

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022.T.73.07 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

RAXMIDDINOV IZZATILLO OBIDJON O'G'LI

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA EKSPLUATATSIYA
QILINAYOTGAN MAXSUS O'ZIYURAR HARAKAT TARKIBINI
MODERNIZATSIYA QILISH VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH**

**05.08.05 – Temir yo'llarning harakatlanuvchi tarkibi, poyezdlarni tortish
va elektrlashtirish**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

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

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

Raxmiddinov Izzatillo Obidjon o‘g‘li

О‘zbekiston Respublikasida ekspluatatsiya qilinayotgan maxsus o‘ziyurar harakat tarkibini modernizatsiya qilish va xizmat muddatini uzaytirish..... 3

Рахмиддинов Иззатилло Обиджон угли

Модернизация и продление срока службы специального самоходного подвижного состава эксплуатируемого в республике Узбекистан..... 21

Raxmiddinov Izzatillo Obidjon ogli

Modernization and service life extension of special self-propelled rolling stock operated in the republic of Uzbekistan..... 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

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

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022. T.73.07 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

RAXMIDDINOV IZZATILLO OBIDJON O‘G‘LI

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA EKSPLUATATSIYA
QILINAYOTGAN MAXSUS O‘ZIYURAR HARAKAT TARKIBINI
MODERNIZATSIYA QILISH VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH**

**05.08.05 – Temir yo‘llarning harakatlanuvchi tarkibi, poyezdlarni tortish
va elektrlashtirish**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T5740 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy Kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Fayzibayev Sherzod Sabirovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Tretyakov Aleksandr Vladimirovich
texnika fanlari doktori, professor

Zafarov Diyor Shuxratjon o'g'li
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori,
dotsent v.b

Yetakchi tashkilot:

Farg'ona davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.15/31.08.2022.T.73.07 raqamli Ilmiy Kengashning 2025-yil ___ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent shahri., Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tdtu.uz)

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-05-66.)

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "___" _____da tarqatildi.
(2022 yil "___" _____dagi _____raqamli reestr bayonnomasi).

R.V. Raximov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

Ya.O. Ruzmetov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

R.M. Mirsaatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy
seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda temir yo‘l sohasida foydalaniladigan maxsus o‘ziyurar harakat tarkiblarni modernizatsiya qilish, ularning mavjud konstruksiyalarini takomillashtirish va xizmat muddatini uzaytirish masalalariga alohida e‘tibor berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda temir yo‘l harakat tarkibi rama konstruksiyalarini mustahkamlash, ularning chidamliligini va ishonchligini oshirish hamda texnik-iqtisodiy samaradorligini yaxshilash maqsadida ilg‘or mamlakatlarda modellashtirish va konstruksion yechimlarni takomillashtirish yo‘nalishida izchil tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, jumladan harakat tarkibining yetishmovchiligi va temir yo‘llarda qurilish-montaj ishlarini kengaytirish zarurati lokomotivlar parkini modernizatsiya qilishni, amaldagi maxsus o‘ziyurar harakat tarkibining samaradorligini oshirishga qaratilgan uslubiy yondashuvlarni ishlab chiqishni hamda texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni yaxshilash va xizmat muddatini uzaytirishga yo‘naltirilgan yangi tadqiqotlar olib borishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda maxsus o‘ziyurar harakat tarkibining samarali va xavfsiz ekspluatatsiyasini ta‘minlash, shuningdek ularning xizmat muddatini uzaytirish maqsadida yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarning texnik holatini chuqur tahlil qilish, matematik modellashtirish asosida yuklanish jarayonlarini tadqiq etish hamda kuchlanganlik-deformatsiya holatini aniqlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, rama konstruksiyalarini mustahkamlash va takomillashtirish, materiallarning charchash va eskirish xususiyatlarini baholash, ekspluatatsiya sharoitlarini hisobga olgan holda me‘yoriy-texnik hujjatlarni ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, xizmat muddati tugagan maxsus o‘ziyurar harakat tarkiblarining qoldiq resursini aniqlash, eng yuqori yuklanish ta‘siriga ega bo‘lgan konstruktiv hududlarini belgilash hamda zamonaviy hisoblash va modellashtirish usullari asosida olingan natijalar ishonchligini asoslash dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda temir yo‘l transport tizimini modernizatsiya qilish, yangi temir yo‘l uchastkalarini qurish, ularni elektrlashtirish hamda amaliyotga joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida¹ va O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-329-son qarorida² “... barcha transport turlarini uzviy bog‘lagan holda yagona transport tizimini rivojlantirish ..., ... transport va logistika xizmatlari bozori va infratuzilmasini rivojlantirish ..., ... transport tizimida “yashil koridorlar” hamda tranzit imkoniyatlarini kengaytirish ...”, hamda “...yo‘lovchi va yuk tashish xarajatlarini kamaytirish..., ... temir yo‘l infratuzilmasini rivojlantirish, lokomotiv va vagonlar parkini yangilash ...” kabi muhim vazifalar

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 10 oktyabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi temir yo‘l transporti sohasini tubdan isloh qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-329-sonli qarori

belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, ta'mirlash va texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarida qo'llaniladigan maxsus o'ziyurar harakat tarkiblarining texnik soz holatini ta'minlash, ularning ishonchliligi va xizmat muddatini uzaytirish bilan bir qatorda, harakat tarkibining asosiy yuk ko'taruvchi elementi hisoblangan rama konstruksiyasida yuzaga keladigan kuchlanganlik-deformatsiya holatini baholash hamda texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni yaxshilashga qaratilgan kompleks ilmiy-texnik tadqiqotlarni amalga oshirish muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasining 2021 yil 9 avgustdagi "Transport to'g'risida" gi O'RQ-706-sonli va 1999 yil 15 apreldagi "Temir yo'l transporti to'g'risida" gi 766-I-sonli Qonunlari, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi PF-60-sonli va 2019 yil 1 fevraldagi "Transport sohasida davlat boshqaruvi tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PF-5647-sonli Farmonlari, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 4 maydagi "Transport sohasida kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-4703-sonli va 2023 yil 10 oktabrdagi "O'zbekiston Respublikasi temir yo'l transporti sohasini tubdan isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-329-sonli Qarorlari hamda ushbu faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot doirasida o'tkazilgan tahlillar va izlanishlar, maxsus harakat tarkiblarida o'tkazilgan eksperimentlar natijalariga asoslanib, yoqilg'i-energetika resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash va yoqilg'i uchun xarajatlarni kamaytirish - II. "Energetika, energiya va resurslarni tejash" ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Temir yo'l maxsus o'ziyurar harakat tarkiblari konstruksiyalarining ishonchliligi, chidamliligi, kuchlanganlik-deformatsiya holati, charchoq mustahkamligi hamda qoldiq resursini aniqlash masalalariga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar xalqaro miqyosda keng olib borilgan. Jumladan, A. Wohler, J. Goodman, M.A. Miner, L.F. Coffin, S.S. Manson, S.P. Timoshenko, Y.G. Panovko, N.A. Maxutov, Z. Zhang, Sun Y., Lu Y., V.V. Bolotin, V.T. Troshenko, I.V. Kudryavsev, S.S. Dmitrichenko, A.V. Grigorev, V.L. Gorobets, P.S. Grigorev, M. Kassner va boshqalar.

Respublikamizda harakat tarkibi konstruksiyalarining mustahkamligini oshirish, qoldiq resursini baholash va xizmat muddatini uzaytirishga qaratilgan qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, ushbu yo'nalishda N.S. Zayniddinov, Sh.S. Fayzibaev, A.D. Glushinko, Z.G. Muxamedova, G.A. Xromova, I.S. Yutkina, B.T. Fayziyev, R.V. Raximov, Y.O. Ruzmetov, D.O. Radjibayev, N.B. Adilov, A.M. Yusufov va boshqa olimlarning ilmiy ishlari muhim o'rin egallaydi. Shu sababli mazkur yo'nalishda ilmiy-amaliy yechimlarni ishlab chiqish ushbu dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligini belgilaydi.

Shu bilan birga, maxsus o'ziyurar harakat tarkiblari ramalarining kuchlanganlik-deformatsiya holati, charchashga chidamliligi, qoldiq resursini

baholash hamda ekspluatatsiya sharoitlarining konstruktiv elementlarga ta'sirini zamonaviy ilmiy-amaliy tahlil usullari asosida hisobga olish bilan bog'liq muammolari yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan o'zaro bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti "O'zbekiston temir yo'llari" AJ buyurtmasi asosida "Avtomotrisalarning xizmat muddatini uzaytirish texnologiyasini ishlab chiqish" mavzusidagi № AL-662204208 raqamli grant hamda "Temir yo'l maxsus harakatlanuvchi tarkiblarning yuk ko'taruvchi rama konstruksiyalarining joriy texnik holatini baholash va konstruksiyasining mustahkamligini oshirishga qaratilgan normativ-texnik konstruktorlik hujjatlarini ishlab chiqish" mavzusidagi K1080374-sonli xo'jalik shartnomasi asosida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi O'zbekiston temir yo'llarida foydalanilayotgan ADM-1 avtomotrisalarning joriy texnik holatini baholash, qoldiq resursini aniqlash va ularning ishonchliligini oshirish maqsadida modernizatsiya qilish orqali xavfsiz foydalanish muddatini uzaytirish imkoniyatini ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

O'zbekiston temir yo'llarida foydalanilayotgan maxsus o'ziyurar harakat tarkiblarining park holatini tahlil qilish;

avtomotrisa rama konstruksiyani ultratovush defektoskopiya va boshqa diagnostik usullar orqali texnik holatini baholash va nosozliklarni paydo bo'lish sabablarini o'rganish;

rama konstruksiyasida ko'p uchraydigan yoriqlarni aniqlash va ularning paydo bo'lish sabablarini ramaning yuqori mexanik kuchlanishlar hududlari bilan ilmiy asosda bog'lash, shuningdek, ushbu nosozliklarning shakllanishini tahlil qilish;

rama konstruksiyaning kuchlanganlik-deformatsiya holatini amaliy (tenzometriya) va nazariy (chekli elementlar) usullarini qo'llagan holda aniqlash;

kuchlanganlik-deformatsiya holatini amaliy va nazariy usullardan olingan ma'lumotlardan foydalanib me'yoriy hujjatlar bo'yicha hisoblash rejimlari va ekspluatatsiya tezligini inobatga olgan holda ruxsat etilgan qiymatlarini aniqlash;

xizmat muddatini uzaytirishda rama konstruksiyasining chidamliligini oshirish uchun texnik Yo'riqnoma, rama konstruksiyalarini payvandlash bo'yicha Yo'riqnoma, hamda avtomotrisalarning xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha normativ-texnik hujjatlar ishlab chiqish.

Tadqiqot obykti sifatida maxsus o'ziyurar harakat tarkibidagi ADM-1 avtomotrisaning yuk ko'taruvchi ramasi olingan.

Tadqiqot predmetini ADM-1 avtomotrisa ramasining joriy texnik holati, kuchlanganlik-deformatsiya holati hamda ekspluatatsiya jarayonida hosil bo'ladigan statik va dinamik yuklamalar ta'sirida uning mustahkamlik va ishonchlilik ko'rsatkichlari tashkil qiladi.

Tadqiqot usullari. Tadqiqot jarayonida tahliliy, statistik, ultratovush defektoskopiya hamda eksperimental tadqiqot usullaridan kompleks ravishda foydalanilib, konstruksiyalarning kuchlanganlik - deformatsiya holatini o'rganish maqsadida zamonaviy muhandislik dasturiy ta'minoti asosida chekli elementlar usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ADM-1 avtomotrisa ramasining kuchlanganlik-deformatsiya holati, dinamik kuchlar ta'sirida rama elementlarining yuklanganligi va resursini baholash imkonini beruvchi chekli elementli modeli ishlab chiqilgan;

ADM-1 avtomotrisa ramasining mustahkamligini baholash uchun harakat davomidagi dinamik kuchlar ta'sirini inobatga oluvchi yurish sinovini o'tkazish dasturi ishlab chiqilgan;

ADM-1 avtomotrisa ramasining kuchlanganlik-deformatsiya holati va turli ekspluatatsion rejimlarda ta'sir etuvchi omillarni inobatga olgan holda qoldiq resursini baholash algoritmi ishlab chiqilgan;

ADM-1 avtomotrisa ramasidagi yuklanganligini baholashda ularning joriy texnik holati va ekspluatatsiya jarayonida ta'sir etuvchi omillarni inobatga olgan holda qoldiq resursini aniqlash uslubiyoti ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

temir yo'l maxsus o'ziyurar harakat tarkibi ramalarini ta'mirlash jarayonida bajariladigan payvandlash ishlarini amalga oshirish tartibi va texnologik talablar asoslangan;

ADM-1 avtomotrisasi ramasi konstruksiyasining joriy texnik holatini baholash usullari ishlab chiqilib, uning mustahkamligini oshirishga qaratilgan konstruktiv-texnologik yechimlar taklif etilgan;

rama konstruksiyasini kuchaytirish orqali ekspluatatsion ishonchlilikni oshirish va xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy-texnik yechimlarni qo'llash imkoniyatlari asoslangan;

