов, узлов и деталей специального самоходного подвижного состава в Ташкентском государственном транспортном университете (Узбекистан).

В результате проведенных научных исследований был получен ряд научных результатов, направленных на выявление различных аспектов расчета динамической и усталостной прочности и надежности разных материалов и агрегатов, узлов и деталей специального самоходного подвижного состава, в их числе: General Electric Transportation (США) (были разработаны методы оценки индивидуального ресурса вагонов), институт коммуникационных технологий Ганновера, Siemens, технический университет для прогнозирования долгосрочной работоспособности тележек метрополитена, разработаны методы проектирования динамического анализа и методика прогнозирования долгосрочной жизнеспособности Восточно-Парижского университета (Франция), Крэнфилдского университета Бедфорда (США), Великобритания), Московский институт инженеров транспорта, Омский университет путей сообщения, Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения (Россия),

Степень изученности проблемы. Над развитием теории расчета механических систем железнодорожного транспорта, динамической и усталостной прочности и надежности различных узлов и деталей работали такие учёные, как Baykasoglu C., Han T., Li Q., Chao W., Liu Ch., Miao B., Tang W., Mancini G., Cera A., Bruni S., Jung-Won Seo, Hyun-Moo Hur, Hyun-Kyu Jun, Seok-Jin Kwon, Dong-Hyeong Lee, Sebesan I., Baiasu D., Anyakwo A., Pislaru C., Ball A., Dahlberg T., R.Ch. Sharma, M.Dhingra, R.K. Pandey, Y.Rathore, D. Ramchandani, Rezvani M.A., Feizi M.M., Shadfar M., Zabeld V., Александров А.В., Бабаков И.М., Тимошенко С.П., Шнейдерович Р.М., Болотин В.В., Васильев В.З., Когаев В.П., Коссов В.С., Писаренко Г.С., Решетов Д.Н., Савоськин А.Н., Серенсен С.В., Феодосьев В.И., Anyakwo A., Bogdevicius M., Zygiene R., Bureika G., Subačius R, Chao Wang, Popp K., Schiehlen W., Rakesh Chandmal Sharma., Sebesan I., Baiasu D., Spiriyagin M., Битюцкий А.А., Болотин В.В., Бороненко Ю.П., Бубнов В.М., Григорьев П.С., Жданов В.Н., Кельрих М.Б., Кочнов А.Д., Соколов М.М., Третьяков А.В., Глущенко А.Д., Лебедев О.В., Хромова Г.А., Файзибаев Ш.С. и др.

Этими учёными были созданы теоретические предпосылки для изучения, их оценке и прогнозированию технического ресурса ответственных элементов металлических конструкций грузовых вагонов и предложены нормативно-технические решения, методики и алгоритмы оценки остаточного ресурса подвижного состава рельсового транспорта.

В то же время во многих отраслях машиностроения в настоящее время осуществляются научные изыскания по увеличению сроков службы различных типов подвижного состава, кузовов, оценке их остаточного ресурса и увеличению их сроков службы, и наличие изгибных и крутильных колебаний кузовов, их несущих рам, рессорных подвесок и ходовой части, проверке

показателей усталостной прочности и надежности конструкций специального самоходного подвижного состава, модернизации специального самоходного подвижного состава, колебаниям различных элементов самоходного подвижного состава определённого типа, достижение необходимого уровня динамической прочности путем оценки их влияния на качество его показателей, обеспечение необходимой прочности (твёрдости) усиливаемых механических узлов и деталей, а также по надёжной теоретической оценке остаточного ресурса металлических конструкций транспортного машиностроения.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнялось в соответствии с планами научно исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета транспорта в рамках государственного и фундаментального гранта №БФ-2-003 «Разработка методов расчета взаимодействия и износа поверхности катания (качения) колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта» (2017-2020 гг.) и прикладного гранта молодых учёных №ЁО-А3-001 «Разработка методов расчета на динамическую прочность механических узлов и деталей аварийно-восстановительных автомотрис для транспортного машиностроения» (2017-2018 гг.), а так же на хозяйственного договора на тему: «Разработка технологического процесса капитально-восстановительного ремонта и методики продления срока службы грузовых дрезин типа АДМ (АДМ-1) на УП «O'ztemirmashta'mir» (2016-2019 гг.)

Целью исследования является разработка методов улучшения прочностных характеристик и повышения надежности основных элементов специального самоходного подвижного состава с целью повышения срока службы и прогнозирования его ресурса.

Задачи исследования:

определение изменений физико-химических и физико-механических свойств конструкций, материалов и частей специального самоходного подвижного транспорта в процессе работы;

разработка математической модели и методики расчета динамической прочности несущих материалов и каркаса рамы с учетом вертикальных и горизонтальных колебаний специального самоходного подвижного состава;

разработка математической модели и методики расчета на остаточную и усталостную прочность несущих материалов и конструкций специального самоходного подвижного состава;

разработка методики численного расчета усталостной прочности материалов и конструкций в системе ANSYS WORKBENCH;

анализ, оценка и совершенствование методов повышения надёжности основного оборудования специального самоходного подвижного состава;

разработка концепции развития и продления срока службы специального самоходного подвижного состава.

Объектом исследования является материал и конструкция специального самоходного подвижного состава (аварийно-восстановительной автомотрисы типа АДМ-1, АДМ-1.5 и мотовоза погрузочного транспортного типа МПТ-4).

Предметом исследования являются прочностные характеристики и надежность основного материала и элементов конструкции специального самоходного подвижного состава, повышение их срока службы и прогнозирования его ресурса.

Методы исследования. Исследования проведены на основе методов сопротивления материалов, динамики и прочности машин, теории надежности, теории вероятности и математической статистики, а также применения численных методов: метода Фурье, кусочно-линейной аппроксимации, метода итераций и метода конечных элементов.

Научная новизна исследования заключается:

определено изменение физико-химических и физико-механических свойств конструкций, материалов и частей специального самоходного подвижного состава в процессе выполнения работы;

получена зависимость изменения прочностных характеристик несущих материалов и конструкции специального самоходного подвижного состава в зависимости от цикла нагружения в системе ANSYS WORKBENCH.

разработана модель для определения оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта основных сборочных узлов специального самоходного подвижного состава, совмещенного с процессом диагностирования, с учетом их эксплуатационно допустимых режимных параметров, средней стоимости текущих ремонтов, затрат на аварийно-восстановительные работы с применением метода неопределенных множителей Лагранжа;

получена вероятность распределения до отказа основных сборочных узлов специального самоходного подвижного состава, путем наложения экспоненциального и нормального гауссовского законов распределения, позволяющая корректировать показатели отдельной и совместной оптимальной периодичности ремонта специального самоходного подвижного состава;

разработана модель динамической прочности и аналитико-численный метод расчета несущего каркаса рамы с учетом вертикальных и горизонтальных колебаний специального самоходного подвижного состава;

разработана модель и методика расчета на остаточную усталостную прочность несущих конструкций специального самоходного подвижного состава, позволяющая определить запас сопротивления усталости и долговечность по критерию усталостной прочности несущих конструкций с учетом вертикальных, продольных, ремонтных и других эксплуатационных нагрузок.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны инструкции «Инструкция по технологическому процессу

капитального ремонта механической части автомотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока службы в условиях ПДМ» и «Инструкция по технологическому процессу капитального ремонта электрической части автомотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока службы в условиях ПДМ»;

разработана модель динамической прочности и модель аналитико-цифрового метода, учитывающая вертикальные и горизонтальные колебания несущего каркаса рамы специального самоходного подвижного состава, разработана модель определения запаса сопротивления усталости по критерию усталостной прочности несущих конструкций с учетом вертикальных, продольных, ремонтных и иных нагрузок, а также модель усталостной прочности несущих конструкций специального самоходного подвижного состава и их методика расчета.

Достоверность результатов исследования подтверждается проведением исследований при помощи современных методов, итогами компьютерного моделирования, а также статических и динамических параметров рамы специального самоходного подвижного состава, полученных на основе правил теоретической механики, сопротивления материалов, вместе с тем адекватностью полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, полученными положительными результатами испытаний несущей конструкции специального самоходного подвижного состава и их внедрением в производство.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов обосновывается разработкой прикладных методов, позволяющих производить прочностной расчет несущих материалов и несущей конструкции, возможности оценки надежности основных сборочных единиц специального самоходного подвижного состава с целью продления срока их службы и обеспечения безопасности движения.

Созданные средства и предложенные методы по расчету модернизации и продлению срока службы специального самоходного подвижного состава дали возможность широкого использования при проектировании новых конструкций специального самоходного подвижного состава, а также при ремонте эксплуатируемых.

Практическая значимость результатов исследования заключается в прогнозировании остаточного ресурса основных сборочных узлов специального самоходного подвижного состава, в имеющихся методах прогнозирования остаточного ресурса основных сборочных узлов и определения оптимальной периодичности их ремонта и технического обслуживания, совмещенного с процессом диагностики материалов и конструкций с учетом допустимых режимных параметров эксплуатации, применением методов, направленных на увеличение сроков службы при модернизации и эксплуатации специального самоходного подвижного состава, в т.ч. автомотрис АДМ-1, АДМ-1,5 и мотовозов МПТ-4.

Внедрение результатов исследования:

На основе полученных результатов по разработке методов улучшения прочностных характеристик и надежности основных элементов специального самоходного подвижного состава для продления его срока службы и прогнозирования ресурса:

разработана модель и методика расчета на остаточную усталостную прочность несущих конструкций специального самоходного подвижного состава, позволяющая определить запас сопротивления усталости и долговечность по критерию усталостной прочности несущих конструкций с учетом вертикальных, продольных, ремонтных и других эксплуатационных нагрузок, которые были внедрены на АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» № 01-2845-20 от 21 августа 2020 года). В результате появилась возможность постоянно контролировать работоспособность материалов и конструкций специального самоходного подвижного состава.

