

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ОТАЖОНОВ ХУМОЮН ХАМРО ЎҒЛИ

ЮК ВАГОНЛАРИНИНГ БУКСАЛАРИНИ ТАЪМИРЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш ва
электрлаштириш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2024

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

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

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

Отажонов Хумоюн Хамро ўғли Юк вагонларининг буксаларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш.....	3
Отажонов Хумоюн Хамро угли Совершенствование технологии ремонта букс грузовых вагонов.....	21
Otajonov Khumoyun Khamro ugli Improvement of the technology of repair of axle boxes of freight wagons.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	43

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ОТАЖОНОВ ХУМОЮН ХАМРО ЎҒЛИ

ЮК ВАГОНЛАРИНИНГ БУКСАЛАРИНИ ТАЪМИРЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш ва
электрлаштириш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2024

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.1.PhD/Т3510 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (<http://tstu.uz>) ва “Ziyonet” Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Рахимов Рустам Вячеславович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Третьяков Александр Владимирович
техника фанлари доктори, профессор

Зайниддин Нуриддин Савранбек ўғли
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Жиззах политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил 13 декабрь соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100167, Тошкент шаҳри, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (192 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент шаҳри, Темирийўлчи кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66)

Диссертация автореферати 2024 йил 2 декабрь куни тарқатилди.
(2024 йил 29 ноябрдаги 018 рақамли реестр баённомаси).

А. Абдукаюмов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раис ўринбосари, т.ф.д., профессор

Я.О. Рузметов

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

Р.М. Мирсаатов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясига автореферат)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда темир йўл ҳаракатланувчи таркиби юриш қисмларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Мазкур йўналиш соҳадаги илмий, конструкторлик ва ишлаб чиқариш корхоналарини ривожлантиришда муҳим ўрин эгаллайди. Ҳозирги вақтда ривожланган мамлакатларда тадқиқот ва илмий марказлар фаолияти турли хил юкланиш режимлари ва тезлик диапазонларида поездларнинг ҳаракат хавфсизлигини ошириш, темир йўл ҳаракатланувчи таркибига техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш харажатларини камайтириш каби бир қатор муҳим вазифаларни ҳал қилишга қаратилган. Ҳаракатланувчи таркибнинг танқислиги ва темир йўл участкаларининг ўтказиш қобилияти паст бўлган шароитда юк айланмасини ошириш учун вагон паркни такомиллаштириш ва инновацион ечимларни жорий этиш бўйича янги тадқиқот йўналишларини ишлаб чиқиш зарур. Юк вагонлари ва уларнинг узелларига хизмат кўрсатишнинг технологик жараёнларини оптималлаштириш ва таъмирлаш сифатини оширишга имкон берувчи технологиялар ва услубиётларни ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу соҳанинг асосий йўналишларидан бири юк вагонларининг буксаларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш бўлиб, бу ўз ўрнида юк вагонларининг юриш қисмлари ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини оширишга имкон беради.

Жаҳонда инновацион юк вагонларининг замонавий конструкцияларини ишлаб чиқиш, уларга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш технологияларини такомиллаштиришга бағишланган илмий-техник ва технологик тадқиқотлар фаол олиб борилмоқда. Бу йўналишда, хусусан, юриш қисмлари ишончлилигининг асосий элементи сифатида юк вагонлари аравачаларининг буксаларига алоҳида эътибор талаб этилади. Шу боис, юк вагонлари букса узелларининг таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш темир йўл саноати олдида турган муҳим вазифалардан бири бўлиб, мазкур масалани ҳал қилиш темир йўл ҳаракатланувчи таркиби эксплуатациясининг хавфсизлигини ошириш ва букса узелларини режавий таъмирлашга сарфланадиган маблағларни қисқартиришга, бу ўз ўрнида юк вагонларининг юриш қисмларига техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш харажатларини оптималлаштиришга имкон яратади.