ADM-1 avtomotrisasi ramasi uchun qoldiq resursni aniqlashda defektoskopiya, eksperimental o'lchovlar va hisobiy usullarga asoslangan uslubiy yo'riqnoma ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot yakunida olingan umumiy nazariy xulosalar ilmiy-tadqiqot ishida tenzometriya usullari va zamonaviy muhandislik dasturiy ta'minotlaridan, tajriba va sinovlar jarayonida esa sertifikatlangan hamda akkreditatsiya qilingan defektoskopiya vositalaridan foydalanilishi, shuningdek hisobiy va tajribaviy natijalarning o'zaro muvofiqligi hamda nazariy natijalarning amaliy ma'lumotlarga yaqinligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ADM-1 avtomotrisadan uzoq muddat foydalanish jarayonida rama konstruksiyasining texnik holati o'zgarishlarini aniqlash maqsadida defektoskopiya, ultratovush tolshinometriyasi va chekli elementlar usulida hisobiy model ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati avtomotrisa rama konstruksiyasining mustahkamlik zaxirasi va qoldiq resursini baholashda kuchlanganlik-deformatsiya holatining harakat tezligiga bog'liqligi ilmiy asosda aniqlanib, ekspluatatsiya sharoitlarida texnik holatni baholash va xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. O'zbekiston temir yo'llarida foydalanilayotgan ADM-1 turidagi maxsus o'ziyurar harakat tarkiblarining xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha olingan natijalar asosida:

ADM-1 avtomotrisa rama konstruksiyaning chekli elementli hisobiy modellari asosida ishlab chiqilgan mustahkamlikka hisoblash uslubiyati Toshkent elektr ta'minoti masofasida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2025-yil 21-apreldagi 4/E669-sonli ma'lumotnomasi). Natijada rama konstruksiyaning yuqori yuklangan joylari real ekspluatatsion holatlarda aniqlangan;

ADM-1 avtomotrisa rama konstruksiyasining xizmat muddatini uzaytirish va qoldiq resursini aniqlash uslubiyoti Buxoro temir yo'l mashinalarini ta'mirlash ustaxonasida (PDM–Buxoro) joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2025-yil 21-apreldagi 4/E669-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ADM-1 avtomotrisaning yuk ko'taruvchi rama konstruksiyasining mustahkamligi va ekspluatatsion ishonchliligi oshirilib, uning xizmat muddati yana 27 yilgacha uzaytirish imkoniyati ilmiy asoslangan;

609-raqamli ADM-1 avtomotrisasi rama konstruksiyasini takomillashtirish bo'yicha ta'mirlash-konstruktorlik ishlari amalga oshirildi hamda "O'zbekiston temir yo'llari" AJ Buxoro mintaqaviy temir yo'l uzeli tarkibidagi Samarqand elektr ta'minoti distansiyasiga qarashli "Ziyovuddin tortish nimstansiyasi"da amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2025-yil 21-apreldagi 4/E669-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik taxminan 215 000 000 (ikki yuz o'n besh million) so'mni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya tadqiqot natijalari 8 ta ilmiy anjumanlarda, shu jumladan 2 ta Scopus xalqaro ma'lumotlar bazasida indekslangan ilmiy anjumanda, 2 ta xalqaro va 4 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda bayon etilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 18 ta ilmiy ish, shu jumladan 1 ta xalqaro va 4 ta O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyaning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan nashrlarda e'lon qilingan va 5 ta EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risida guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 117 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

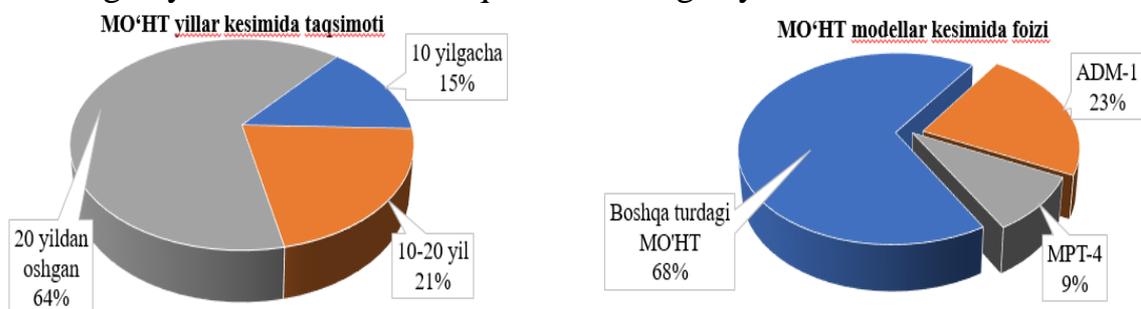
Kirish bo'limida tadqiqotning dolzarbligi va zarurati, uning maqsad va vazifalariga asoslanib, tadqiqot obyekti hamda predmeti bayon qilingan. Shuningdek, ularning Respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi asoslab berilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati keng yoritilgan. Bundan tashqari, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi, chop etilgan ilmiy ishlar, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Maxsus o'ziyurar harakat tarkibi konstruksiyasini tahlili va tadqiqot vazifalarini belgilash hamda adabiyotlar tahlili**" nomli birinchi bobda ADM-1 avtomotrisasining konstruktiv tuzilmasi va uning asosiy

texnologik ko'rsatkichlari tahlil qilindi. O'zbekiston temir yo'llarida harakatlanayotgan maxsus o'ziyurar harakat tarkibi (MO'HT) parkining hozirgi holati statistik va texnik ko'rsatkichlar asosida baholandi. Tahlillar asosida bu maxsus harakat tarkiblarining 65 foizidan ko'proq qismi o'z xizmat muddatini o'tab bo'lganligi aniqlandi. Shuningdek, avtomotrisaning xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan yondashuvlar ishlab chiqildi.

Tadqiqot vazifalari sifatida konstruksiyaning ekspluatatsion yuklamalarga chidamliligi, qoldiq resursni aniqlash metodikasi, modernizatsiya ahamiyati va ularni amaliyotga joriy etish imkoniyatlari belgilab olingan. Rama konstruksiyasining qoldiq resursi va mustahkamligini baholash masalalari bo'yicha ilgari o'tkazilgan ilmiy ishlarga tahlil berilgan. Bu esa tadqiqotning ilmiy asosini mustahkamladi hamda mavjud ilmiy kamchiliklarni aniqlashga xizmat qildi. Bob yakunida olib borilgan konstruktiv va park holati tahlillar asosida umumlashtirilgan xulosalar keltirib o'tilgan bo'lib, ular keyingi bo'limlarda bayon etiladigan nazariy asoslar va eksperimental tadqiqotlar uchun mustahkam ilmiy poydevor bo'lib xizmat qildi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, respublika bo'yicha MO'HT parki eskirish darajasi yuqori bo'lib, 20 yildan ortiq ekspluatatsiya qilingan avtomotrisalar umumiy tarkibning 64 foizini tashkil etadi. Hududlar kesimida ADM-1 turdagi maxsus o'ziyurar tarkiblarning ulushi 23 foizni tashkil etib, ularning bir qismi kapital ta'mirlash va modernizatsiya choralari talab qiladi (1-rasm). Ushbu holat mavjud parkning texnik ishonchligini oshirish va xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqishni zaruratga aylantiradi.



1-rasm. MO'HT korxonalar kesimida taqsimoti va park holati

Dissertatsiyaning "ADM-1 avtomotriza rama konstruksiyalarining takroriy yuklamalar ta'sirida yuzaga keluvchi shikastlanish jarayonlarini o'rganish va joriy texnik holatini eksperimental baholash" nomli ikkinchi bobida ADM-1 avtomotriza ramasi ekspluatatsiya jarayonida takrorlanadigan dinamik yuklamalar ta'sirida yuzaga keladigan asosiy nosozlik turlari tahlil qilindi. Konstruksiyada eng ko'p uchraydigan yoriqlar, metall toliqishi, korroziya natijasida yemirilishi va payvand choklaridagi nuqsonlar tahlil qilindi. Shuningdek, rama konstruksiyasida vizual ko'zdan kechirish, kapilyar usulda nuqsonlarni aniqlash va ultratovush defektoskopiyasi yordamida o'tkazilgan diagnostika tekshiruvlari tahlil qilinib, ularning rama nosozliklari tahlil qilindi hamda eng ko'p shikastlanishga moyil konstruktiv zonalar aniq belgilandi (2-rasm).



2-rasm. Rama konstruksiyaga qo‘llanilgan diagnostika usullari:
a – vizual diagnostika; *b* – defektoskopik diagnostika; *c* – kapillyar diagnostika

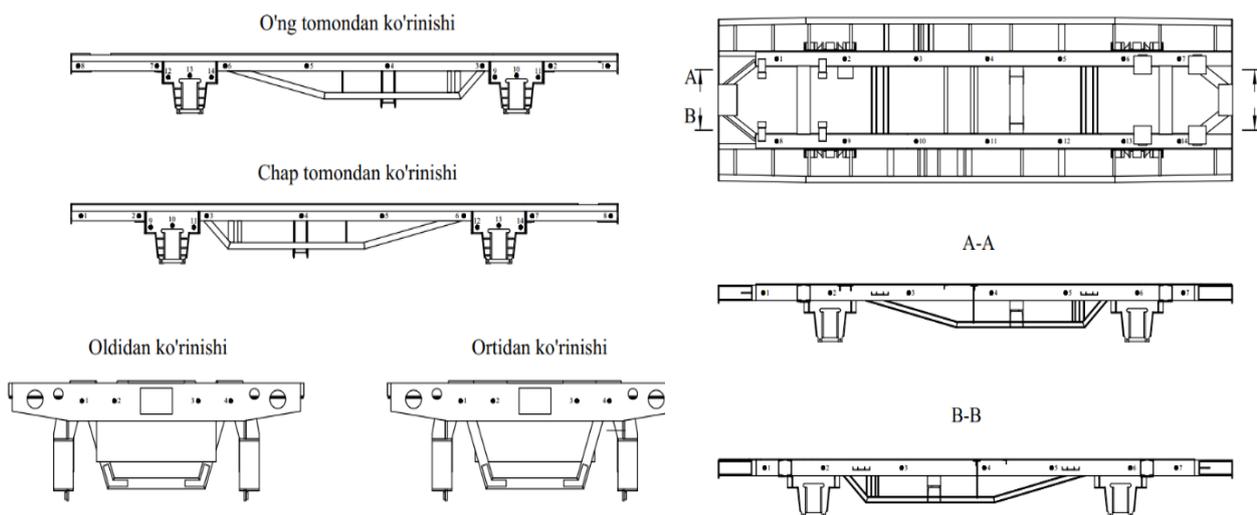
Ilmiy-tadqiqot ishi davomida rama korroziya va metallning tabiiy toliqishi natijasida yuzaga keladigan korroziya darajasini baholash uchun UT-1M rusumli ultratovush qalinlik o‘lchagichidan foydalanildi. Rama tuzilmasining muhim uzellarida o‘lchangan nuqtalari belgilandi va har bir nuqtada metall qalinligi aniqlanib, yemirilish darajasi hisoblandi (3-rasm). O‘tkazilgan qalinlik o‘lchovlari natijalari listlarning qalinligi me‘yoriy konstruktorlik hujjatlariga to‘liq mos kelishini ko‘rsatdi. Elementlar ishlab chiqaruvchi zavod chizmalarida belgilangan qalinlikka ega bo‘lib, sezilarli korroziya holatlari aniqlanmadi.

Rama bo‘yicha o‘tkazilgan qalinlik o‘lchovlari natijalari mos ravishda 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval
№609 ADM avtomotriska rama konstruksiyasining qalinligini o‘lchash natijalari, mm

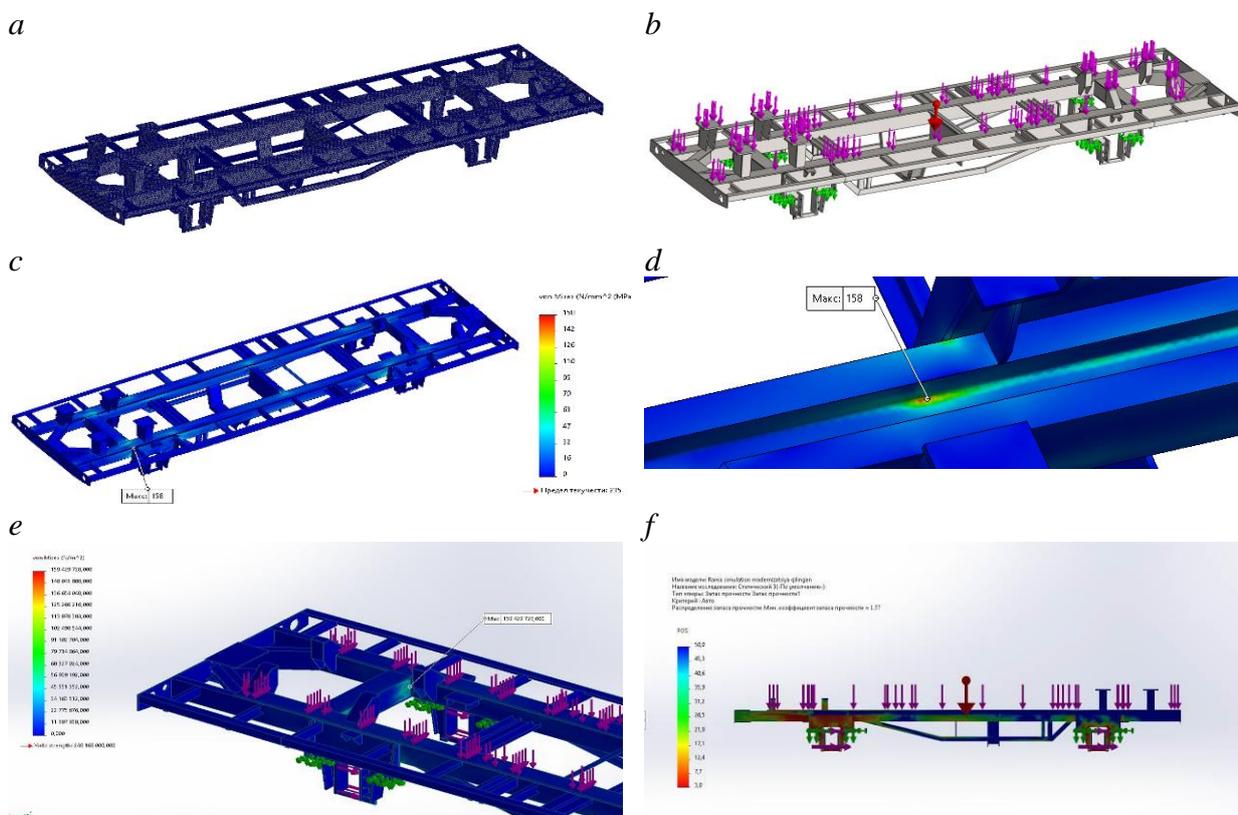
Ustidan ko‘rinishi, mm													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10,03	10,13	10,08	9,89	9,95	9,88	10,02	10,05	10,15	10,12	10,21	9,97	10,13	9,92
A-A							B-B						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
6,04	6,65	6,02	6,04	6,28	6,34	6,35	6,42	6,44	6,58	6,34	6,45	6,52	6,64
O‘ng tomondan ko‘rinishi, mm													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6,14	6,58	6,13	6,24	6,31	6,34	6,05	6,24	18,03	18,15	18,22	18,02	18,15	18,04
Chap tomondan ko‘rinishi, mm													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6,14	6,56	6,12	6,18	6,18	6,14	6,25	6,22	18,03	18,15	18,22	18,02	18,15	18,04
Oldidan ko‘rinishi, mm							Ortidan ko‘rinishi, mm						
1	2	3	4	1	2	3	4						
10,02	10,12	10,08	10,21	10,11	10,09	10,17	10,22						

Dissertatsiyaning “ADM-1 avtomotriskaning rama konstruksiyasining kuchlanganlik-deformatsiya holatini nazariy va eksperimental hisoblash” nomli uchinchi bobida ADM-1 avtomotriska ramasi uchun kuchlanganlik-deformatsiya holatini aniqlashning nazariy va amaliy asoslari o‘rganildi.