разработана инструкция по технологическому процессу капитального ремонта механической части автотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока службы в условиях ПДМ, которая внедрена в деятельность АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Справка № 01/2845-20 от 21 августа 2020 года АО «Ўзбекистон темир йўллари»). В результате чего получена возможность выполнения капитально-восстановительного ремонта механической части автотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока их полезного использования до 10 лет.

разработана инструкция по технологическому процессу капитального ремонта электрической части автотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока службы в условиях ПДМ, которая внедрена в деятельность АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Справка № 01/2845-20 от 21 августа 2020 года АО «Ўзбекистон темир йўллари»). В результате чего получена возможность выполнения капитального ремонта электрической части автотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 с продлением срока их полезного использования до 10 лет.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 11 научно-практических конференциях, научных школах и семинарах, в том числе на 6 международных конференциях и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано всего 43 научных работ. 2 монографии, 10 статей в иностранных журналах, из них 3 в базе SCOPUS, 4 статьи в журналах стран СНГ, 10 статей в журналах Республики, 2 Свидетельство на программу ЭВМ.

Структура и объем работы. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 195 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, а также объект, предмет и методы исследования, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается их достоверность, в том числе внедрение итогов диссертационной работы в практику, а также сведения по апробациям, опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Состояние вопроса. Постановка задач исследования»** приводится обзор научно-технической литературы в области динамики и оптимизации динамических характеристик специального самоходного подвижного состава. Анализ исследований по оптимизации динамических свойств самоходного подвижного состава с применением различного вида математических моделирований показал, что этому направлению уделяется большое внимание. Несмотря на полученные положительные результаты, принципы оптимизации не используются массово и редко применяются в практике для проектирования ходовой части подвижного состава. Эта ситуация связана с отсутствием совершенных программ по оптимизации с использованием несложных численных моделей, а также отсутствием конкретного механизма или методологии оптимизации с использованием физических моделей. В процессе оптимизации можно рассмотреть несколько вариантов для выбора целевой функции, что означает, если оптимизируется основной критерий, то по остальным критериям накладываются ограничения. Соответственно для решения задачи нужно достичь совпадения всех локальных результатов.

Анализ работ по определению усталостной прочности несущей конструкции подвижного состава показывает, что современные исследования в этой области основываются на использовании компьютерных программных комплексов. Анализ напряжений/деформаций для оценки усталостного ресурса и метод модального анализа для определения коэффициентов нагружения, собственных частот и форм моделей проводится в программном обеспечении ANSYS.

В настоящее время практическими работами по продлению сроков службы различных типов подвижного состава занимаются более 25 организаций – исполнителей этих работ из России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Литвы, Грузии и Узбекистана. В своей деятельности эти организации руководствуются нормативно – техническим документом «Единые методические указания по техническому диагностированию грузовых и рефрижераторных вагонов в международном сообщении» и типовыми Программами и методиками технического диагностирования. Эти документы также утверждены Комиссией Совета по железнодорожному транспорту стран СНГ и Балтии.

С усложнением современной техники, повышением требований к её надёжности и недопустимости создания аварийных ситуаций, которые

могут привести к авариям и катастрофам, увеличивается число контролируемых структурных параметров, следовательно, необходимых измерительных средств. По данным анализа безопасности движения на сети железных дорог излом высоконагруженных деталей подвижного состава в большинстве случаев происходит из-за наличия старых трещин площадью сечений от 12% (боковые рамы тележек) до 50% и более (оси колёсных пар) площади сечения детали. Одним из наиболее эффективных способов повышения срока службы деталей подвижного состава и исключения случаев перебраковки продукции является разработка методик определения остаточного ресурса с использованием технических средств неразрушающего контроля.

Кроме того, дан анализ математических методов, применяемые для анализа, оценки и прогноза надежности основного оборудования специального самоходного подвижного состава. Важнейшей качественной характеристикой основного оборудования специального самоходного подвижного состава, как и всех изделий объектов машиностроения является надёжность. За длительное время в процессе эксплуатации основного оборудования подвергается воздействию множества случайных причин, поразному влияющих на их техническое состояние. Многообразие и статистический характер воздействия эксплуатационных факторов приводит к тому, что вопросы надёжности необходимо разрабатывать на уровне их проектирования, длительного срока эксплуатации и ремонта с применением современных технологий. Для описания статического и динамического технического состояния основного оборудования применяют удобные формализованные и эффективные инструменты для его анализа, оценки и прогноза: теория графов; теория конечных автоматов; теория надёжности; теория распознавания образов; теории вероятности и математической статистики, теория планирования эксперимента и регрессионный анализ. Одним из наиболее эффективных методов анализа производственных процессов при управлении основным оборудованием специального самоходного подвижного состава является метод теории планирования эксперимента и регрессионного анализа.

Анализ исследований в области достоверной теоретической оценки остаточного ресурса металлоконструкций транспортного машиностроения показал, что такие исследования ещё недостаточны и, несомненно, должны быть расширены с целью достижения уровня точности и достоверности, получаемые экспериментальными методами.

Во второй главе **«Исследование динамической прочности несущих конструкций специального самоходного подвижного состава»** приводятся расчет динамической прочности рамы специального самоходного подвижного состава на примере автотрисы АДМ-1 при режиме весового нагружения. Предложена математическая модель для расчета на статическую прочность специального самоходного подвижного состава и методика её расчета с использованием компьютерных программ.

Отличием предлагаемой модели от существующих моделей является учет переменности сечения, массы, изгибной и продольной жесткости по длине эквивалентной балки, что соответствует реальным условиям эксплуатации.

Для предлагаемой нами модели параметры эквивалентного несущего каркаса рамы аварийно-восстановительной автомотрисы принимаются в виде переменных функций:

- погонной массы рамы автомотрисы (кг/м)

$$m_K(X) = m_0 * (a_0 + a_1 X + a_2 X^2), \quad (1)$$

- площади поперечного сечения

$$F(X) = F_0 * (d_0 + d_1 X + d_2 X^2), \quad (2)$$

при этом длина главной несущей рамы аварийно-восстановительной автомотрисы по осям автосцепки равна 12,95 метра, а координата X изменяется в пределах $0 \leq X \leq 12,95$ м;

- приведенного момента инерции сечений рамы по оси $X_C - I_X$ ($см^4$):

$$I_X(X) = I_0 * (b_0 + b_1 X + b_2 X^2), \quad (3)$$

где I_0 - момент инерции сечения А-А (рис. 1), (в долях равный 1,0) имеет расчетное значение $I_0 = I_{XC}(A-A) = 10380$ $см^4$

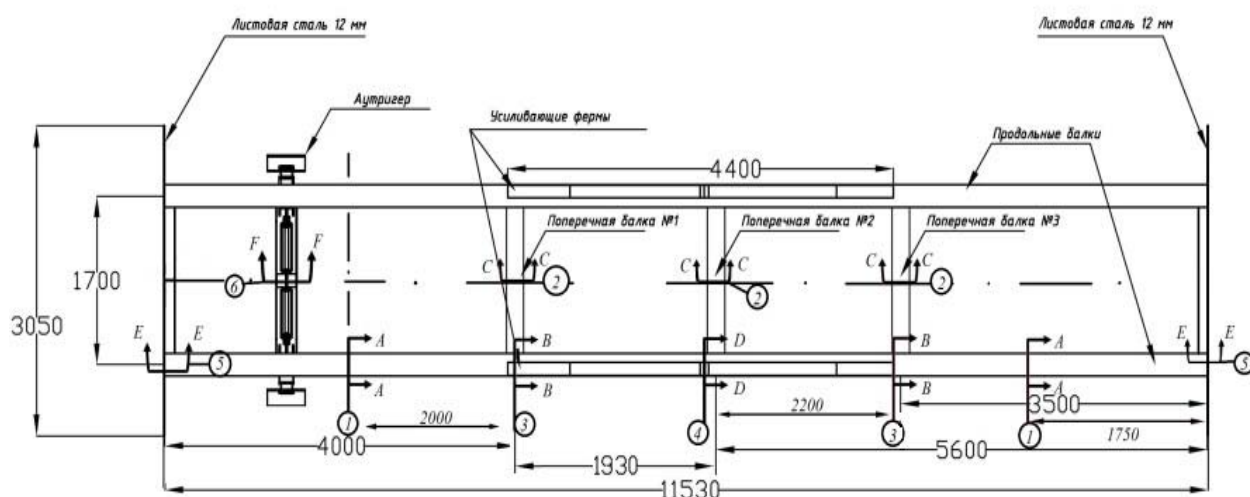


Рис. 1. Расчетная схема главной рамы автомотрисы АДМ-1.

Для анализа напряженно-деформированного состояния эквивалентного каркаса несущей рамы аварийно-восстановительной автомотрисы используем дифференциальные уравнения изгибных и продольных колебаний прямых стержней переменного сечения:

$$\begin{aligned} m_K(X) \frac{\partial^2 U(X,t)}{\partial t^2} - E \frac{\partial F(X)}{\partial X} \cdot \frac{\partial U(X,t)}{\partial X} - EF(X) \frac{\partial^2 U(X,t)}{\partial X^2} = \\ = N_D(X,t) + E \frac{\partial I_X(X)}{\partial X} \cdot \frac{1}{R^2} + 2EI_X(X) \frac{1}{R} \frac{\partial^3 W(X,t)}{\partial X^3} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
& m_k(X) \frac{\partial^2 W(X,t)}{\partial t^2} + EI_x(X) \frac{\partial^4 W(X,t)}{\partial X^4} + E \frac{\partial^2 I_x(X)}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial^2 W(X,t)}{\partial X^2} = \\
& = P_d(X,t) + \frac{E}{R} \left[\frac{\partial^2 I_x(X)}{\partial X^2} + 2I_x(X) \cdot \frac{\partial^3 U(X,t)}{\partial X^3} \right]
\end{aligned} \tag{5}$$

Решение системы (4) ÷ (5) выполняется с линеаризацией по методу Симпсона, далее к дифференциальным уравнениям с постоянными коэффициентами применяется метод Фурье с дальнейшим применением операционного преобразования Лапласа по времени, численные исследования выполнены методами кусочно-линейной аппроксимации и граничных элементов.