3-rasm. Avtomotrisa ramasing qalinlik o'lchash sxemasi

Konstruksiyaga ta'sir etuvchi statik yuklamalar, yuklanish sxemalari aniqlanib, asosiy balkalardagi kuchlanishlar taqsimoti hisoblab chiqildi. Statik tahlil natijasida kuchlanish konsentratsiyasi yuqori bo'lgan zonalar belgilandi.



4-rasm. Rama konstruksiyasining chekli elementli tahlili:

a – avtomotrisa ramasing chekli elementli modeli; *b* – ADM-1 avtomotrisa ramasing yuklanganlik sxemasi; *c* – ramaning kuchlanganlik-deformatsiya holati; *d* – avtomotrisa ramasing kuchlanishlar konsentratsiyasi maksimal qiymati; *e* – ramani mustahkamlashdan oldingi kuchlanganlik-deformatsiya holati; *f* – ramani kuchaytirishgacha bo'lgan mustahkamlik zaxira epyurasi

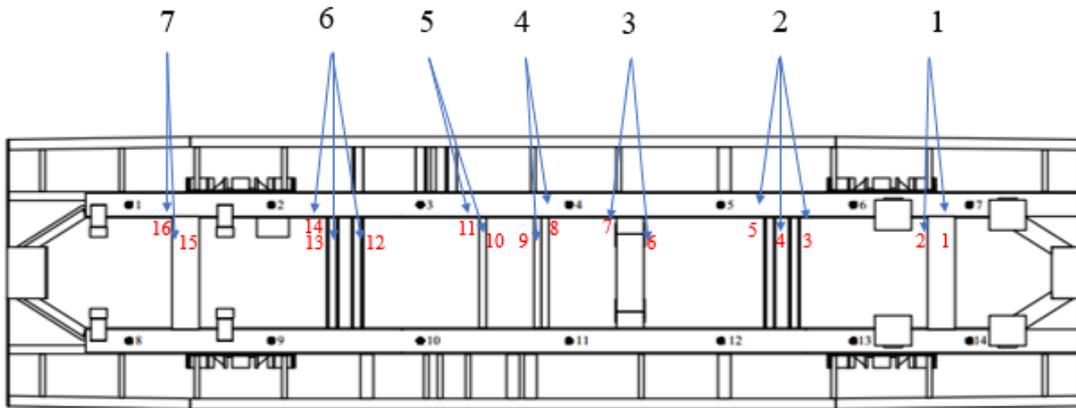
Rama konstruksiyasining mustahkamlik holati CHEU yordamida baholandi. Haqiqiy o'lcham, yuklanish sharoitlari va material xossalari inobatga olingan holda raqamli model yaratildi va kuchlanishlar, deformatsiyalar hamda ekvivalent von-Mises kuchlanishlari aniqlangan. Hisoblash natijalari orqali kritik zonalar, ortiqcha kuchlanish to'planadigan elementlar va deformatsiya ko'rsatkichlari qayd etildi.

Tuzilgan chekli elementlar modeli asosida avtomotrisaning rama konstruksiyasi bo'yicha kuchlanish-deformatsiya tahlillari amalga oshirildi (4-rasm). Von Mises mezoni bo'yicha hisoblangan kuchlanishlar ramaning yuklanganlik sxemasi (4b-rasm) va kuchlanganlik-deformatsiya holatini (4c-rasm) baholashga imkon berdi. Kuchlanishlarning maksimal konsentratsiyaga ega bo'lgan zonalarini 4d-rasmda aniq ko'rsatilgan bo'lib, ular konstruksiyada zaif hududlar mavjudligini ko'rsatdi. Mustahkamlashdan oldingi ramaning kuchlanish-deformatsiya holati 4e-rasmda, ramani kuchaytirishgacha bo'lgan mustahkamlik zaxirasi epyurasi esa 4f-rasmda aks ettirilgan. Olingan natijalar asosida avtomotrisa ramasi ishonchligini oshirishga qaratilgan konstruktiv takliflar ishlab chiqildi.

Ushbu bobda kuchlanish va deformatsiyalarni real sharoitda aniqlash uchun eksperimental o'lchovlar amalga oshirildi. Tenzometrik o'lchovlar o'tkazish uchun optimal datchik joylashuvlari tanlab olindi, tanlash mezonlari sifatida CHEU natijalari, statik tahlil xulosalari va shikastlanish ko'p uchraydigan zonalar hisobga olindi. Tenzodatchiklarni o'rnatish, kalibrlash va signalni qayd etish tartibi bo'yicha algoritmlar ishlab chiqildi. Eksperiment uchun haqiqiy yuklanish rejimlarini aks ettiruvchi sinov sharoitlari yaratildi. Tenzometrik o'lchovlardan olingan ma'lumotlar qayta ishlanib, kuchlanish va deformatsiya grafiqi, amplituda o'zgarishlari, vaqt bo'yicha yuklanish tebranishlari tahlil qilindi. Eksperimental natijalar CHEU orqali olingan nazariy hisoblar bilan solishtirilib, maksimal og'ish miqdori, aniqlik darajasi va moslik koeffitsiyentlari hisoblandi. Tahlil natijasida model natijalarining real konstruksiyaga mos kelishi tasdiqlandi, ayrim zonalarda ortiqcha kuchlanishlarga sabab bo'ladigan konstruktiv omillar aniqlandi.

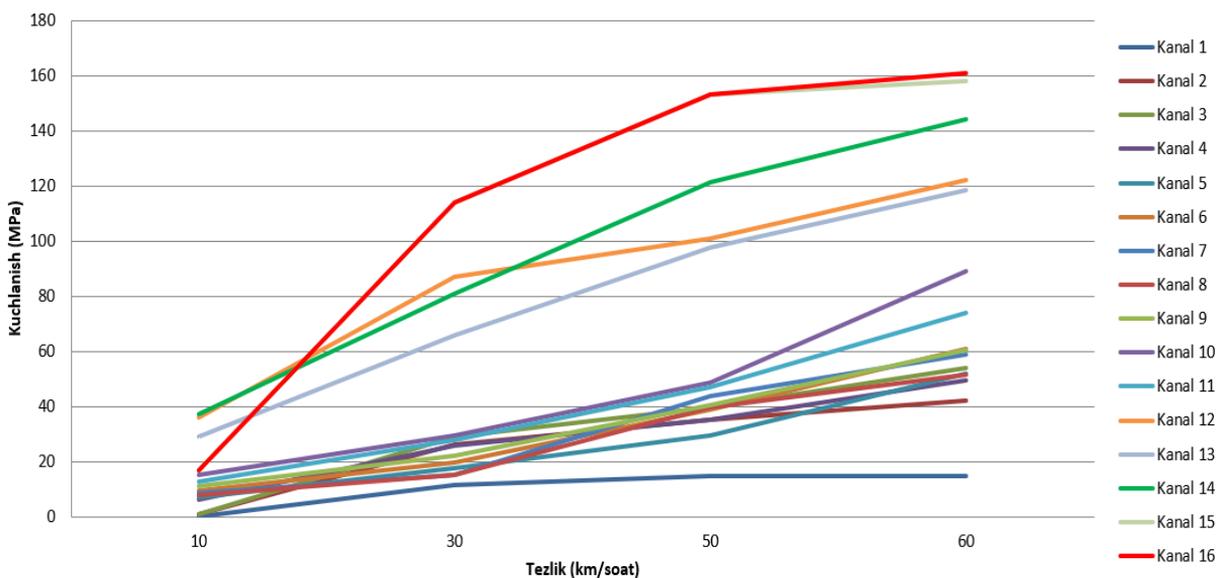
Avtomotrisaning asosiy yuk ko'taruvchi elementi rama konstruksiyasida kuchlanish-deformatsiya holatini aniqlash uchun tenzometriya usuli asosida eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Bu yerda tenzodatchiklarni optimal joylashtirish bo'yicha algoritmlar va blok sxemasi ishlab chiqildi. Dastlab rama yuzasida kuchlanish ehtimoli yuqori bo'lgan va Solidworks orqali aniqlangan yuqori yuklanishli zonalar aniqlanib, ularga tenzodatchiklarni o'rnatish uchun mos joylar tanlandi (5-rasm). So'ngra tenzodatchiklar tayyorlanib, ularning elektr ulanishlari o'rnatildi va ishlash holati sinovdan o'tkazildi.

ADM-1 avtomotrisasi rama konstruksiyasida turli tezliklardagi harakat rejimlarida (10, 30, 55 va 60 km/soat) yuzaga keladigan maksimal kuchlanishlar tenzometriya usuli asosida natijalar olindi. Grafikda 16 ta kanal bo'yicha 64 ta tenzodatchiklardan olingan kuchlanish natijalari berilgan bo'lib, ular ish, tortish va transport rejimlari uchun me'yoriy kuchlanish chegaralari bilan solishtirildi.



5-rasm. ADM-1 avtomotrisa ramasiga tenzodatchiklarni o‘rnatilish sxemasi

ADM-1 rusumli maxsus harakat tarkibi ramasi bo‘yicha o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida konstruksiyaning 16 ta nuqtasiga o‘rnatilgan tenzodatchiklar orqali turli tezliklarda hosil bo‘ladigan kuchlanishlar aniqlangan. O‘lchovlar barcha kanallarda tezlik oshishi bilan kuchlanishning chiziqli tarzda ortib borishini ko‘rsatib, ramaning dinamik yuklarga sezgirligini tasdiqladi (6-rasm).



6-rasm. Kuchlanishning tezlikka bog‘liqlik grafiqi

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, ramaning 15–16-kanallarida qayd etilgan maksimal kuchlanishlar mavjud rejimlar uchun belgilangan me‘yoriy ruxsat etilgan qiymatlardan 15-16 kanallarda oshib ketadi. Ayniqsa, tezlik oshishi bilan kuchlanish darajasining keskin ortishi konstruksiyaning ushbu zonalarida yuk ko‘tarish bo‘yicha asosiy elementlar joylashganini va kuchlanish konsentratsiyasi yuzaga kelish ehtimoli yuqori ekanini tasdiqlaydi. Ushbu holat ramaning ekspluatatsion ishonchliligi va charchoq mustahkamligi uchun xavf tug‘dirishi sababli konstruksiyada kuchlanishni kamaytirishga qaratilgan mustahkamlash orqali kuchlanishlar konsentratsiyasini kamaytirish ishlarini ishlab chiqishni talab etadi.

Past yuklanadigan zonalarda (1–9-kanallar) maksimal kuchlanish 10–60 MPa oralig‘ida shakllanib, konstruksiyaning ushbu qismlari ish rejimida barqaror ishlashi

aniqlandi. Eng katta kuchlanishlar 10–16-kanallarda qayd etilib, tezlikning ortishi bilan 90 MPa dan 161 MPa gacha yetdi. Bu esa ramaning mazkur uchastkalari yuk ko‘tarish bo‘yicha eng asosiy elementlar ekanini va ularda kuchlanish konsentratsiyasi shakllanishi ehtimoli yuqoriligini ko‘rsatdi.

2-jadval

Hisoblash rejimlari uchun ruxsat etilgan kuchlanish qiymatlari

Hisoblash rejimlar	Hisoblash rejimlar bo‘yicha ruxsat etilgan qiymatlar
Transport rejimi	211,5
Ish rejimida	152,75
Tortish rejimida	152,75
Konstruksion tezlikda harakat qilish	152,75

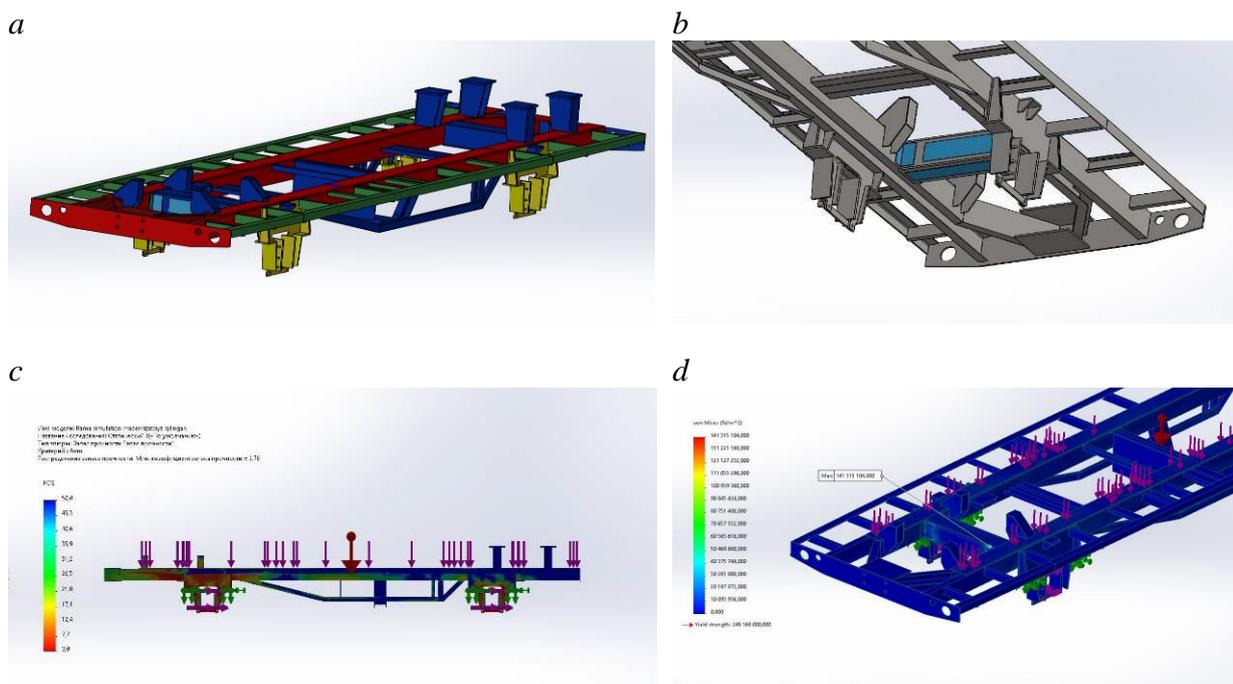
Ekspirimental natijalar grafiklarda kuzatilgan umumiy qiymatlar bilan mos keladi: tezlik oshgani sari barcha kanallarda kuchlanish o‘sishi muntazam bo‘lib, ayrim nuqtalarda keskin o‘shish kuzatiladi. Ushbu natijalar chekli elementlar usuli orqali olingan hisobiy ma’lumotlarni tasdiqlaydi hamda ramada charchash xavfi yuqori bo‘lgan kritik zonalarini aniqlash, mustahkamlash bo‘yicha konstruktiv takliflarni ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos yaratdi.

Dissertatsiyaning **“Rama konstruksiyani funksional imkoniyatlarini yaxshilash va mustahkamlash ishlari orqali xavfsizlikni oshirish. Rama konstruksiyalarining qoldiq resursini baholash”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida ADM-1 avtomotrisasi rama konstruksiyasining statik va dinamik yuklamalar ostidagi holatini baholash, kuchlanish-deformatsiya taqsimoti, charchoqqa chidamlilik va payvandlash ishlari samaradorligini aniqlashga qaratilgan kompleks tadqiqotlar yoritilgan.

ADM-1 avtomotrisasi ramasi konstruksiyasining xizmat muddatini uzaytirish, xavfsizlik darajasini oshirish va qoldiq resursini aniqlashga doir kompleks texnik, eksperimental va hisoblash ishlari amalga oshirildi.

Birinchi bosqichda rama konstruksiyasini modernizatsiya qilish bo‘yicha texnik asoslar ishlab chiqildi hamda konstruktiv takliflar asosida mustahkamlovchi listlar payvandlandi. Modernizatsiyaning samaradorligi charchoqqa chidamlilik va kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi orqali baholandi.

Shuningdek, modernizatsiyadan so‘ng mustahkamlikni baholash uchun chekli-elementlar usulida qayta hisoblash ishlari amalga oshirildi va sinov natijalari bilan solishtirildi (7-a,b rasmlar). Xavfsizlikni oshirishga doir tavsiyalar ishlab chiqilib, nosozlik xavfi yuqori bo‘lgan zonalar uchun payvandlash orqali mustahkamlash ishlari amalga oshirildi.



7-rasm. Rama konstruksiyaning mustahkamlash ishlaridan keyingi chekli elementli modeli tahlili:

- a* – avtomotrisa ramasining chekli elementli modeli; *b* – kuchaytirilgan listlar orqali chekli elementli modeli; *c* – modernizatsiyadan keyingi mustahkamlik zaxirasi epyurasi;
- d* – modernizatsiyadan keyingi maksimal kuchlanganlik-deformatsiya qiymati

Modernizatsiyadan so‘ng ADM-1 avtomotrisasi ramasi bo‘yicha o‘tkazilgan kuchlanganlik-deformatsiya tahlili maksimal kuchlanishning 10,1 foizga kamayganini ko‘rsatib, konstruksiyaning umumiy ishonchliligi oshganini tasdiqladi (3-jadval). Xavfsizlik koeffitsientining 1,57 dan 1,76 ga ko‘tarilishi ramadagi mustahkamlash choralari samarali bo‘lganini va ekspluatatsion chidamlilikning sezilarli ravishda yaxshilanganini ko‘rsatdi.

3-jadval

ramani mustahkamlashdan keyingi va oldingi parametrlari

Ko‘rsatkich	Mustahkamlashdan oldin	Mustahkamlashdan keyin	O‘zgarish
Maksimal kuchlanish (MPa)	159,4	143,3	10,1 foizga kamaygan
Materialning oquvchanlik chegarasi (MPa)	235	235	O‘zgarmagan
Xavfsizlik koeffitsienti (FOS)	1,57	1,76	12,1 foizga mustahkamlangan

O‘zbekiston temir yo‘llarida ekspluatatsiya qilinayotgan ADM-1 turidagi avtomotrisalarning kundalik, oylik va yillik bosib o‘tgan yo‘llari bo‘yicha statistik tahlil olib borildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, avtomotrisalardan muntazam foydalanish

jarayonida ularning asosiy yuk ko'taruvchi elementi bo'lgan rama konstruksiyalariga doimiy kuchlanishlar ta'sir qiladi.

Bu kuchlanishlarga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi omillardan biri relslarni ulanish bo'g'inlaridan o'tish jarayonida yuzaga keladigan katta qiymatli dinamik kuchlardir. Mazkur jarayon avtomotrisaning har bir yurish siklida rama konstruksiyasi uchun takrorlanuvchi zarba yuklamalarini keltirib chiqaradi, bu esa uzoq muddatli ekspluatatsiyada charchoq holatiga olib kelishi mumkin.

Rama konstruksiyasiga ushbu yuklamalarning umumiy ta'sirini baholashda asosiy ko'rsatkichlardan biri rels bo'g'inlaridan o'tish sikllari soni hisoblanadi. U quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$N = \frac{L_{yil}}{L_{rels}}, \quad (1)$$

bu yerda L_{yil} - avtomotrisani bir yilda bosib o'tgan masofa; L_{rels} - relsning uzunligi.

Qoldiq xizmat muddati quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$T = \frac{N}{N_{yil}}, \quad (2)$$

bu yerda N_{yil} – avtomotrisani bir yil davomida relslarning ulanish bo'g'inlaridan o'tishidagi sikllar soni; N – rama konstruksiyalarning bardosh beradigan sikllar soni.

Yuqoridagi formulalarga tayangan holda avtomotrisaning xizmat muddati kunlik bosib o'tiladigan masofaga funksional bog'liqlik sifatida hisoblandi. Hisob-kitob natijalari 4-jadvalda jamlangan bo'lib, ular kunlik yurish hajmi ortishi bilan charchoq sikllari soni ko'payishi va, mos ravishda, xizmat muddati qisqarishini ko'rsatdi.

4-jadval

Avtomotrisalardan foydalanish jadalligining qoldiq resursiga bog'liqligi

№	ADM-1 avtomotrisalari yillik va kunlik masofa	Foydalanish muddati, yil
1	Maksimal yillik bosib o'tgan masofasi 20 002 km va kunlik 34,2 km	27
2	O'rtacha bosib o'tgan yillik masofasi 17 500 km va o'rtacha kunlik 31,1 km	29
3	Eng kam bosib o'tgan masofasi 13 870 km va eng kam kunlik 28 km	32

Hisob-kitoblar natijalariga ko'ra, avtomotrisa foydalanish davomida xavfsiz ishlashi va xizmat muddatini 27 yilgacha uzaytirish imkoniyati mavjud ekanligi aniqlandi.

Buzilishgacha bo‘lgan sikllarning umumiy soni quyidagi 3 - formula asosida hisoblanadi:

$$N_{sum} = N_G \frac{\sigma_{-1d}^m}{\sum_{\sigma_{ai} \geq \sigma_{-1d}} t_i \sigma_{ai}^m}, \quad (3)$$

bu yerda N_G - charchash egri chizig‘ining sinish nuqtasiga mos keladigan sikllar soni; m - charchash egri chizig‘ining qiya tarmog‘i darajasi ko‘rsatkichi; σ_{-1d} - detalning chidamlilik chegarasi; σ_{ai} - yuklanish siklining amplitudasi; t_i - σ_{ai} amplitudali sikllar sonining umumiy sikllar soniga nisbati.

XULOSA

Dissertatsiya ishida O‘zbekiston temir yo‘llarida ekspluatatsiya qilinayotgan ADM-1 rusumidagi maxsus o‘ziyurar harakat tarkibining asosiy yuk ko‘taruvchi elementi bo‘lgan rama konstruksiyasining qoldiq xizmat resursini aniqlash va uning xizmat muddatini uzaytirishga qaratilgan kompleks nazariy va eksperimental tadqiqotlar amalga oshirildi, shu bilan birga:

1. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, hozirgi kunda foydalanilayotgan maxsus o‘ziyurar harakat tarkiblarining 64 foizidan ortiq qismi uzoq yillik ekspluatatsiya natijasida texnologik jihatdan eskirgan. Ularning rama konstruksiyalarida mexanik yuklamalar ta’sirida yuzaga keladigan yoriqlar, deformatsiyalar va korroziya kabi omillar xizmat muddatining tugashiga yaqinlashganini anglatadi. Shu bois, ularning texnik holatini baholash, modernizatsiya qilish va xizmat muddatini uzaytirish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar zarur ekani aniqlangan.

2. Ultratovush defektoskopiyasi, vizual, kapillyar va boshqa texnik diagnostika usullari yordamida rama konstruksiyasining bir necha joylarida ichki va sirtgi yoriqlar va boshqa nosozliklar aniqlandi. O‘tkazilgan tahlillarda nosozliklarning asosiy sabablari sifatida me’yordan ortiq dinamik yuklamalar, rels bo‘g‘inlaridan o‘tishdagi silkinishlar, kuchlanish konsentratsiyasi mavjud bo‘lgan zonalar aniqlandi.

3. Ilmiy-tadqiqot davomida ramada korroziya va metallning tabiiy toliqishi natijasida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan yemirilish darajasini baholash uchun UT-1M rusumli ultratovush qalinlik o‘lchagichidan foydalanildi; rama tuzilmasining muhim qismlarida 64 ta diagnostika nuqtalari belgilandi, har bir nuqtada metall devor qalinligi o‘lchanib, uning me’yoriy qiymatlar bilan taqqoslandi va ushbu

ma'lumotlar asosida konstruksiyaning chekli elementlar modeli SOLIDWORKS dasturida ishlab chiqildi. O'lchov natijalari listlar qalinligining konstruktorlik hujjatlarida belgilangan loyihaviy qiymatlarga to'liq mos kelishini, elementlarda sezilarli korroziya holatlari va metall yeyilishining xavfli darajalari mavjud emasligini ko'rsatib, rama konstruksiyasining texnik holati keyingi kuchlanish-deformatsiya tahlillari uchun ishonchli boshlang'ich ma'lumotlar bilan ta'minlanganini tasdiqladi.

4. Chekli elementlar usuli asosida o'tkazilgan kuchlanish-deformatsiya tahlillari rama konstruksiyasida eng yuqori kuchlanishga ega bo'lgan zonalarini aniqlashga imkon berdi. Bu zonalar tajribada eng ko'p yoriq va nosozlik kuzatilgan joylar bilan mos tushdi. Bu esa, yoriqlar va konstruktiv zaifliklarning bir-biri bilan bevosita bog'liqligini isbotlab berdi.

5. Tenzometriya usuli orqali olingan eksperimental natijalar va nazariy (ChEU) tahlillar o'zaro taqqoslanib, 95% aniqlikka ega bo'lgan o'xshashliklar qayd etildi. Bu ikki usulni integratsiyalash orqali rama konstruksiyasining real ishlash sharoitidagi kuchlanish holatini yuqori darajada aniqlik bilan baholash imkoniyati yaratildi.

6. Rama konstruksiyasidagi mustahkamlash ishlari natijasida maksimal kuchlanish 159,4 MPadan 143,3 MPaga kamayib, umumiy yuklanish darajasi 10,1 foizga pasaydi; materialning oquvchanlik chegarasi o'zgarmagan holda qolgan bo'lsa-da, xavfsizlik koeffitsienti 1,57 dan 1,76 ga ko'tarilib, konstruksiyaning mustahkamligi va ishga yaroqlilik zaxirasi 12,1 foizga oshgani aniqlandi.

7. Nazariy va amaliy usullar asosida olingan ma'lumotlar yordamida mavjud yuklanish rejimlari va harakat tezliklari uchun ruxsat etilgan kuchlanishlar aniqlandi. Bu natijalar asosida rama konstruksiyasining ekspluatatsion ishonchligi baholandi va uning xavfsiz ishlash chegaralari aniq belgilandi.

8. Olingan eksperimental o'lchovlar va hisobiy natijalar asosida maxsus formulalar hamda baholash algoritmlaridan foydalanib, rama konstruksiyasining xizmat muddatidan qoldiq resursi aniqlab chiqildi. Qoldiq resurs qiymati konstruksiyaning haqiqiy ekspluatatsion yuklamalari, mavjud yoriqlar holati va amalga oshirilgan mustahkamlash darajasini kompleks hisobga olgan holda baholandi.