Для проведения динамического расчета на прочность рамы аварийно-восстановительной автотрисы нами разработана программа расчета в среде Mathcad, которая учитывает варьирование внешними условиями нагружения с учетом данных экспериментов, а также учитывает с помощью метода Гаусса переменность массы, площади сечений рамы и моментов инерции.

Кузов специального самоходного подвижного состава в расчетной схеме предполагается полностью уравновешенным в продольном направлении, поэтому реакции опор равны между собой.

На рис.2 в качестве примера приведена эпюра изгибающих моментов до модернизации рамы автотрисы (без усиления) (а) и после модернизации рамы автотрисы (с установкой усиливающих накладок в сечениях продольных балок (боковин) 1¹-1¹ и поперечных балок 2¹-2¹).

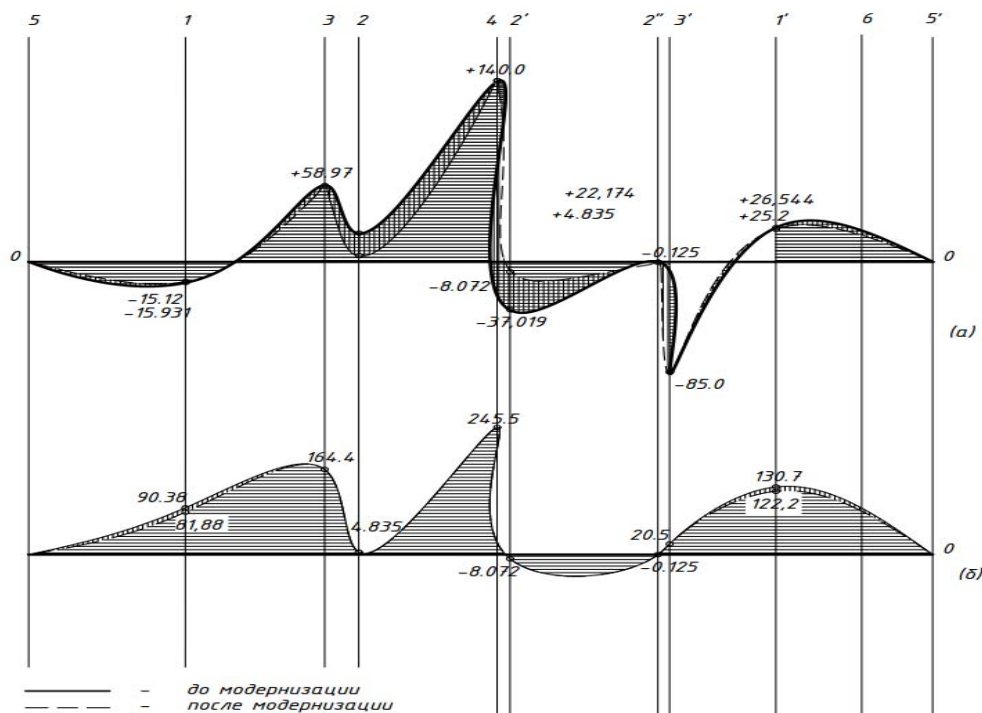


Рис. 2. Эпюра изгибающих моментов главной рамы автотрисы: (а) – без усиления расчетных сечений рамы, (б) – с установкой

усиливающих накладок после модернизации рамы.

Исследования показали, что наиболее нагруженными при режиме «статическая нагрузка» является сечения №1 на продольных балках (максимальные напряжения выше 10 МПа). Данный режим полностью зависит от развесовки рамы и мест расположения тяжелого оборудования. Установлено, что процесс модернизации путем установки усиливающих накладок снижает напряжения в сечениях рамы от 10 % до 20 %.

В третьей главе «Исследование усталостной прочности несущих конструкций специального самоходного подвижного состава» составлена математическая модель для расчета на усталостную прочность несущих конструкций специального самоходного подвижного состава, дана методика расчета на остаточную усталостную прочность несущих конструкций специального самоходного подвижного состава, нагрузки, действующие на несущую конструкцию в процессе эксплуатации, сделаны расчеты воздействия от вертикальных нагрузок за год эксплуатации, воздействия от ремонтных и других нагрузок за год эксплуатации, воздействия от продольных нагрузок за год эксплуатации, коэффициента запаса сопротивления усталости и срока службы.

Оценка усталостной прочности производится по коэффициенту запаса сопротивления усталости, который рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n], \quad (6)$$

где $\sigma_{a,N}$ – предел выносливости (по амплитуде) для контрольной зоны при симметричном цикле и установившемся режиме нагружения при базовом числе циклов $N_0=10^7$; $\sigma_{a,\varepsilon}$ – величина амплитуды динамического напряжения условного симметричного цикла, приведенная к базовому числу циклов N_0 , эквивалентная по повреждающему воздействию реальному режиму эксплуатационных напряжений за расчетный срок службы; $[n]$ – минимально допустимый коэффициент запаса сопротивления усталости для выбранной зоны.

Искомая величина долговечности по критерию усталостной прочности для выбранной зоны определялась по следующей формуле:

$$T_k = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]}\right)^m \cdot N_0}{N_{c1} \cdot \sum_j (\sigma_{aj}^I)^m \cdot P_j^I + N_{c2} \cdot \sum_k (\sigma_{ak}^{II})^m \cdot P_k^{II} + N_{c3} \cdot \sum_h (\sigma_{ah}^{III})^m \cdot P_h^{III}}, \quad (7)$$

где m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах, для сварных конструкций из проката без упрочняющей обработки швов $m = 4$; T_k – искомая величина расчетного срока эксплуатации; N_{c1}, N_{c2}, N_{c3} – числа циклов за 1 год эксплуатации для продольных, вертикальных, ремонтных и других нагрузок; $\sigma_{aj}^I, \sigma_{ak}^{II}, \sigma_{ah}^{III}$ – амплитуды динамических напряжений, приведённые к симметричному циклу, эквивалентных экспериментально полученным несимметричным циклам от ударных продольных нагрузок (в j диапазонах),

от колебаний на рессорном подвешивании (в k диапазонах), от испытательного внутреннего давления, ремонтных нагрузок и т.д. (в n диапазонах); $P_{j,k,n}$ – вероятность (частота) возникновения амплитуд при соответствующих напряжениях; N_0 – базовое число циклов.

Для реализации предложенной методики расчета специального самоходного подвижного состава на усталостную прочность нами разработана программа численного расчета.

Исходными данными для расчета были приняты:

значение предела временного сопротивления материала в контрольной зоне и среднее (медианное) значение предела выносливости гладкого стандартного образца при симметричном цикле изгиба на базе N_0 для

исследуемых точек: $\sigma_B = 355$ МПа, $\sigma_{-1} = 160$ МПа;

параметры для определения коэффициентов запаса усталостной прочности по сечениям приняты согласно таблицы 1.

Таблица 1

Параметры для определения коэффициентов запаса усталостной прочности по сечениям

	№ сечений							
	1	1'	2	2'	2''	3	3'	4
K_σ	1,2	1,2	1,17	1,17	1,17	1,2	1,2	1,41
$K'_{\sigma Д}$	2.87	2.87	2.8	2.8	2.8	2.87	2.87	3.37
$\frac{\sigma_T / \sigma_{ms} - 1}{K'_{\sigma Д}}$	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.36
Ψ_σ	1	1	1	1	1	1	1	1
до модернизации								
$\sigma_{ст max}$, МПа	91,57	132,4	35,1	48,5	23,25	127,15	41,6	75,6
$\sigma_{ст}$, МПа	22,8	39,97	31,9	33,9	21,45	36,25	32,25	35,1
после модернизации								
$\sigma_{ст max}$, МПа	67,05	102,0	26,75	40,3	22,98	127,15	41,6	75,6
$\sigma_{ст}$, МПа	20,95	25,56	24,13	28,3	21,1	36,5	32,25	35,1

Результаты расчета коэффициента запаса сопротивления усталости (формула 6) и долговечности по критерию усталостной прочности (формула 7), приведены в таблице 2.

Анализ таблицы 2, показывает, что коэффициент запаса сопротивления усталости, рассчитанный по формуле (6) и величина срока эксплуатации, рассчитанная по формуле (7) до модернизации несущей конструкции специального самоходного подвижного состава только в сечении 1' имеют значения меньше требуемой $n=1,5$ и $T_k = 30$ лет, соответственно 1,49 и 29,8 лет. После модернизации все сечения несущей конструкции удовлетворяют требованиям, предъявляемым коэффициенту запаса сопротивления усталости и величине срока эксплуатации. Тем самым остаточный ресурс несущей конструкции специального самоходного подвижного состава после проведения КРП составляет не менее 10 лет, в течение которых обеспечивается гарантированная безаварийная эксплуатация этого вида подвижного состава.