9. Tadqiqot natijalariga asoslanib, ramaning zaif zonalarini kuchaytirish uchun payvandlash texnik yo'riqnomalar, xizmat muddatini uzaytirish va qoldiq resursini aniqlash yo'riqnomasi ishlab chiqildi. Ushbu yechimlar rama

konstruksiyasining ishlash ishonchliligini oshirib, xizmat muddatini uzaytirishda qoʻllanildi.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

РАХМИДДИНОВ ИЗЗАТИЛЛО ОБИДЖОН УГЛИ

**МОДЕРНИЗАЦИЯ И ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ
СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН**

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

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

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2025.2.PhD/T5740.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

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

Научный руководитель:

Файзибаев Шерзод Сабинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Третьяков Александр Владимирович
доктор технических наук, профессор

Зафаров Диёр Шухратжон угли
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится ____ 2025 г. в ____ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 по присуждению ученых степеней при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, Ташкент, Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрационный номер – 231). (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66)

Автореферат диссертации разослан ____ 2025 года.
(протокол реестра № ____ от ____ 2025 года).

Р.В. Рахимов

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

Я.О. Рузметов

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

Р.М. Мирсаатов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире особое внимание уделяется вопросам модернизации специального самоходного подвижного состава, используемого в железнодорожной отрасли, совершенствования его существующих конструкций и продления срока службы. В настоящее время в развитых странах проводятся последовательные исследования в направлении совершенствования моделирования и конструктивных решений с целью укрепления рамных конструкций железнодорожного подвижного состава, повышения их долговечности и надежности, а также улучшения технико-экономической эффективности. В связи с этим, в частности, из-за нехватки подвижного состава и необходимости расширения строительно-монтажных работ на железных дорогах, особое внимание уделяется модернизации локомотивного парка, разработке методических подходов, направленных на повышение эффективности действующего специального самоходного подвижного состава, а также проведению новых исследований, нацеленных на улучшение технико-экономических показателей и продление срока службы.

В мире проводятся научные исследования, направленные на обеспечение эффективной и безопасной эксплуатации специального самоходного подвижного состава, а также продление срока его службы. Эти исследования включают глубокий анализ технического состояния грузоподъемных конструкций, изучение процессов нагружения на основе математического моделирования и определение напряженно-деформированного состояния. В этом направлении приоритетными считаются исследования по укреплению и совершенствованию рамных конструкций, оценке усталостных свойств и износостойкости материалов, разработке нормативно-технической документации с учетом условий эксплуатации. Вместе с тем, актуальными научно-практическими задачами являются определение остаточного ресурса специального самоходного подвижного состава с истекшим сроком службы, выявление конструктивных зон с наибольшим воздействием нагрузки, а также обоснование достоверности результатов, полученных на основе современных методов расчета и моделирования.

В нашей республике реализуется ряд мер по дальнейшему развитию различных отраслей транспорта, в частности, организации технического обслуживания и эффективного использования парка железнодорожных локомотивов, а также пополнению его локомотивами с улучшенными технико-экономическими характеристиками. В Стратегии¹ развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы и Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-329² определены такие важные задачи, как ...развитие

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

² Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 октября 2023 года No ПП-329 «О мерах по кардинальному реформированию сферы железнодорожного транспорта Республики Узбекистан»

единой транспортной системы с неразрывной связью всех видов транспорта..., ...развитие рынка и инфраструктуры транспортно-логистических услуг..., ...расширение «зеленых коридоров» и транзитных возможностей в транспортной системе...,» а также ..."снижение затрат на перевозку пассажиров и грузов..., ...развитие железнодорожной инфраструктуры, обновление парка локомотивов и вагонов...." Для реализации этих задач, в частности, одним из важных направлений является исследование диэлектрической прочности, электрического сопротивления и температурных показателей изоляционных материалов тяговых электродвигателей локомотивов, работающих на постоянном токе, определение которых позволяет оценить техническое состояние этих двигателей и обосновывает повышение их надежности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, установленных в Законах Республики Узбекистан № ЗРУ-706 от 9 августа 2021 года «О транспорте» и № 766-І от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте,» Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года "О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта,» Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4703 от 4 мая 2020 года "О мерах по коренному совершенствованию системы подготовки кадров в сфере транспорта" и № ПП-329 от 10 октября 2023 года «О мерах по коренному реформированию сферы железнодорожного транспорта Республики Узбекистан,» а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. На основе анализа и исследований, проведенных в рамках данного исследования, а также результатов экспериментов, проведенных на специальных подвижных составах, оценка эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и снижение затрат на топливо выполнены в соответствии с приоритетным направлением II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение.»

Степень изученности проблемы. На международном уровне широко проводились научные исследования, посвященные вопросам определения надежности, долговечности, напряженно-деформированного состояния, усталостной прочности и остаточного ресурса конструкций специального железнодорожного самоходного подвижного состава. В частности, этими вопросами занимались А. Wohler, J. Goodman, M.A. Miner, L.F. Coffin, S.S. Manson, С.П. Тимошенко, Я.Г. Пановко, Н.А. Махутов, Z. Zhang, Sun Y., Lu Y., В.В. Болотин, В.Т. Трощенко, И.В. Кудрявцев, С.С. Дмитриченко, А.В. Григорьев, В.Л. Горобец, П.С. Григорьев, M. Kassner и другие.

В нашей республике проведен ряд научных исследований, направленных на повышение прочности конструкций подвижного состава, оценку остаточного ресурса и продление срока службы. В этом направлении важное место занимают научные работы Н.С. Зайниддинова, Ш.С. Файзибаева, А.Д. Глущенко, З.Г. Мухамедовой, Г.А. Хромовой, И.С. Юткиной,

Б.Т. Файзиева, Р.В. Рахимова, Ю.О. Рузметова, Д.О. Раджибаева, Н.Б. Адилова, А.М. Юсуфова и других ученых. Поэтому разработка научно-практических решений в этом направлении определяет актуальность данного диссертационного исследования.

Вместе с тем, недостаточно изучены проблемы, связанные с оценкой напряженно-деформированного состояния, усталостной прочности, остаточного ресурса рам специальных самоходных подвижных составов, а также с учетом влияния условий эксплуатации на конструктивные элементы на основе современных научно-практических методов анализа.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено на основании гранта № АЛ-662204208 по теме «Разработка технологии продления срока службы автотрис,» заказанного АО «Узбекистон темир йуллари,» а также хозяйственного договора № К1080374 на тему «Разработка нормативно-технической конструкторской документации, направленной на оценку текущего технического состояния несущих рамных конструкций железнодорожного специального подвижного состава и повышение прочности конструкции.»

Целью исследования является научное обоснование возможности продления срока безопасной эксплуатации автотрис АДМ-1, используемых на железных дорогах Узбекистана, путем оценки их текущего технического состояния, определения остаточного ресурса и проведения модернизации для повышения надежности.

Задачи исследования:

Анализ состояния парка специального самоходного подвижного состава, эксплуатируемого на железных дорогах Узбекистана.

Оценка технического состояния рамной конструкции автотрисы методами ультразвуковой дефектоскопии и другими диагностическими методами, а также изучение причин возникновения неисправностей;

Выявление распространенных трещин в конструкции рамы и научное обоснование связи причин их возникновения с зонами высоких механических напряжений рамы, а также анализ формирования этих неисправностей;

Определение напряженно-деформированного состояния рамной конструкции с применением практических (тензометрия) и теоретических (метод конечных элементов) методов;

Определение допустимых значений напряженно-деформированного состояния с учетом существующих режимов и скорости эксплуатации согласно нормативным документам, используя данные, полученные практическими и теоретическими методами;

Разработка технической инструкции по повышению долговечности рамных конструкций при продлении срока службы, инструкции по сварке рамных конструкций, а также нормативно-технической документации по продлению срока службы автотрис.

Объектом исследования является несущая рама автомотрисы АДМ-1, входящей в состав специального самоходного подвижного состава.

Предметом исследования являются текущее техническое состояние рамы автомотрисы АДМ-1, ее напряженно-деформированное состояние, а также показатели прочности и надежности под воздействием статических и динамических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации.

Методы исследования. В процессе исследования комплексно применялись аналитические, статистические методы, цифровое имитационное моделирование, ультразвуковая дефектоскопия и экспериментальные методы исследования. Для изучения напряженно-деформированного состояния конструкций использовались методы конечных элементов на базе современного инженерного программного обеспечения.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана конечно-элементная модель рамы автомотрисы АДМ-1, позволяющая оценить напряженно-деформированное состояние, нагруженность элементов рамы под воздействием динамических сил и их ресурс;

для оценки прочности рамы автомотрисы АДМ-1 разработана программа проведения ходовых испытаний, учитывающая влияние динамических сил во время движения;

разработан алгоритм оценки остаточного ресурса рамы автомотрисы АДМ-1 с учетом напряженно-деформированного состояния и факторов, влияющих на различные эксплуатационные режимы;

разработана методика определения остаточного ресурса рамы автомотрисы АДМ-1 с учетом ее текущего технического состояния и факторов, влияющих на процесс эксплуатации, при оценке нагруженности рамы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Обоснованы порядок выполнения сварочных работ и технологические требования, применяемые в процессе ремонта рам специального железнодорожного самоходного подвижного состава;

Разработаны методы оценки текущего технического состояния конструкции рамы автомотрисы АДМ-1, предложены конструктивно-технологические решения, направленные на повышение ее прочности;

Обоснованы возможности применения научно-технических решений по повышению эксплуатационной надежности и продлению срока службы путем усиления конструкции рамы;

Разработана методическая инструкция по определению остаточного ресурса рамы автомотрисы АДМ-1, основанная на методах дефектоскопии, экспериментальных измерениях и расчетных методах.

Достоверность результатов исследования. Общие теоретические выводы, полученные по итогам исследования, подтверждаются использованием в научно-исследовательской работе методов тензометрии и современного инженерного программного обеспечения, а в процессе экспериментов и испытаний - сертифицированных и аккредитованных средств

дефектоскопии. Кроме того, достоверность результатов подтверждается соответствием расчетных и экспериментальных данных, а также близостью теоретических результатов к практическим.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке расчетной модели с использованием методов дефектоскопии, ультразвуковой толщинометрии и конечных элементов для определения изменений технического состояния конструкции рамы в процессе длительной эксплуатации автомотрисы АДМ-1.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена тем, что при оценке запаса прочности и остаточного ресурса конструкции рамы автомотрисы научно обоснована зависимость напряженно-деформированного состояния от скорости движения, а также разработаны практические рекомендации по оценке технического состояния и продлению срока службы в условиях эксплуатации.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по продлению срока службы специального самоходного подвижного состава типа АДМ-1, эксплуатируемого на железных дорогах Узбекистана:

Методика расчета на прочность, разработанная на основе конечно-элементных расчетных моделей рамной конструкции автомотрисы АДМ-1, внедрена на дистанции Ташкентского электроснабжения (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан № 4/Е669 от 21 апреля 2025 г.). В результате определены высоконагруженные участки рамной конструкции в реальных эксплуатационных условиях;

Методика продления срока службы и определения остаточного ресурса рамной конструкции автомотрисы АДМ-1 внедрена в Бухарской мастерской по ремонту железнодорожных машин (ПДМ-Бухара) (Справка Министерства транспорта Республики Узбекистан № 4/Е669 от 21 апреля 2025 г.). В результате, научно обоснована возможность повышения прочности и эксплуатационной надежности несущей рамной конструкции автомотрисы АДМ-1, что позволяет продлить срок ее службы еще на 27 лет;

Ремонтно-конструкторские работы по совершенствованию рамной конструкции автомотрисы АДМ-1 № 609 были проведены и внедрены в практику на "Зиявуддинской тяговой подстанции" Самаркандской дистанции электроснабжения в составе Бухарского регионального железнодорожного узла АО "Узбекистон темир йуллари" (Справка Министерства транспорта Республики Узбекистан № 4/Е669 от 21 апреля 2025 г.). В результате ожидаемый экономический эффект составил примерно 215 000 000 (двести пятнадцать миллионов) сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования были представлены на 8 научных конференциях, в том числе на 2 научных конференциях, индексированных в международной базе данных Scopus, 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 1 в международном издании и 4 в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получено 5 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость исследования, изложены его цели и задачи, объект и предмет исследования. Также обосновано их соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Подробно освещены научная новизна и практические результаты исследования, научная и практическая значимость полученных результатов. Кроме того, представлена информация о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных научных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ конструкции специального самоходного подвижного состава и постановка задач исследования, а также анализ литературы»** проанализированы конструктивное устройство автомотрисы АДМ-1 и ее основные технологические показатели. Текущее состояние парка ССПС, эксплуатируемого на железных дорогах Узбекистана, оценено на основе статистических и технических показателей. Анализ показал, что более 65% этих специальных подвижных составов выработали свой срок службы. Также разработаны научно обоснованные подходы к продлению срока эксплуатации автомотрисы.

Задачами исследования определены устойчивость конструкции к эксплуатационным нагрузкам, методика определения остаточного ресурса, значимость модернизации и возможности их внедрения в практику. Дан анализ ранее проведенных научных работ по вопросам оценки остаточного ресурса и прочности конструкции рамы. Это укрепило научную основу исследования и послужило выявлению существующих научных пробелов. В конце главы приведены обобщенные выводы на основе проведенного анализа конструктивного и паркового состояния, которые послужили прочным научным фундаментом для теоретических основ и экспериментальных исследований, излагаемых в последующих разделах.

Анализ показывает, что степень износа парка ССПС по республике высока, при этом автомотрисы, эксплуатируемые более 20 лет, составляют 64% от общего состава. В разрезе регионов доля специального самоходного подвижного состава типа АДМ-1 составляет 23%, часть из которого требует капитального ремонта и модернизации (рис.1). Данная ситуация

обуславливает необходимость разработки научно обоснованных решений по повышению технической надежности и продлению срока службы существующего парка.

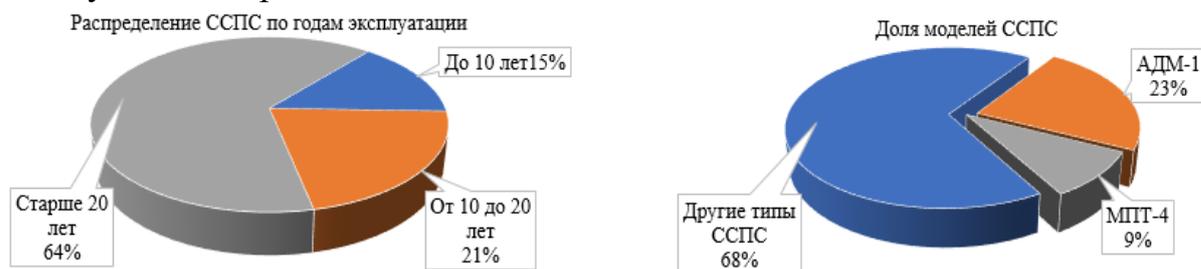


Рисунок 1. Распределение ССТПС в разрезе предприятий и состоянии парка

Во второй главе диссертации под названием «Изучение процессов повреждения, возникающих под воздействием повторяющихся нагрузок, и экспериментальная оценка текущего технического состояния рамных конструкций автотрисы АДМ-1» проанализированы основные виды неисправностей, возникающих под воздействием повторяющихся динамических нагрузок в процессе эксплуатации рамы автотрисы АДМ-1. Проанализированы наиболее часто встречающиеся в конструкции трещины, усталость металла, коррозионный износ и дефекты в сварных швах. Также были проанализированы результаты визуального осмотра конструкции рамы, выявления дефектов капиллярным методом и диагностических исследований, проведенных с помощью ультразвуковой дефектоскопии. На основе этого анализа были определены неисправности рамы и четко обозначены конструктивные зоны, наиболее подверженные повреждениям (рис. 2).



Рисунок 2. Методы диагностики, применяемые к рамной конструкции:
а – визуальная диагностика; *б* – график дефектоскопического обследования;
с – капиллярная диагностика

В ходе научно-исследовательской работы для оценки степени коррозии, возникающей в результате коррозии рамы и естественной усталости металла, использовался ультразвуковой толщиномер марки УТ-1М. Были отмечены точки измерения в важных узлах конструкции рамы, определена толщина металла в каждой точке и рассчитана степень износа (рис. 3). Результаты проведенных измерений толщины показали, что толщина листов полностью соответствует нормативной конструкторской документации. Элементы имели

толщину, указанную на чертежах завода-изготовителя, и значительных случаев коррозии не выявлено.

Результаты измерений толщины по раме приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения толщины конструкции рамы автомотрисы АДМ №609, мм

Вид сверху, мм													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10,03	10,13	10,08	9,89	9,95	9,88	10,02	10,05	10,15	10,12	10,21	9,97	10,13	9,92
А-А							В-В						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
6,04	6,65	6,02	6,04	6,28	6,34	6,35	6,42	6,44	6,58	6,34	6,45	6,52	6,64
Вид справа, мм													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6,14	6,58	6,13	6,24	6,31	6,34	6,05	6,24	18,03	18,15	18,22	18,02	18,15	18,04
Вид слева, мм													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6,14	6,56	6,12	6,18	6,18	6,14	6,25	6,22	18,03	18,15	18,22	18,02	18,15	18,04
Вид спереди, мм							Вид сзади, мм						
1	2	3	4	1	2	3	4						
10,02	10,12	10,08	10,21	10,11	10,09	10,17	10,22						

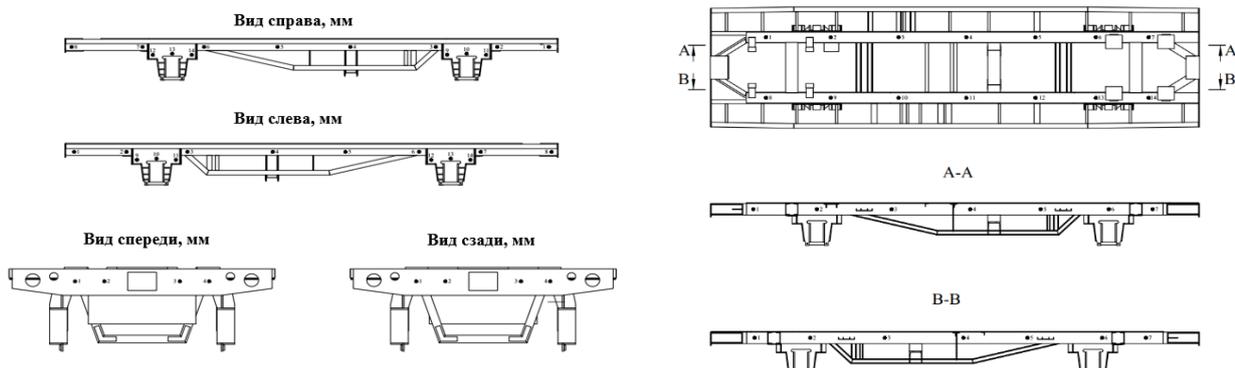


Рисунок 3. Схема измерения толщины рамы автомотрисы

В третьей главе диссертации под названием «Теоретические и экспериментальные расчеты напряженно-деформированного состояния рамочной конструкции автомотрисы АДМ-1» изучены теоретические и практические основы определения напряженно-деформированного состояния рамы автомотрисы АДМ-1. Определены статические нагрузки, действующие на конструкцию, схемы нагружения, рассчитано распределение напряжений в основных балках. В результате статического анализа были выявлены зоны с высокой концентрацией напряжений.

Состояние прочности конструкции рамы оценивалось с помощью МКЭ. С учетом реальных размеров, условий нагружения и свойств материала была создана численная модель и определены напряжения, деформации и эквивалентные напряжения по фон Мизесу. По результатам расчетов были

выявлены критические зоны, элементы с концентрацией избыточных напряжений и показатели деформации.

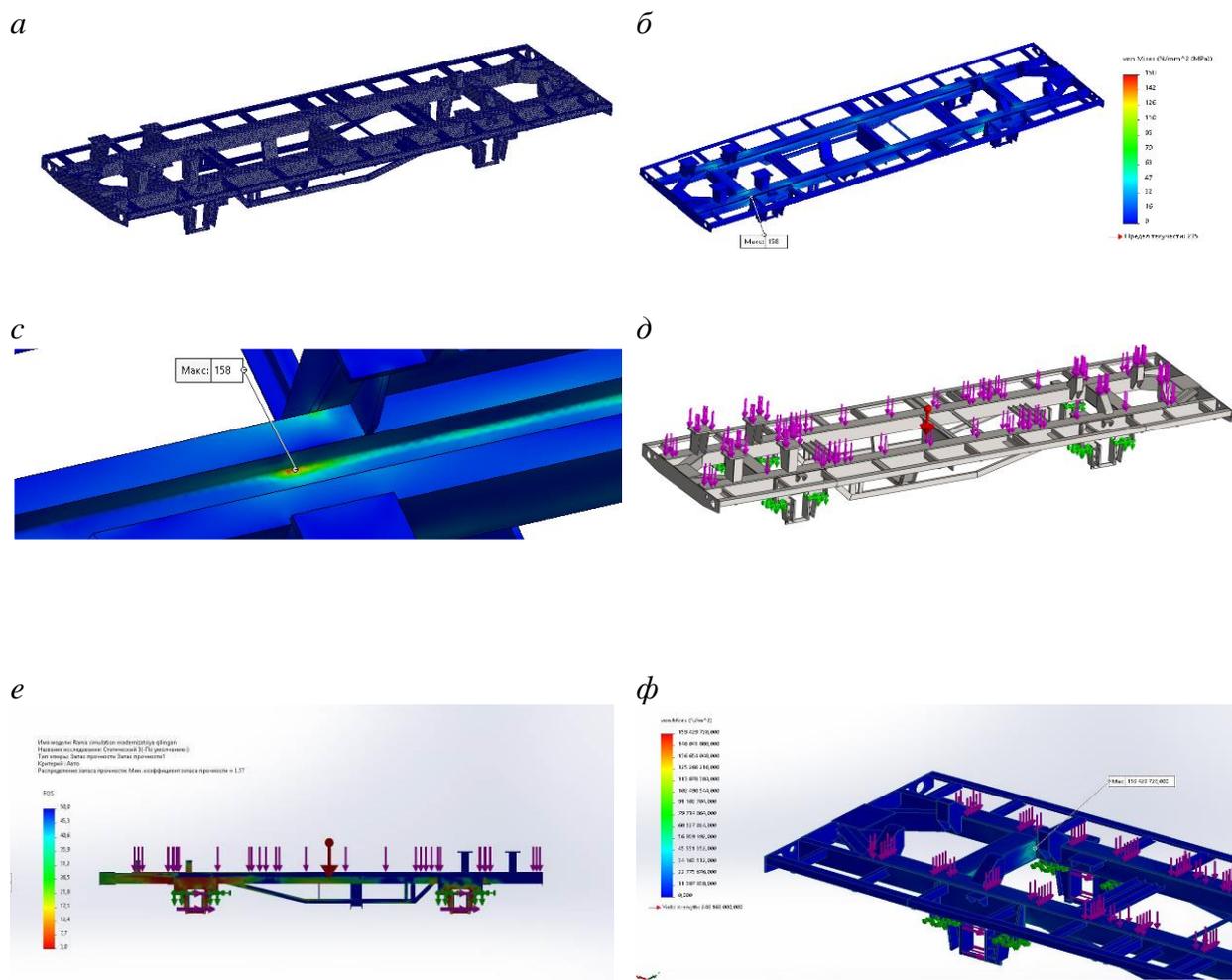


Рисунок 4. Конечно-элементный анализ конструкции рамы:

а - конечно-элементная модель рамы автомотрисы; *б* - схема нагружения рамы автомотрисы АДМ-1; *с* - напряженно-деформированное состояние рамы; *д* - максимальное значение концентрации напряжений на раме автомотрисы; *е* - напряженно-деформированное состояние рамы до ее усиления; *ф* - эпюра запаса прочности рамы до усиления

На основе построенной модели конечных элементов проведены анализы напряженно-деформированного состояния рамной конструкции автомотрисы (рис. 4). Рассчитанные напряжения по критерию фон Мизеса позволили оценить схему нагружения (рис. 4б) и напряженно-деформированное состояние (рис. 4с) рамы. Зоны с максимальной концентрацией напряжений четко показаны на рис. 4д, что указывает на наличие слабых участков в конструкции. Напряженно-деформированное состояние рамы до усиления показано на рис. 4ф, а эпюра запаса прочности рамы до усиления - на рис. 4е. На основе полученных результатов разработаны конструктивные предложения, направленные на повышение надежности рамы автомотрисы.

В данной главе были проведены экспериментальные измерения для определения напряжений и деформаций в реальных условиях. Для проведения тензометрических измерений были выбраны оптимальные расположения

датчиков, в качестве критериев выбора учитывались результаты МКЭ, выводы статического анализа и зоны наиболее частых повреждений. Разработан алгоритм установки, калибровки и регистрации сигнала тензодатчиков. Для эксперимента были созданы условия испытаний, отражающие реальные режимы нагружения. Данные, полученные из тензометрических измерений, были обработаны и проанализированы: графики напряжений и деформаций, изменения амплитуды, колебания нагрузки во времени. Экспериментальные результаты сравнивались с теоретическими расчетами, полученными с помощью МКЭ, и были рассчитаны величина максимального отклонения, степень точности и коэффициенты соответствия. В результате анализа подтверждено соответствие результатов модели реальной конструкции, выявлены конструктивные факторы, вызывающие избыточные напряжения в некоторых зонах.

Для определения напряженно-деформированного состояния основного несущего элемента автомотрисы - рамной конструкции были проведены экспериментальные исследования на основе метода тензометрии. При этом были разработаны алгоритм и блок-схема оптимального размещения тензодатчиков. Сначала на поверхности рамы были определены зоны с высокой вероятностью возникновения напряжения и высокой нагрузкой, выявленные с помощью Solidworks, и выбраны подходящие места для установки тензодатчиков (рис. 5). Затем были изготовлены тензодатчики, смонтированы их электрические соединения и проведено испытание их рабочего состояния.

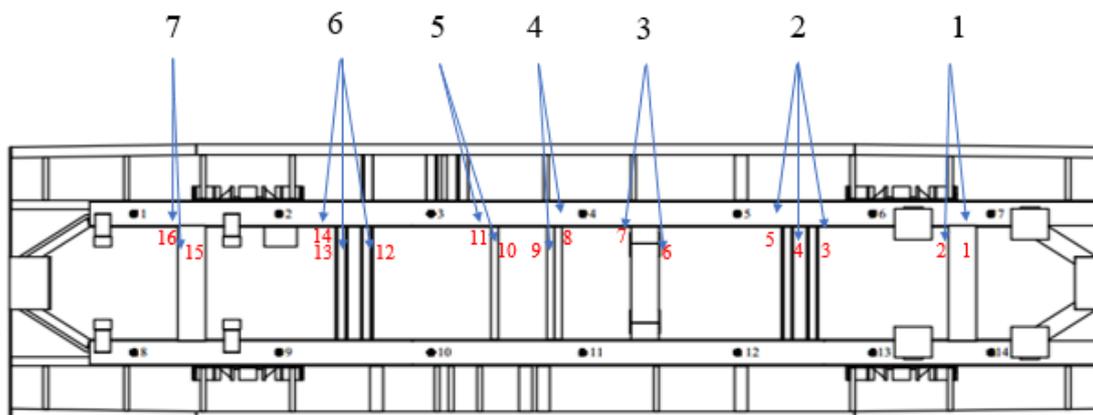


Рисунок 5. Схема установки тензодатчиков на раме автомотрисы АДМ-1

На основе метода тензометрии были получены результаты максимальных напряжений, возникающих в рамной конструкции автомотрисы АДМ-1 при различных скоростных режимах движения (10, 30, 55 и 60 км/ч). На графике представлены результаты напряжений, полученные с 64 тензодатчиков по 16 каналам, которые были сопоставлены с нормативными пределами напряжений для рабочих, тяговых и транспортных режимов.