Таблица 2

Сводная таблица коэффициентов запаса усталостной прочности и расчетного срока эксплуатации

№ сечений	1	1'	2	2'	2''	3	3'	4
до модернизации								
n	2,35	1,49	3,06	1,81	4,96	1,59	2,7	1,93
T_k	198,73	29,8	555,37	65,72	3835,0	40,7	338,33	89,3
после модернизации								
n	2,6	2,1	4,39	3,64	5,04	1,59	2,7	1,93
T_k	290,0	125,1	2348,1	1109,82	4083,4	40,7	338,33	89,3

Также в главе приведена методика расчета и результаты расчета усталостной прочности в системе ANSYS WORKBENCH.

Для расчета усталостной прочности выбран SN подход, т.е. кривая усталости задана последовательностью точек амплитуд напряжений при симметричном цикле нагружения и долговечности, а для учета влияния асимметрии цикла выбрана модель Гудмана.

При помощи программного комплекса ANSYS WORKBENCH была создана конечно-элементная модель автомотрисы АДМ-1, которая приведена на рис. 3.

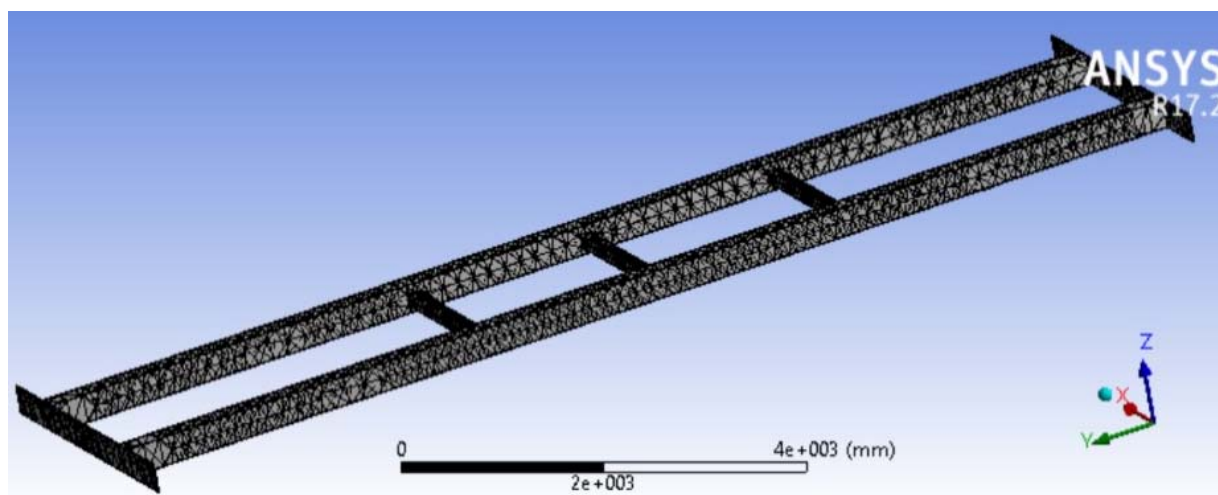


Рис. 3. Конечно-элементная модель АДМ-1

Проведем расчет на усталостную прочность рамы автомотрисы. При нахождении распределения напряжений в данной задаче используем трехмерные конечные элементы (тип Solid).

Напряженное состояние соответствует изгибу, поэтому будем использовать данные о сопротивлении материала балки усталости, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

N	100	1000	10000	100000	1000000
σ_a , МПа	355	315	262	148	86

По результатам решения статической задачи для данной конструкции найдены поля напряжений и деформаций. В качестве примера на рис. 4 приведены результаты статического расчета данной конструкции при результирующей нагрузке равной $F_a = 345$ кН в виде распределения интенсивности напряжений (эквивалентного напряжения по гипотезе удельной энергии формоизменения). Цветовая палитра в правой части рисунка задает соответствие цветов различным интервалам уровней напряжений. Значения напряжений даны в МПа.

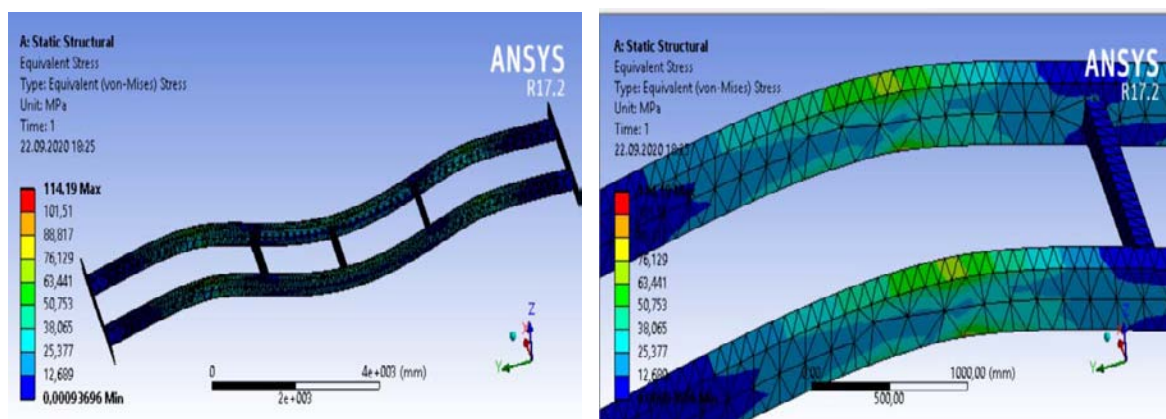


Рис.4. Распределение напряжений рамы

Так как кривая усталости задана последовательностью точек амплитуд напряжений при симметричном цикле нагружения и долговечности, для определения характеристик усталостной прочности выберем SN подход для описания кривой усталости, а для учета влияния асимметрии цикла выберем модель Гудмана.

На рис. 5 – 6 приведены результаты усталостной долговечности (*Life*) и коэффициента запаса по амплитудам напряжений (*Safety Factor*).

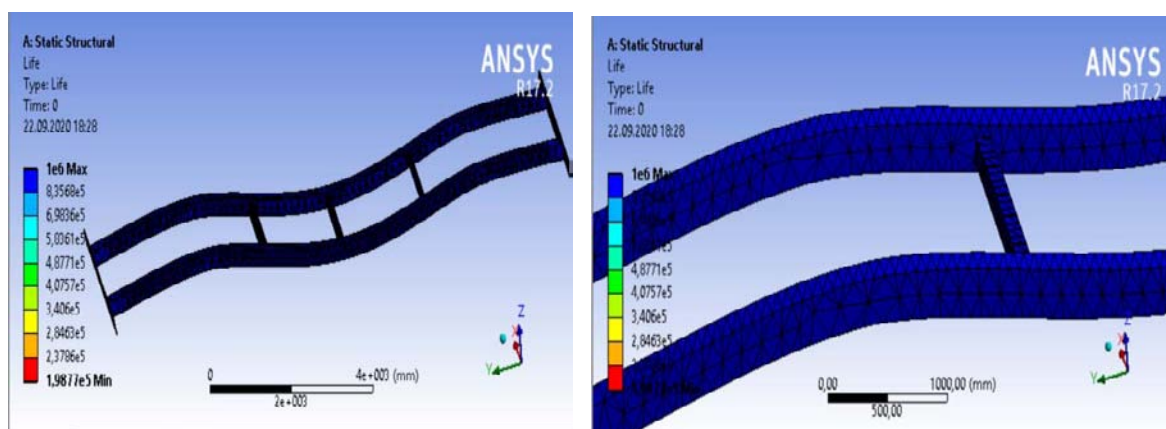


Рис. 5. Распределение долговечности

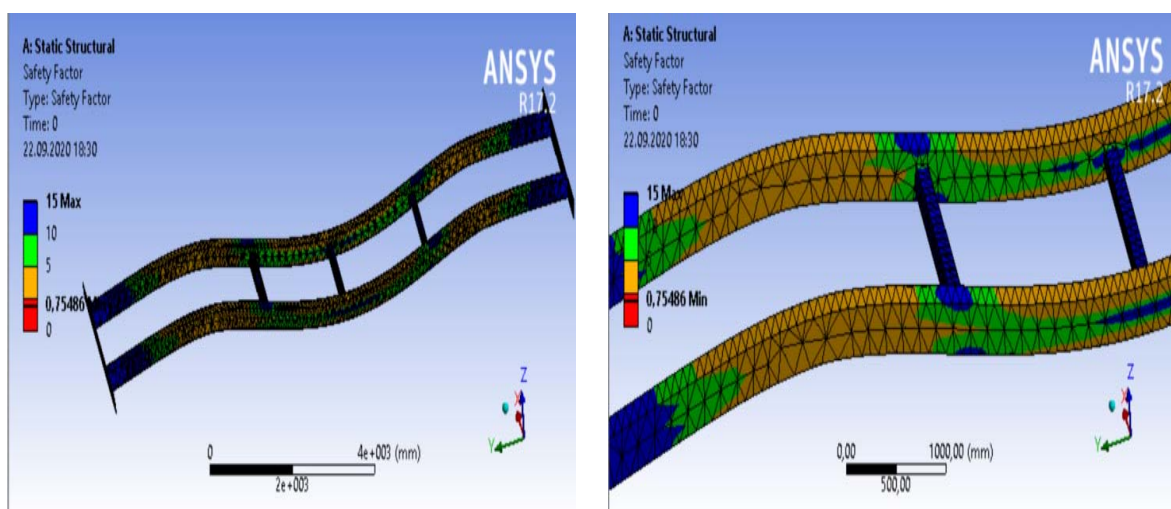


Рис. 6. Распределение коэффициента запаса прочности

Максимальные и минимальные значения характеристик усталостной прочности сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Максимальные и минимальные значения характеристик усталостной прочности

№		Минимальное значение	Максимальное значение
1.	Распределение долговечности, циклы	198770	1000000
2.	Распределение коэффициента запаса прочности	0,75486	15,0
3.	Распределение характеристики напряженного состояния	-0,99999	0,98878
4.	Распределение эквивалентной амплитуды напряжений, МПа	9,3696e-004	114,19

Анализ полученных данных характеристик усталостной прочности показал, что при принятых нагрузках наиболее высокие напряжения возникают в сечениях 1 и 1¹ (разрез А-А на рис. 1) и сечении 4 (разрез D-D) боковины главной рамы. При этом эквивалентное амплитудное напряжение в сечениях 1 и 1¹ находится в пределах 114 МПа, долговечность оценивается 198770 циклов, коэффициент запаса прочности составляет 0,75 (соответствует разрушению). Приведенные значения в целом соответствуют выводам, полученным в предыдущих разделах.