В результате экспериментальных исследований, проведенных на раме специального подвижного состава марки АДМ-1, определены напряжения, возникающие при различных скоростях (10-60 км/ч) с помощью

тензодатчиков, установленных в 16 точках конструкции. Измерения показали линейное увеличение напряжения с увеличением скорости во всех каналах, что подтвердило чувствительность рамы к динамическим нагрузкам (рис. 6).

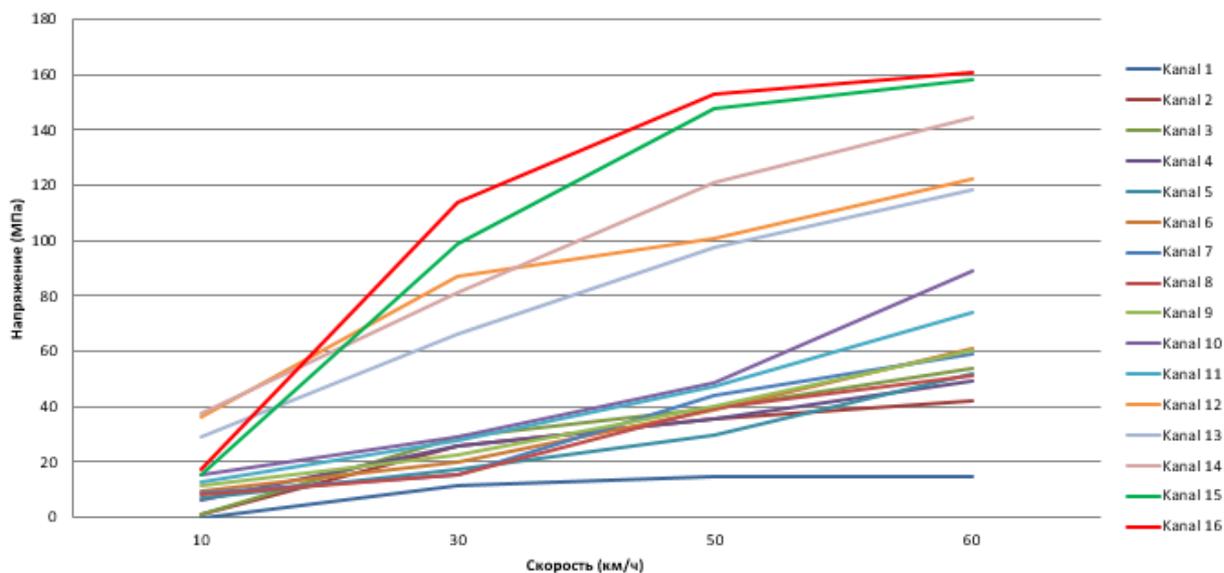


Рисунок 6. График зависимости напряжения от скорости

В зонах низкой нагрузки (каналы 1-9) максимальное напряжение формируется в диапазоне 10-60 МПа, и установлено, что эти части конструкции стабильно работают в упругом режиме. Наибольшие напряжения регистрировались в каналах 10-16 и с увеличением скорости достигали от 90 МПа до 161 МПа. Это показало, что данные участки рамы являются наиболее важными элементами с точки зрения несущей способности, и вероятность формирования в них концентрации напряжений весьма высока.

Таблица 2

Допустимые значения напряжения для расчетных режимов

Существующие режимы	Допустимые значения для существующих режимов
Транспортный режим	211,5
В рабочем режиме	152,75
В режиме тяги	152,75
Движение с конструкционной скоростью	152,75

Результаты экспериментов показали, что максимальные напряжения, зарегистрированные в 15-16 каналах рамы, превышают нормативные допустимые значения, установленные для существующих режимов в этих каналах. В частности, резкое увеличение уровня напряжений с ростом скорости подтверждает, что в этих зонах конструкции расположены основные несущие элементы и высока вероятность возникновения концентрации напряжений. Данная ситуация создает угрозу эксплуатационной надежности и усталостной прочности рамы, что требует разработки мер по снижению

концентрации напряжений путем усиления конструкции, направленного на уменьшение напряжений в ней.

Экспериментальные результаты согласуются с общими тенденциями, наблюдаемыми на графиках: по мере увеличения скорости рост напряжения во всех каналах происходит равномерно, а в некоторых точках наблюдается резкое увеличение. Эти результаты подтверждают расчетные данные, полученные методом конечных элементов, и создают важную научную основу для выявления критических зон с высоким риском усталостного разрушения в раме и разработки конструктивных предложений по их усилению.

В четвертой главе диссертации **«Повышение безопасности путём улучшения функциональных возможностей и усиления рамной конструкции. Оценка остаточного ресурса рамных конструкций»** освещены комплексные исследования, направленные на оценку состояния рамной конструкции автомотрисы АДМ-1 под статическими и динамическими нагрузками, определение распределения напряжений и деформаций, усталостной прочности и эффективности сварочных работ.

Проведен комплекс технических, экспериментальных и расчетных работ по увеличению срока службы конструкции основной рамы автомотрисы АДМ-1, повышению уровня безопасности и определению остаточного ресурса.

На первом этапе были разработаны технические основы модернизации конструкции рамы и приварены усиливающие листы на основе конструктивных предложений. Эффективность модернизации оценивалась по усталостной прочности и перераспределению напряжений.

Также были проведены перерасчеты методом конечных элементов для оценки прочности после модернизации и сопоставлены с результатами испытаний (рис. 6а,б). Разработаны рекомендации по повышению безопасности, проведены сварочные и упрочняющие работы для зон с высоким риском возникновения неисправностей.

Анализ напряженно-деформированного состояния рамы автомотрисы АДМ-1 после модернизации показал снижение максимального напряжения на 10,1%, что подтвердило повышение общей надежности конструкции (таблица 3). Увеличение коэффициента безопасности с 1,57 до 1,76 свидетельствует об эффективности мер по укреплению рамы и значительном улучшении эксплуатационной долговечности.

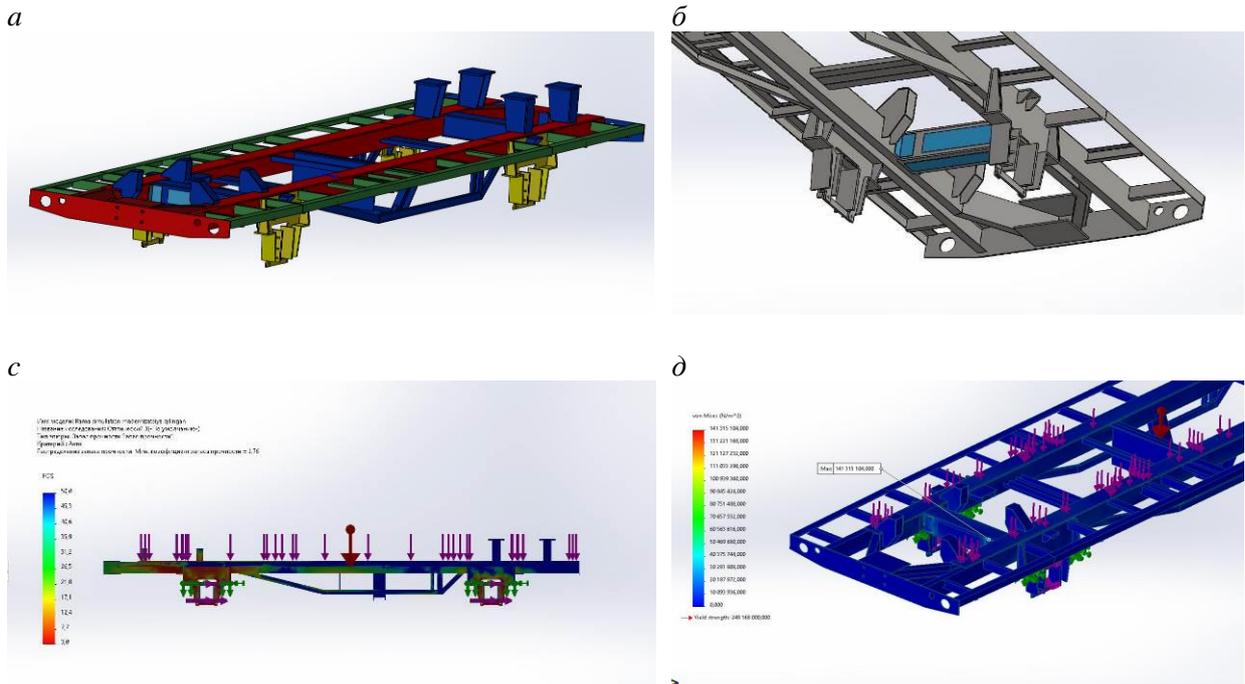


Рисунок 7. Анализ конечно-элементной модели рамной конструкции после усиления:
а - конечно-элементная модель рамы автомотрисы; *б* - конечно-элементная модель с усиленными листами; *с* - эпюра запаса прочности после модернизации; *д* - максимальное значение напряженно-деформированного состояния после модернизации

Был проведен статистический анализ ежедневных, месячных и годовых пробегов автомотрис типа АДМ-1, эксплуатируемых на железных дорогах Узбекистана. Согласно результатам анализа, в процессе регулярной эксплуатации автомотрис на их рамные конструкции, являющиеся основным несущим элементом, действуют постоянные напряжения.

Таблица 3

параметры рамы до и после усиления			
Показатель	До упрочнения	После упрочнения	Изменение
Максимальное напряжение (МПа)	159,4	143,3	уменьшилось на 10,1%
Предел текучести материала (МПа)	235	235	Не изменился
Коэффициент безопасности (FOS)	1,57	1,76	увеличился на 12,1 процента

Одним из факторов, оказывающих наибольшее влияние на эти напряжения, являются значительные динамические силы, возникающие в процессе прохождения рельсов через стыковые соединения. Данный процесс приводит к возникновению повторяющихся ударных нагрузок на конструкцию рамы при каждом цикле движения автомотрисы, что может привести к усталостному разрушению при длительной эксплуатации.

Одним из основных показателей при оценке общего влияния этих нагрузок на конструкцию рамы является количество циклов прохождения рельсовых стыков. Оно определяется по следующей формуле:

$$N = \frac{L_{год}}{L_{рельс}}, \quad (1)$$

где $L_{год}$ - расстояние, пройденное автомотрисой за год; $L_{рельс}$ - длина рельса.

Остаточный срок службы определяется по следующей формуле:

$$T = \frac{N}{N_{год}}, \quad (2)$$

где $N_{год}$ - количество циклов прохождения автомотрисы через стыковые соединения рельсов в течение года; N - число циклов, выдерживаемых рамными конструкциями.

Исходя из приведенных выше формул, срок службы автомотрисы рассчитывался как функциональная зависимость от суточного пробега. Результаты расчетов, обобщенные в таблице 3, показывают, что с увеличением суточного объема пробега увеличивается количество циклов нагружения и, соответственно, сокращается срок службы.

Таблица 4

Зависимость интенсивности использования автомотрис от остаточного ресурса.

№	Годовой и суточный пробег автомотрис АДМ-1	Срок эксплуатации, лет
1	Максимальный годовой пробег 20 002 км и суточный 34,2 км	27
2	Среднегодовой пробег составлял 17 500 км, а среднесуточный - 31,1 км.	29
3	Минимальный пройденный путь составляет 13 870 км, а минимальный суточный - 28 км.	32

По результатам расчетов установлено, что автомотриса может безопасно эксплуатироваться и имеет возможность продления срока службы до 27 лет.

Общее количество циклов до отказа рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{сум} = N_G \frac{\sigma_{-1d}^m}{\sum_{\sigma_{ai} \geq \sigma_{-1d}} t_i \sigma_{ai}^m}, \quad (3)$$

где N_G - количество циклов, соответствующих точке перелома кривой усталости; m - показатель степени наклонной ветви кривой усталости; σ_{-1d} - предел выносливости детали; σ_{ai} - амплитуда цикла нагрузки; t_i - отношение числа циклов с амплитудой σ_{ai} к общему числу циклов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на определение остаточного ресурса рамной конструкции, являющейся основным несущим элементом специального самоходного подвижного состава АДМ-1, эксплуатируемого на железных дорогах Узбекистана, и продление срока его службы, при этом:

1. Анализ показал, что в настоящее время более 64 процентов используемых специальных самоходных подвижных составов технологически устарели в результате многолетней эксплуатации. Такие факторы, как трещины, деформации и коррозия, возникающие в их рамных конструкциях под воздействием механических нагрузок, свидетельствуют о приближении окончания срока их службы. В связи с этим выявлена необходимость комплексных мер по оценке их технического состояния, модернизации и продлению срока службы.

2. С помощью ультразвуковой дефектоскопии, визуальных, капиллярных и других методов технической диагностики были выявлены внутренние и поверхностные трещины и другие неисправности в нескольких местах конструкции рамы. В проведенном анализе в качестве основных причин неисправностей были определены чрезмерные динамические нагрузки, колебания при прохождении через рельсовые стыки, зоны с концентрацией напряжений.