Были проведены подобные расчеты для модернизированной рамы с усиливающими накладками. Результаты показали, что модернизация позволила уменьшить напряжения в указанных зонах на 23 % (92,7 МПа), увеличить долговечность до 1000000 циклов, обеспечить увеличения значения коэффициента запаса прочности выше единицы.

В четвертой главе «Анализ, оценка и совершенствование методов повышения надежности основного оборудования специального самоходного подвижного состава» Разработан основной принцип новой технологии управления, оценки и прогнозирования надежности основных

агрегатов и узлов основного оборудования специального самоходного подвижного состава на основе новых методов рациональной стратегии технического обслуживания и ремонта, основанной на индивидуальной оценке технического состояния в процессе её эксплуатации с применением средств диагностики.

для определения и анализа влияний условий эксплуатации основного оборудования специального самоходного подвижного состава был произведен анализ технического состояния 174 единиц автотрис типа АДМ – 1, АДМ и мотовозов МПТ-4 «Отдела механизации» АО «O'zbekiston temir yo'llari» в соответствии с отраслевыми и техническими стандартами, приписанными на региональных участках.

В силу того, что специального самоходного подвижного состава является сложной многоэлементной динамической системой, имеющей взаимозависимые входные и выходные величины металл конструкционных, гидравлических и электромеханических установок, работающими в тяжёлых эксплуатационных условиях, надёжность специального самоходного подвижного состава в целом или его отдельной установки представляет трудную задачу в форме известных законов. Поэтому для анализа надёжности специального самоходного подвижного состава воспользуемся, с инженерной точки зрения, статистическим методом множественной регрессии, дающие возможность определять коэффициенты полинома как коэффициенты регрессии, связывающие выходные параметры Y и множество входных параметров X .

В данной работе статистические данные выбирались из множества наблюдений в ходе восьмилетней эксплуатации различной модификации специального самоходного подвижного состава в регионах «Узбекистон темир йуллари» с учетом правил построения оптимальных планов для полных и дробных факторных элементов, позволяющих уменьшить среднеквадратическую ошибку оценок, получаемых с помощью полинома регрессии и сократить число экспериментов.

Обработка статистических данных о длительности работы до отказа электромеханического оборудования отдельных узлов специального самоходного подвижного состава особенности асинхронных двигателей, работающих совместно с муфтой сцепления показало, что для них имеет место наложение экспоненциального закона и нормального гауссовского закона. На рис.7. представлено распределение пройденного пути автотрисы АДМ-1 до отказа, подтверждающее наличие двух наложений.

Вероятность отказа в начале эксплуатации основного оборудования вследствие дефектов монтажа и изготовления, по данным Тихорецкого машиностроительного завода, находится в пределах 0,001 ... 0,007. Поэтому, при прогнозировании ресурса можно с доверительной вероятностью ориентироваться на высокое значение $P_0 = 0,99$.

Вероятность отсутствия внезапных отказов распределена во времени по экспоненциальному закону с параметром $\hat{\lambda}$; т. е.:

$$P_1 = \exp(-\hat{\lambda}t) \quad (8)$$

Значение $\hat{\lambda}$ определяется по результатам опыта эксплуатации и наблюдений по плану $[N, U, T]$ согласно ГОСТ 17509-72:

$$\hat{\lambda} = \frac{d}{\sum_{i=1}^n t_i + (N-d)T},$$

где d - количество отказов; t_i - наработка до отказа; N - количество сборочных узлов поставленных под наблюдения; T - длительность наблюдений по плану (час, год).

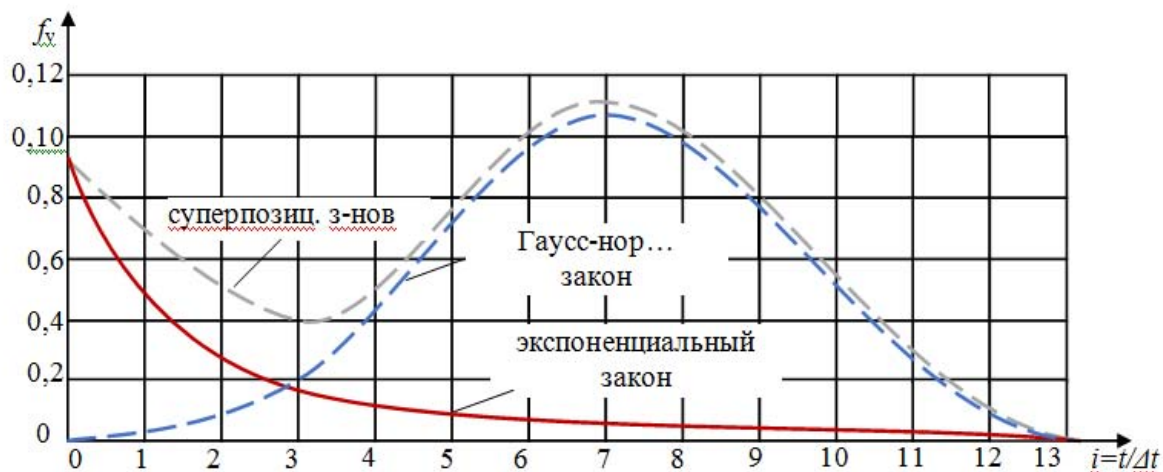


Рис. 7. Наложение экспоненциального и нормального гауссовского законов распределения наработки специального самоходного подвижного состава до отказа $\Delta t = 1000$ км.

Система управления основного оборудования, состоящая из механического, электрического и гидравлического оборудования имеет неравномерную сработку ресурса, вследствие различного веса груза основного оборудования, скорости подъема и спуска, технологических режимов, при действии разнообразных циклических или длительных нагрузок электрического и гидравлического оборудования, имеющих различную интенсивность отказов.

На основе системного анализа результатов наблюдений и расчетов показано, что суммарная вероятность распределения до отказа основных сборочных узлов специального самоходного подвижного состава представляет собой наложение экспоненциального и нормального гауссовского законов. По результатам расчета их плотностей распределения можно корректировать показатели раздельной и совместной оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта основного оборудования специального самоходного подвижного состава.

В пятой главе диссертации «Достоверность теоретико-экспериментальных исследований, концепция развития продолжения срока службы специального самоходного подвижного состава» приведены результаты экспериментального исследования по вибрационной прочности несущего каркаса рамы кузова автотрипы, сопоставительного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований и

концепции развития специального самоходного подвижного состава.

Методика проведения экспериментальных исследований определена совокупностью правил применения определенных принципов для осуществления натурных испытаний, которые заключаются в исследовании внешних воздействий, использовании соответствующего оборудования и аппаратуры (вибродатчиков и тензодатчиков), применении автоматизированного комплекса регистрации и обработки данных эксперимента вероятностно-статистическими методами (Analyzer 2000). Кроме того, предлагаемая нами методика испытаний базируется на методике проведения натурных испытаний электровозов, принятой одинаковой для всех стран СНГ.

Натурные экспериментальные исследования были проведены на автомотрисы АДМ-1 в условиях эксплуатации при строительстве новой железной дороги.

Экспериментальные исследования проводились сериями с повторами в течении нескольких дней. За время испытаний записывалось суммарное время, данные по скоростному режиму автомотрисы, также проводились записи вибраций и деформаций на раме кузова в контрольных точках. На рис. 8 показан примерный вид осциллограммы для изменения вертикальных (изгибающих) напряжений (деформаций) при движении автомотрисы АДМ-1 по пути с периодической стыковой неровностью.

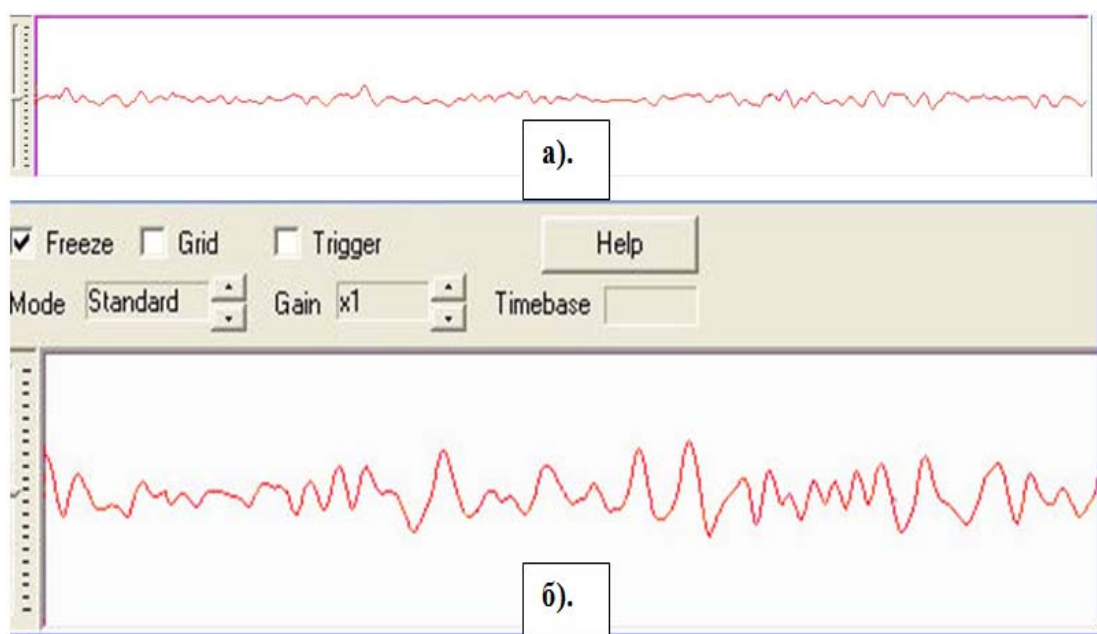


Рис. 8. Примерный вид осциллограмм для изменения вертикальных напряжений рамы кузова при движении различных скоростей автомотрисы АДМ-1.

а). $V = 20$ км/час, б). $V = 50$ км/час.

Обобщенные сведения о величинах виброускорений в этих точках во время испытаний приведены в таблице 5.

Таблица 5

Сведения о проведенных экспериментальных измерениях

Контрольная точка	Максимальная амплитуда на Н338, мм	Максимальная амплитуда на мониторе, dB	Низкочастотная составляющая виброускорения, Гц	Изгибающие напряжения (в центре), МПа
Рама кузова автотрисы вертикально (с учетом усиливающих накладок)	38,75	64,06	2,59	28
Рама кузова автотрисы (стандартной конструкции)	31	51.2	2,07	31

Для определения преобладающих частот в контрольных точках и для анализа спектра колебаний рамы кузова автотрисы АДМ-1 использовалось стандартное программное обеспечение для персональных компьютеров в виде пакетов Analyzer 2000 и Analysis Center.

Спектральный анализ полученных экспериментальных записей показал, что колебания рамы кузова автотрисы АДМ-1 под воздействием вынуждающей нагрузки, возникающей при движении автотрисы по пути с периодической неровностью и в кривых, испытывают на себе широкий частотный спектр динамических нагрузок (от 0,1 до 5000 Гц). Колебания с более высокими частотами в спектре также присутствуют, но они не свойственны механическим системам и объясняются наличием гармонических составляющих в спектре. При этом для каждой детали автотрисы существуют преобладающие частоты колебаний, для которых результаты исследований сведены в таблицу 6.

Таблица 6

Преобладающие частоты в спектре колебаний деталей автотрисы АДМ-1

Контрольная точка	Низкочастотный спектр частоты, Гц	Преобладающая частота в высокочастотном спектре, Гц	Амплитуда на частоте 43 Гц, dB
Рама кузова (направление: вертикально)	1÷5	32,1	Около 100
Рама кузова (направление: горизонтально)	5÷8	3214	-22,4

Из анализа полученных экспериментальных результатов следует, что частота колебаний рамы автотрисы АДМ-1 в низкочастотном спектре в среднем лежит в пределах от 1 до 5 Гц, детали буксового узла колеблются с частотой от 7 до 18 Гц в низкочастотном спектре без учета гармоник. Также присутствует высокочастотный спектр (данные по преобладающим частотам представлены в таблице 6).

Полученные теоретические и экспериментальные исследования

требовали проведенные их сопоставительного анализа.

Для наглядности данные теоретических исследований и эксперимента сведены в таблицу 7.

Анализ таблицы показывает, что отклонение результатов теоретических и экспериментальных данных в зависимости от режимов нагружения колеблется от 2% до 10%. С повышением скорости движения автотрассы она снижается. При малых скоростях (неустановившийся режим) точность расчетов составляет $8 \div 10$ %.

Таблица 7

Данные теоретических исследований и эксперимента

Контрольная точка измерений вибраций и напряжений	Низкочастотная составляющая виброускорения, Гц		Максимальная амплитуда виброускорения, м/с ²		Продольные напряжения (в центре рамы), МПа		Изгибающие напряжения (в центре), МПа	
	эксперимент	теория	эксперимент	теория	эксперимент	теория	эксперимент	теория
Рама кузова (с усиливающими накладками)	2,59	2,64	14,06	-	3,2	3.1	28	29.1
Рама кузова (стандартной конструкции)	2,07	2.17	15.2	-	3.3	3.2	31	30,7

Поскольку деятельность путевого хозяйства и техники является определяющим фактором для нормального функционирования железнодорожной инфраструктуры, финансовые потоки инвестирования развития и модернизаций объектов самоходных подвижных составов должны соответствовать его значимости.

В настоящее время система специального самоходного подвижного состава и вообще его организационно-техническое хозяйство пока не способны адекватно и гибко реагировать на необходимость технического обеспечения и ремонтов, в результате чего потенциальные возможности для обеспечения непрерывного и безопасного движения и экономические выгоды иногда обращаются в элементарный источник проблемы. Так как известно, что 50-60% внеплановых ремонтов производится из-за неудовлетворительного деповского ремонта, причем ремонтом специального самоходного подвижного состава занято более 15% ремонтного персонала. Средства, затрачиваемые на ремонт и восстановление специального самоходного подвижного состава в течении срока его службы, значительно больше его первоначальной стоимости.

В диссертационной работе предлагается Концепция развития специального самоходного подвижного состава. Первый этап реконструкции и модернизации существующей системы основного оборудования специального самоходного подвижного состава до 2025 года предусматривает необходимость устранения наиболее «узких узлов» оборудования.

Начало проектно – изыскательных работ по расширению

функциональных возможностей по видам выполняемых работ.

Второй этап – динамическое расширение до 2030 г. новейших специализированных видов специального самоходного подвижного состава отдельно для монтажных, наладочных и последующих текущих ремонтных работ, направленный на обеспечение высокоскоростных магистральных движений.

Автором этой работы на основе многолетних результатов наблюдений автомотрисы АДМ-1 и других видов специального самоходного подвижного состава в различных режимах управления монтажной площадке в различных географических регионах Узбекистана и проведением анализа, оценки показателей надежности основных оборудований показано возможность улучшение ресурс – энергетических характеристик на 10-15 % с использованием критерия интегрального КПД, путем перехода на более дорогие высококачественные комплектующие, а также использованием современных материалов, повышающих эксплуатационный ресурс и уменьшающий расходы и времени на техническое обслуживание и ремонт всей путевой техники, в частности в сфере развития инфраструктуры и высокоскоростного движения, а также в иных сферах, обеспечивающих инновационное развитие.

Результаты исследований, нашедшие свое отражение в диссертационной работе должны внести определенный вклад в решение актуальной научной и практической задачи, как повышение эффективности использования специального самоходного подвижного состава, предназначенного для выполнения монтажных, ремонтных работ, а также для проведения технического обслуживания электрифицированных железных дорог. Разработанные математические модели для исследования рабочих процессов специального самоходного подвижного состава и комплекс расчетных программ позволит спроектировать широкие модельные ряды современных конкурентоспособных энергоэффективных моделей специального самоходного подвижного состава. Дальнейшие работы будут посвящены оптимизации конструкции специального самоходного подвижного состава и ее отдельных элементов с использованием комплексной математической модели, совершенствованию методик оценки устойчивости специального самоходного подвижного состава с позволяющих поднять эффективность их применения на практике.

На основе инструкций, разработанных на основе выводов диссертационной работы, а также методики прогнозирования ресурса специального самоходного подвижного состава с продлением сроков службы до 10 лет, осуществляется капитально-восстановительный ремонт автомотрис типа АДМ (АДМ-1) и мотовозов МПТ-4 в АО «Ўзбекистон темир йўллари». Общий экономический эффект от их применения составляет 17 546 151 доллар США.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен аналитический метод решения дифференциальных уравнений для исследования изгибно-продольных колебаний несущего каркаса рамы автомотрисы в виде упругого стержня переменного сечения с переменной массой, изгибной и крутильной жесткостью с начальной (статической) кривизной.

2. Разработана программа расчета изгибно-продольных колебаний несущего каркаса рамы автомотрисы, которая учитывает варьирование внешних условий нагружения с учетом данных экспериментов, а также с помощью метода Гаусса учитывает переменность массы, площади сечений рамы и моментов инерции. Программа расчета, выполненная в среде программирования MATCAD. Расчетами установлено, что наиболее нагруженной в несущей конструкции при режиме «статическая нагрузка» является сечение №1 на продольных балках (максимальные напряжения выше 10 МПа) и предложено модернизировать её путем установки усиливающих накладок и снизить напряжения в сечениях рамы от 10 % до 20 %.

3. Разработана модель и методика расчета на остаточную усталостную прочность несущих материалов и конструкций специального самоходного подвижного состава, позволяющие определить запас сопротивления усталости и долговечность по критерию усталостной прочности несущих конструкций с учетом вертикальных, продольных, ремонтных и других эксплуатационных нагрузок;

4. На основе расчетов на остаточную усталостную прочность несущей конструкции автомотрисы по предложенной методике установлено, что коэффициент запаса сопротивления усталости и величина срока эксплуатации до модернизации несущей конструкции в сечении I' имеют значения меньше требуемой $n=1,5$ и $T_k = 30$ лет, соответственно 1,49 и 29,8 лет, После модернизации все сечения несущей конструкции удовлетворяют требованиям, предъявляемым коэффициенту запаса сопротивления усталости и величине срока эксплуатации. Тем самым остаточный ресурс несущей конструкции автомотрисы после проведения капитального ремонта составляет не менее 10 лет, в течение которых рекомендована гарантированная безаварийная эксплуатация этого вида подвижного состава.