3. В ходе научных исследований был использован ультразвуковой толщиномер УТ-1М для оценки степени коррозии в раме и возможного износа металла в результате естественной усталости; в важных частях конструкции рамы были отмечены 64 диагностические точки, в каждой точке измерялась толщина металлической стенки и сравнивалась с ее нормативными значениями, и на основе этих данных была разработана модель конечных элементов конструкции в программе SOLIDWORKS. Результаты измерений показали полное соответствие толщины листов проектным значениям, установленным в конструкторской документации, отсутствие значительных коррозионных состояний и опасных степеней износа металла в элементах, подтвердив, что техническое состояние конструкции рамы обеспечено достоверными исходными данными для дальнейшего анализа напряженно-деформированного состояния.

4. Анализ напряженно-деформированного состояния, проведенный на основе метода конечных элементов, позволил определить зоны с наибольшим напряжением в конструкции рамы. Эти зоны совпадали с местами, где в эксперименте наблюдалось наибольшее количество трещин и неисправностей. Это доказывает, что трещины и конструктивные уязвимости напрямую связаны друг с другом.

5. Экспериментальные результаты, полученные методом тензометрии, и теоретические (МКЭ) анализы были сопоставлены, и была отмечена сходимость с точностью 95%. Интеграция этих двух методов позволила с высокой степенью точности оценить напряженное состояние рамной конструкции в реальных условиях эксплуатации.

6. В результате усиления конструкции рамы максимальное напряжение снизилось с 159,4 МПа до 143,3 МПа, а общий уровень нагрузки снизился на 10,1%; хотя предел текучести материала остался неизменным, коэффициент безопасности увеличился с 1,57 до 1,76, а прочность и запас работоспособности конструкции увеличились на 12,1%.

7. С помощью данных, полученных на основе теоретических и практических методов, определены допустимые напряжения для существующих режимов нагружения и скоростей движения. На основе этих результатов была оценена эксплуатационная надежность конструкции рамы и четко определены пределы ее безопасной работы.

8. На основе полученных экспериментальных измерений и расчетных результатов, с использованием специальных формул и алгоритмов оценки, был определен остаточный ресурс рамы. Значение остаточного ресурса оценивалось с комплексным учетом фактических эксплуатационных нагрузок конструкции, состояния существующих трещин и степени выполненного усиления.

9. По результатам исследований разработаны технические инструкции по сварке для усиления слабых зон рамы, инструкции по продлению срока службы и определению остаточного ресурса. Эти решения были применены для повышения эксплуатационной надежности рамы и увеличения срока ее службы.

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

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

RAXMIDDINOV IZZATILLO OBIDJON OGLI

**MODERNIZATION AND SERVICE LIFE EXTENSION OF SPECIAL
SELF-PROPELLED ROLLING STOCK OPERATED IN THE REPUBLIC
OF UZBEKISTAN**

05.08.05 – Railway rolling stock, train traction and electrification

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

Tashkent – 2025

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Yeducation, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2025.2.PhD/T5740.

The dissertation has been prepared at the Tashkent state transport university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, english (resume)) on the website of the Scientific council (www.tstu.uz) and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:	Fayzibaev Sherzod Sabirovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Tretyakov Aleksandr Vladimirovich doctor of technical sciences, professor Zafarov Diyor Shuhratjon ugli candidate of technical sciences, associate professor
Leading organization:	Fergana State Technical University

The dissertation will be defended at 16⁰⁰ on ____, 2025 at the meeting of the Scientific council DSc.15/31.08.2022. T.73.07 on awarding scientific degrees at the Tashkent state transport university. (Address: 1, Temirë'lichilar str., Tashkent, 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tdtu.uz).

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Centre of the Tashkent state transport university (Registered number - 149). (Address: 1, Temiryolchilar str., Tashkent, 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on ____, 2024 ear.
(mailing recort № 006 on April 9, 2025).

R.V. Rahimov

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

Ya.O. Ruzmetov

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

R.M. Mirsaatov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study. The relevance of the topic of the dissertation lies in the development of a method for calculating the efficiency of heat recovery in flat solar air heaters with heat transfer intensification at Reynolds numbers ($Re < 2300$), as well as estimates of the thermal and aerodynamic efficiency of air heaters at Reynolds numbers ($Re > 2300$).

The objectives of the research:

Analyze the state of the special self-propelled rolling stock fleet used on the railways of Uzbekistan.

Assess the technical condition of the railcar frame structure using ultrasonic flaw detection and other diagnostic methods, and study the causes of malfunctions;

Identify frequently occurring cracks in the frame structure and scientifically link the causes of their occurrence with areas of high mechanical stress in the frame, as well as analyze the formation of these defects;

Determine the stress-strain state of the frame structure using practical (strain gauge) and theoretical (finite element) methods;

Determine the permissible values of the stress-strain state according to regulatory documents, taking into account existing operating modes and speeds, using data obtained from practical and theoretical methods;

Develop technical guidelines for increasing the durability of frame structures when extending their service life, instructions for welding frame structures, as well as regulatory and technical documentation for extending the service life of railcars.

The object of the research work is the frame of the ADM-1 railcar.

The scientific novelty of the research work is as follows:

A finite element model has been developed that allows assessing the stress-strain state of the ADM-1 railcar frame, the load on frame elements under the influence of dynamic forces, and their service life;

A running test program has been developed to assess the strength of the ADM-1 railcar frame, taking into account the influence of dynamic forces during movement;

An algorithm for assessing the residual service life of the ADM-1 railcar frame has been developed, taking into account its stress-strain state and factors influencing various operating modes;

A methodology for determining the residual service life of the ADM-1 railcar frame has been developed, taking into account its current technical condition and factors influencing the operation process when assessing the load on the frame.

Implementation of research results.

Based on scientific research conducted to extend the service life of special self-propelled rolling stock of the ADM-1 type used on the railways of Uzbekistan:

Research work was carried out to determine the stress-strain state of the frame structure of the ADM-1 railcar number 059 on the balance sheet of the Tashkent Power Supply Distance (ECH-1). These studies were conducted based on tests

carried out at the Uzbekistan locomotive depot for general use, belonging to JSC “Uzbekistan Railways,” on a 44 km railway section between the Yangiyul-Chinoz stations. As a result, based on the requirements of the instruction “Extension of service life and determination of residual resource of the ADM-1 railcar frame,” major repairs were carried out on the railcar frame under the conditions of the Bukhara Railway Machinery Repair Workshop (PDM-Bukhara). Its strength and reliability were increased, and the service life was extended (Act on the implementation by the "Tashkent Power Supply Distance" dated December 18, 2024).

At the “Ziyovuddin Traction Substation” of the Samarkand Power Supply Distance, part of the Bukhara Regional Railway Junction of JSC “Uzbekistan Railways,” repair and design work were carried out to improve the frame structure of the ADM-1 railcar № 609. Based on the obtained conclusions and experimental results, "Instructions for performing welding work during the repair of the frame structure of special railway self-propelled rolling stock" and "Technical solutions aimed at assessing the current technical condition of the frame structure of special railway self-propelled rolling stock and increasing the strength of the structure" were developed and implemented in practice (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan No. 4/E669 dated April 21, 2025). As a result, during the newly established service life of the railcar, economic efficiency of about 215 million sums per year was achieved by applying these methods to one railcar.

Structure and scope of the thesis.

The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, lists of published works and used literature, as well as an appendix. The volume of the thesis is 117 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Рахмиддинов И.О. Оценка прочности рамы самоходного подвижного состава ADM-1 // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации 2025 №3. – С. 21 – 26. (05.00.00 ОАК Rayosatining 2020 yil 30 noyabrdagi 288/14-sonli qaroriga asosan)

2. Raxmiddinov I.O. Maxsus o'ziyurar harakat tarkibining elektr jihozlarining texnik holatini hisobga olgan holda oraliq ta'mirlash davrlarini optimallashtirish modellari / Sh.S. Fayzibaev, A.A. Shoisaev, // Jamoat xavfsizligi ilmiy-amaliy jurnali, 2023.– №1.– В. 210–215. (05.00.00 ОАК Rayosatining 2021-yil 30-sentyabrdagi 306/4 - sonli qarori).

3. Рахмиддинов И. О. Модели оптимизации межремонтных периодов электрооборудования самоходного подвижного состава с учетом его технического состояния / Файзибаев Ш.С. // Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг Маърузалари 2023 – №4. – С. 88-94 (05.00.00 №9)

4. Рахмиддинов И. О. Применение методов расчета несущей способности и малоцикловой усталости для оценки ресурса ответственных узлов тепловозов УЗТЕ16М / Ш.С. Файзибаев, О.Т. Касимов, Х.Р. Косимов // “Пожаро-взрывобезопасность: научно-практический электронный журнал”, 2024№3 (16). – С. 207-210 (05.00.00, №28)

5. Raxmiddinov I.O. Experimental research on extending the service life of the frame of the special self-propelled rolling stock ADM-1 / Sh.S. Fayzibaev, Kh.R. Kosimov // In Proceedings of the Fourth International Scientific and Technical Conference, “Railway Rolling Stock: Problems, Solutions, Prospects”. – 2025. – P. 279–285. (05.00.00; ОАК Rayosatining 2025-yil 5-apreldagi 369/4-sonli qarori).

6. Raxmiddinov I.O. Hardening the rolling surface of the wheels bandage after mechanical treatment / Sh.S. Fayzibaev, I.Y. Soboleva, R.P. Nigay // E3S Web of Conferences 458, 10003 (2023) EMMFT-2023. – P. 1 – 6. (<https://doi:10.1051/e3sconf/202345810003>)

7. Raxmiddinov I.O. Optimization models of repair periods of electrical equipment of self-propelled rolling stock, according to its technical condition / Sh.S. Fayzibaev, Z.G. Muxammedova // E3S Web of Conferences 458, 01015 (2023) EMMFT-2023. – P. 1 – 6. (<https://doi:10.1051/e3sconf/202345801015>)

II бўлим (II часть; II part)

8. Raxmiddinov I.O. Maxsus o'ziyurar harakat tarkibining oraliq va joriy ta'mirlash davrlarini hisoblash / Sh.S. Fayzibaev // Xalqaro olimlar ishtirokidagi

xalqaro ilmiy-texnikaviy anjumani maqolalar to‘plami, Transportda resurs tejamkor texnologiyalar, 20–21 dekabr 2023-yil, . – B. 386– 389.

9. Raxmiddinov I.O. Maxsus o‘ziyurar harakat tarkibi uchun ta‘mirlash davrlarini yaxshilash uchun model tuzish / Fayzibaev Sh.S. // “O‘zbekistonda ilmfan va ishlab chiqarish integratsiyasini rivojlantirish istiqbollari” mavzusida xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallar to‘plami, Andijon, 2023. – B. 496–499

10. Raxmiddinov I.O. Maxsus o‘ziyurar tortuv harakat tarkibini ishlashida samarali ta‘mirlashni tashkil qilish / Yo‘lchiev U.U. // “Yosh ilmiy tadqiqotchi” 2-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to‘plami. Toshkent 2023 – B. –126-128.

11. Рахмиддинов И. О. Уменьшение износа поверхности катания колесных пар механическим упрочнением / Ш.С. Файзибаев, А.А. Шоисаев, И.Ю. Соболева, Р.П. Нигай, // Локомотивы. Электрический Транспорт – XXI век Сборник материалов IX Международной научно-технической конференции, ФГБОУ ВО ПГУПС, 2024 – С. 393– 398.

12. Рахмиддинов И. О. Исследование пластических деформаций на поверхности упрочняемого бандажа колесной пары / Ш.С. Файзибаев, И.Ю. Соболева // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции Част 1 4 апреля 2023 г. – С. 125– 128.

13. Рахмиддинов И. О. Моделирование колебаний сжатия и сдвига в материале бандажей колес локомотива при движении по рельсовому пути / Ш.С. Файзибаев, О. Р. Хамидов, О.Т. Касимов // Наука и образование транспорту. – 2023. – № 1. – С. 85-87

14. Raxmiddinov I.O. ADM-1 turidagi avtomotrisaning vertikal tebranishlarini hisoblash dasturi / Sh. S. Fayzibaev, O. R. Xamidov, Sh. F. Jamilov, B.Ch. Turdimurodov, Sh. I. Kudratov, B.I. G‘ayratov, X.R. Qosimov, Z.O. Keldibekov // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. DGU 43864; 05.11.2024 yil

15. Raxmiddinov I.O. Magistral teplovozlarning ramasi bikrligini aniqlash dasturi / O. R. Xamidov, X.R. Qosimov, N. S. Zayniddinov, Sh.X. Abdurasulov, N.V. Julenev, O‘.I. Safarov, B.X. Erkinov, Z.O. Keldibekov, // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. DGU 43087; 15.10.2024 yil

16. Raxmiddinov I.O. Maxsus o‘ziyurar harakat tarkibini qoldiq resursini aniqlash // Sh. S. Fayzibaev, M.E. Abduvaxobov / O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. DGU 47631; 06.02.2025 yil

17. Raxmiddinov I.O. Teplovozlarning kuchlanish-deformatsiya holatini o‘rganis / Sh.F. Jamilov, O.T. Kasimov, A.M. Yusufov, B.I. G‘ayratov,

Sh.X. Abdurasulov, B.Ch. Turdimurodov // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. DGU 41356; 04.07.2024 yil

18. Raxmiddinov I.O. Yuklanmagan holatdagi avtomatrisaning erkin vertikal tebranishlarini hisoblash / Z.G. Adilova, I.Y. Soboleva, I.O. Raxmiddinov, A.A. Shoishev // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. DGU 32893; 22.01.2024 yil.

Avtoreferat “TDTrU axborotnomasi” ilmiy-amaliy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va matnlarni mosligi tekshirildi (21.01.2025-yil).

Qog‘oz bichmi 60x84/16. Rizograf bosma usuli Times New Roman garniturasida.
Shartli bosma tabog‘i: 2,8 b.t. Adadi: 40 nusxa. Buyurtma № 43-11/2025
Nashrga ruxsat yetildi: 17.03.2025-y.

Toshkent davlat transport universiteti bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: 100167, Toshkent shahar, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-u