5. Предложена методика расчета характеристик усталостной прочности несущей системы специального самоходного подвижного состава в системе ANSYS WORKBENCH, по которой установлено, что при действующей нагрузке 345 кН, наиболее высокие напряжения возникают в сечениях 1 и 1¹ (разрез А-А) и сечении 4 (разрез D-D) боковины главной рамы. При этом эквивалентное амплитудное напряжение в сечениях 1 и 1¹ находится в пределах 114 МПа, долговечность оценивается 198770 циклов, коэффициент запаса прочности составляет 0,75 (соответствует разрушению). Модернизация рамы с применением усиливающих накладок позволила уменьшить напряжения в указанных зонах на 23 % (92,7 МПа), увеличить долговечность до 1000000 циклов, рекомендовано увеличение значения коэффициента запаса

прочности выше единицы.

6. Рекомендован основной принцип новой технологии управления, оценки и прогнозирования надежности основных агрегатов и узлов основного оборудования специального самоходного подвижного состава на основе новых методов рациональной стратегии технического обслуживания и ремонта, основанной на индивидуальной оценке, технического состояния в процессе её эксплуатации с применением средств диагностики.

7. На основе системного анализа результатов наблюдений и расчетов показано, что суммарная вероятность распределения до отказа основных сборочных узлов специального самоходного подвижного состава представляет собой наложение экспоненциального и нормального гауссовского законов. По результатам расчета их плотностей распределения рекомендовано скорректировать показатели раздельной и совместной оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта специального самоходного подвижного состава.

8. Экспериментальные исследования показали, что частота колебаний рамы автотрисы АДМ-1 в низкочастотном спектре в среднем лежит в пределах от 1 до 5 Гц, детали буксового узла колеблются с частотой от 7 до 18 Гц в низкочастотном спектре без учета гармоник. Суммарные динамические напряжения не превышали предела прочности и в эксперименте изменялись от 15,3 МПа до 41,23 МПа. Достоверность проведенных теоретико-экспериментальных исследований в зависимости от режимов нагружения колеблется от 2% до 10%. С повышением скорости движения автотрисы она снижается. Обосновано, что при малых скоростях (неустановившийся режим) точность расчетов равна $8 \div 10$ %.

9. Рекомендована концепция развития и продления срока службы специального самоходного подвижного состава.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING SCIENTIFIC
DEGREES ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC COUNCIL
D.Sc.15/27.02.2020.T.73.02 AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

**MUKHAMEDOVA ZIYODA GAFURDJANOVNA
INCREASING THE SERVICE LIFE AND FORECASTING THE
RESOURCE OF A SPECIAL SELF-PROPELLED ROLLING STOCK**

**05.02.01 - Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and metal
treatment under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology
of rare, valuable and radioactive elements**

05.08.05 – Railway rolling stock, train traction and electrification

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL DISSERTATION (D.Sc.)
IN TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

The theme of the doctoral dissertation (D.Sc.) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2020.4.DSc/T232.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

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

Scientific supervisor: **Shermuxamedov Abdulaziz Adilxakovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Riskulov Alimjan Axmadjanovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich
Doctor of Technical Sciences, Docent

Kurbanov Janibek Fayzullayevich
Doctor of Technical Sciences, Professor


Leading organization: **Turin Polytechnic University in Tashkent**

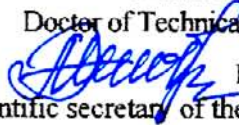
Defense of the dissertation will take place on « 7 » 12 2020 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of One-time Scientific Council DSc.15/27.02.2020.T.73.02 at Tashkent State Transport University Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru

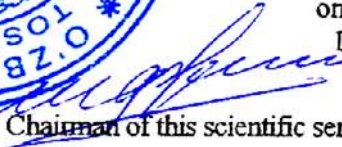
The doctoral dissertation (DSc) can be reviewed at the Information–Resource Center of the Tashkent State Transport University. (Registration number – 016). (Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66.

Abstract of dissertation was distributed on « 23 » 11 2020 year.
(mailing record № 1 on « 16 » 11 2020 year)




A.V. Umarov
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor


E.U. Teshabayeva
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences


Sh.S. Fayzibayev
Chairman of this scientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of D.Sc. dissertation)

The aim of the research is the development of methods for improving the strength characteristics and increasing the reliability of the main elements of special self-propelled rolling stock in order to increase the service life and predict its resource.

Tasks of their search:

development of a mathematical model and methods for calculating the dynamic strength of the bearing frame of the body of a special self-propelled rolling stock (SPRS) taking into account the vertical and horizontal oscillations of the SPRS;

development of a mathematical model and calculation methodology for residual and fatigue strength of load-bearing structures of SPRS;

development of a method for numerical calculation of fatigue strength in the ANSYS WORKBENCH system;

analysis, assessment and improvement of methods for increasing the reliability of the basic equipment of special self-propelled rolling stock;

verification of the reliability of theoretical and experimental research;

elaboration of the concept of development and extension of the service life of the SPRS.

Object of research is a special self-propelled rolling stock (emergency-restotation rail service car of the ADM-1, ADM-1.5 types and the loading transport rail motor car of the MPT-4 type).

The scientific novelty of the research consists of the following:

the change in physico-chemical and physico-mechanical properties of structures, materials and parts of a special self-propelled rolling stock was determined in the process of operation;

the dependence of the change in the strength characteristics of the bearing materials and structures of a special self-propelled rolling stock on the loading cycle was obtained in the ANSYS WORKBENCH system.

a model was developed to determine the optimal frequency of maintenance and repair of the main assembly units of special self-propelled rolling stock, combined with the diagnostics process, considering their operational permissible mode parameters, the average cost of current repairs, the cost of emergency and recovery work using the method of indefinite Lagrange multipliers;

the probability of distribution to failure of the main assembly units of a special self-propelled rolling stock was obtained by imposing exponential and normal Gaussian distribution laws, which make possible to adjust the indices of a separate and joint optimal periodicity of repairs of a special self-propelled mobile transport;

a dynamic strength model and an analytical-numerical method for calculating the bearing frame of the body, taking into account the vertical and horizontal vibrations of special self-propelled rolling stock, were developed;

a model and method for calculating the residual fatigue strength of load-bearing structures of special self-propelled rolling stock were developed, which

allow determining the fatigue resistance margin and durability according to the criterion of fatigue strength of bearing structures, taking into account vertical, longitudinal, repair, and other operational loads.

Implementation of research results:

Based on the results obtained for the development of methods to improve the strength characteristics and reliability of the main elements of special self-propelled rolling stock to extend its service life and predict the resource:

a model and methods for calculating the residual fatigue strength of load-bearing structures of special self-propelled rolling stock were developed, which make it possible to determine the fatigue resistance margin and fatigue life by the criterion of fatigue strength of load-bearing structures, taking into account vertical, longitudinal, repair and other operational loads; the model and methods were introduced at “Uzbekiston Temir Yullari” JSC (Certificate of "Uzbekiston Temir Yullari" JSC No. 01-2845-20 dated August 21, 2020). As a result, it became possible to continuously monitor the performance of materials and structures of special self-propelled rolling stock;

an instruction was developed on the technological process of an overhaul of the mechanical part of the rail service cars of the ADM (ADM-1) types and the MPT-4 rail motorcars with the extension of the service life under PDM conditions, introduced into the activities of Uzbekiston Temir Yullari JSC (Certificate of "Uzbekiston Temir Yullari" JSC No. 01/2845-20 of 21 August 2020). As a result, it became possible to perform an overhaul and refurbishment of the mechanical part of ADM (ADM-1) rail service cars and MPT-4 rail motorcar with an extension of their useful life to 10 years.

an instruction was developed on the technological process of an overhaul of the electrical part of rail service cars of the ADM (ADM-1) types and the MPT-4 rail motorcar with the extension of the service life under PDM conditions, introduced into the activities of “Uzbekiston Temir Yullari” JSC (Certificate of "Uzbekiston Temir Yullari" JSC No. 01/2845-20 of 21 August 2020). As a result, it became possible to perform an overhaul of the electrical part of ADM (ADM-1) rail service cars and MPT-4 rail motorcars with the extension of their useful life to 10 years.

The structure and volume of the research work. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references, appendices. The volume of the dissertation is 195 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. О.С. Турдиматов, З.Г Мухамедова. Вагонлардан самарали фойдаланишнинг ҳуқуқий асослари. (Монография) Издательство “ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси” Ташкент, 2017. С. 200

2. З.Г Мухамедова, Г.А Хромова, И.С Юткина. Оптимизация динамических характеристик аварийно-восстановительных автотрис. (Монография) Издательство "Fan va texnologiya", Ташкент, 2016. С. 256

3. Z.G Mukhamedova. Analysis and assessment of power efficiency of special self - propelled railway rolling stock. // Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте. – Ташкент, №3/2019. Р. 104-109. (05.00.00. №25)

4. З.Г Мухамедова. Математическая модель определения оптимальной периодичности технического обслуживания специального самоходного подвижного состава. // Вестник ТашИИТ –Ташкент. 2019. №3. С. 192 – 195. (05.00.00. №11)

5. З.Г Мухамедова. Методологические аспекты оценки и оптимизации надежности электроустановок самоходных подвижных составов железной дороги // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2019 г., том 23, №4. С. 95 – 101. (05.00.00. №20)

6. З.Г Мухамедова. Методики технического диагностирования специального самоходного подвижного состава// Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2019 г., том 23, №1. С. 149 – 152. (05.00.00. №20)

7. М.С Якубов., З.Г Мухамедова. Расчет энергетической эффективности автотрис на основе интегрального КПД // Проблемы энерго- и ресурсосбережения, Ташкент, №3-4, 2018. С. 60-66. (05.00.00. №21)

8. М.С. Якубов, З.Г Мухамедова У.Ш. Исроилов, Ж.С. Файзуллаев. Методологические аспекты непрерывного контроля и диагностики тягового электрооборудования с применением методов спектрального анализа // Халқаро илмий-техникавий журнал «Кимёвий технология назорат ва бошқарув», Ташкент, 1-2/2018. С. 85-90. (05.00.00. №12)

9. З.Г Мухамедова. Проектирование гидромеханического привода аварийно-восстановительных автотрис // Вестник ТашГТУ, Ташкент: ТашГТУ, 2016. №4. С. 142-148. (05.00.00. №16)

10. З.Г Мухамедова. Теоретическое исследование по прочностным расчетам для установки усиливающих накладок на механические узлы и детали специального самоходного подвижного состава // «Вестник ТАДИ». – Ташкент, 2017 г., №3-4. С. 70-74. (05.00.00. №15)

11. Ш.С Файзибаев., З.Г Мухамедова. Расчет автоколебаний идеального экипажа локомотива в кривых участках рельсового пути. //«Вестник ТАДИ». – Ташкент, 2017 г., №3-4. С. 100-102. (05.00.00. №15)

12. Z.G Mukhamedova. Modelling of fluctuations in the main bearing frame of

railcar // International Journal of Modern Manufacturing Technologies, Vol. VIII, No. 2. 2016. P. 48 – 53. ISSN 2067-3604, IF=2,601, Scopus (05.00.00. №5)

13. Z.G Mukhamedova. Mathematical Model for Calculation of Oscillations in the Main Bearing Frame of Railcar with Changing Stiffness and Physical Parameters. // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2017, № 10(5). P. 682 – 690. (05.00.00. №1)

14. З.Г Мухамедова. Совершенствование принципов проектирования оборудования монтажной площадки автомотрисы с учетом норм надежности и реального состояния // Научно-технический журнал «Известия Транссиба», Омск: ОмГУПС, 2020. № 1 (41). С. 83 – 89. (05.00.00. №111)

15. Z.G Mukhamedova. Reliability improvement of special self-propelled rolling stock based on its technical diagnostics. // Journal of Critical Reviews, Vol 7, Issue 12, 2020. P. 186 – 189. ISSN- 2394-5125, IF=1,091, Scopus.

16. М.С. Якубов, З.Г Мухамедова. Прогнозирование остаточного ресурса и продление сроков эксплуатации электроустановок автомотрис и автодрезин. // Доклады Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, 2018, №4. С. 37-40 (05.00.00. №9)

17. M.S. Yakubov, Z.G Mukhamedova Methodological Aspects of Assessment and optimization of the Reliability of Electrical Installations of the Railway Self-Propelled Rolling Stock. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 1, January 2019. P. 7824 – 7829. (05.00.00. №8)

18. Z.G Mukhamedova. Diagnostics of asynchronous electric motors on the basis of spectral analysis of amplitude-modulated stator current. // Scientific journal «European Sciences Review», Vienna, № 7–8/2018. P. 281 – 285. (05.00.00. №3)

19. М.С. Якубов, З.Г Мухамедова. Анализ и оценка энергетической эффективности специального самоходного подвижного состава железной дороги. // Научно-технический журнал «Известия Транссиба», Омск: ОмГУПС, 2018. № 4 (36). С. 60 – 68. (05.00.00. №111)

20. З.Г Мухамедова. Оценка остаточного срока службы путевой машины на примере автомотрисы дизельной монтажной АДМ-1. // Узбекистон Республикаси миллий гвардияси харбий-техник институти Ахборотномаси, Тошкент, 2020. №1. С. 181 – 187. (05.00.00. №32)

П бўлим (II часть; II part)

21. З.Г Мухамедова и др. Электронная система трудоустройства и мониторинга профессиональной деятельности выпускников образовательных учреждений // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, № DGU 02876, г. Ташкент, 27.11.2014 г.

22. З.Г Мухамедова и др. Моделирование колебаний главной рамы автомотрисы с учетом переменности массовых и жесткостных параметров // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, № DGU 05074, г. Ташкент, 01.03.2018 г.

23. З.Г Мухамедова и др. Автоматизация расчета прочностных характеристик рамы специального самоходного подвижного состава // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, № DGU 07628, г. Ташкент, 29.01.2020 г

24. З.Г Мухамедова. Оптимизация периодичности ремонтов электрооборудования автодрезин путем оценки его технического состояния // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент: ТашиИТ, 20-21 декабря 2019 г. С. 172 – 174.

25. Z.G Mukhamedova, J.S. Barotov Regulation of departure time of freight wagons from stations and optimization of delivery time of freight wagons from stations // Monografia pokonferencyjna Science, research, development. – Barcelona, #16, 29.04.2019- 30.04.2019. P. 303-308.

26. З.Г Мухамедова. Продольные колебания главной рамы электровоза с учетом установки поглощающего аппарата в автосцепке // Электронный научный журнал «Бюллетень результатов научных исследований», 2015. № 3–4 (16-17). С. 47 – 54.

27. Sh.S. Fayzibaev, Z.G Mukhamedova. Mathematical calculation of dynamic tension in a zone of Contact of a wheel of the locomotive with rails // The Science and Technology agency of the Republic of Uzbekistan, Proceedings of the III Tashkent International Innovation forum, 2017. P. 78 – 81.

28. Z.G Mukhamedova. Forecasting residual resource and prolongation of service life of electrical installations of railway service cars and ray motor trolleys // American Journal of Research. Generalization of Scientific Results, USA, Michigan, № 9-10/2018. P. 122 – 127.

29. Z.G Mukhamedova. Energy Efficiency Review and Monitoring of Special Self - Propelled Railway Rolling Stock // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), Vol. 7, Issue-5S3, February 2019. P. 572 – 576.

30. Г.А Хромова, С.А Хромов, З.Г Мухамедова. Численные исследования тепловых контактных процессов в гидрофрикционном гасителе колебаний для высокоскоростного электроподвижного состава // Международная научно-техническая конференция «Повышение энергетической эффективности наземных транспортных систем». – Омск, 2014 г. С. 307 – 313.

31. З.Г Мухамедова. Формирование инновационной деятельности высшего образовательного учреждения в условиях модернизации отраслей экономики // Республиканский семинар «Управление и развитие кадровых ресурсов в системе высшего образования Узбекистана». – Ташкент, 2014 г. С.160-162.

32. Ш.С Файзибаев, Г.А Хромова, З.Г Мухамедова. Эффективность использования поглощающих аппаратов модернизированной конструкции в автосцепке локомотивов // Вторая научно- практическая конференция «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». – Москва, 2015 г. С. 323 – 326.

33. Z.G Mukhamedova. Methods of design and calculation of hydraulic-

mechanical drive of emergency and repair rail service // Transport Problems. Processing VIII – International scientific conference. – Poland, Katowice, 2016. P. 397 – 401.

34. Z.G Mukhamedova. Numerical model for calculation of fluctuations in the main bearing frame of railcar with changing stiffness and physical parameters // Journal of KONES Powertrain and Transport, Poland, Warsaw, Vol. 23, No. 2. 2016. P. 255 – 259.

35. Г.А Хромова, З.Г Мухамедова. Динамическая модель колебаний несущего каркаса рамы кузова аварийно-восстановительной автотрисы // Международная научно-проактическая конференция «Инновация-2016». – Ташкент, 2016 г. С. 242.

36. З.Г Мухамедова, В.Ф Аксенов. Численные исследования совместных колебаний автотрисы с учетом транспортируемого груза и сил взаимодействия колес с рельсами // IV международная научно-техническая конференция «Локомотивы. 21 век». – Санкт-Петербург, 17-19 ноября 2016 г. С. 25 – 28.

37. Г.А Хромова, И.С Юткина, З.Г Мухамедова. Моделирование колебаний несущего каркаса рамы кузова аварийно-восстановительной автотрисы с переменными жесткостными и массовыми параметрами // IV международная научно-техническая конференция «Локомотивы. 21 век». – Санкт-Петербург, 17-19 ноября 2016 г. С. 29 – 33.

38. Г.А Хромова, И.С Юткина, З.Г Мухамедова. Динамическая модель для исследования колебаний главной рамы электровоза с учетом установки демпфирующего поглощающего аппарата в автосцепке // Вестник НУУз, Ташкент, 2017. №2/1. С. 218 -222.

39. З.Г Мухамедова. Прочностной расчет рамы специального самоходного подвижного состава // VI Международная научно-техническая конференция «Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век». – Санкт-Петербург, 2018, том 1. С. 180 – 184.

40. G.A. Khromova, Z.G Mukhamedova. Mathematical model of longitudinal and transverse oscillations of repair-restoration rail service cars // Transport Problems. Processing X – International scientific conference. – Poland, Katowice, 2018. P. 345 – 349.

41. M.S. Yakubov, Z.G Mukhamedova. Continuous diagnostics of the state of asynchronous electric motor on the basis of spectral analysis of its current // Transport Problems. Processing X – International scientific conference. – Poland, Katowice, 2018. P. 764 – 770.

42. З.Г Мухамедова. Расчет остаточного ресурса и продление сроков службы электрического оборудования автотрисы // Республиканская 19-Междисциплинарная дистанционная онлайн конференция на тему «Научно-практические исследования в Узбекистане». – Ташкент, 31 август 2020 г. С. 37 – 40.

43. З.Г Мухамедова. Методические аспекты подготовки кадров на основе потребностей регионов // «Юкори малакали кадрлар тайерлаш миллий тизими – Ўзбекистон тараққийетининг муҳим шарты». Республика илмий-амалий конференцияси. – Тошкент, 2013 й. С. 61 – 64.

Автореферат «ТашДТУ ахборотномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма № 245.

Гувоҳнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.