Республикамизда транспортнинг турли соҳаларини янада ривожлантириш, хусусан, темир йўл вагонлари паркига техник хизмат кўрсатиш ва улардан фойдаланишни самарали ташкил этиш, шунингдек уни техник-иқтисодий хусусиятлари такомиллаштирилган вагонлар билан тўлдириш мақсадида бир қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт

стратегиясида¹ ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-329-сон қарорида² “... барча транспорт турларини узвий боғлаган ҳолда ягона транспорт тизимини ривожлантириш ..., ... транспорт ва логистика хизматлари бозори ва инфратузилмасини ривожлантириш ..., ... транспорт тизимида “яшил коридорлар” ҳамда транзит имкониятларини кенгайтириш...”, ҳамда “...йўловчи ва юк ташиш харажатларини камайтириш..., ... темир йўл инфратузилмасини ривожлантириш, локомотив ва вагонлар паркани янгилаш ...” каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, хусусан, юк вагонларининг деталь ва узелларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар муҳим йўналишлардан бири бўлиб, уларнинг жорий этилиши таъмирлаш ишларининг самарадорлигини ошириш ва вақтини қисқартиришга, шунингдек, брак маҳсулотлар сонини камайтириш имконини беради.

Мазкур диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикасининг 2021 йил 9 августдаги “Транспорт тўғрисида” ги ЎРҚ-706-сонли ва 1999 йил 15 апрелдаги “Темир йўл транспорти тўғрисида” ги 766-І-сонли Қонунлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги ПФ-60-сонли ва 2019 йил 1 февралдаги “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-5647-сонли Фармонлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 4 майдаги “Транспорт соҳасида кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПҚ-4703-сонли ва 2023 йил 10 октябрдаги «Ўзбекистон Республикаси темир йўл транспорти соҳасини тубдан ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-329-сонли Қарорлари ҳамда ушбу фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг II. “Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик”, ИТД-3 – “Энергетика, энергия, ресурс тежамкорлик, транспорт, машина ва асбобсозлик” устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Юк вагонларининг янги конструкцияларини яратишга, темир йўл ҳаракатланувчи таркиби, хусусан, юк вагонларига хизмат кўрсатиш ва уларни таъмирлаш технологияларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи мамлакатларининг университетлари, илмий марказлари ва илмий-тадқиқот институтларида олиб борилмоқда, шу жумладан: Technische Universität

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022 – 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сонли Фармони

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 10 октябрдаги «Ўзбекистон Республикаси темир йўл транспорти соҳасини тубдан ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-329-сонли қарори

München (Германия), Technische Universität Dresden (Германия), Pennsylvania State University (АҚШ), Washington State University (АҚШ), Newcastle Centre for Railway Research (Newcastle University) (Буюк Британия), Griffith University (Австралия), Institut français des sciences et technologies des transports (Франция), Silesian University of Technology (Польша), Karabük University (Туркия), Warsaw University of Technology (Польша), Shanghai Jiao Tong University (Хитой), Beijing Jiaotong University (Хитой), University of Science and Technology of China (Хитой), Петербург давлат алоқа йўллари университети (Россия), Россия транспорт университети (Россия), Ростов давлат алоқа йўллари университети (Россия), Урал давлат алоқа йўллари университети (Россия), Вагонсозлик илмий-тадқиқот институти (Россия), Темир йўл транспорти илмий-тадқиқот институти (Россия), Брянск давлат техника университети (Россия), Академик В. Лазарян номидаги Днепр миллий темир йўл транспорти университети (Украина), Украина давлат темир йўл транспорти университети (Украина), Белоруссия давлат транспорт университети (Белоруссия), Логистика ва транспорт академияси (Қозоғистон), Тошкент давлат транспорт университети (Ўзбекистон) ва бошқа темир йўл транспорти муҳандисларининг ўқув, тадқиқот ва илмий марказлари.

Ҳаракатланувчи таркиб юриш қисмлари конструкцияларини ривожлантириш ва такомиллаштиришга дунёнинг етакчи машинасозлик ташкилотларининг олимлари ва муҳандислари катта ҳисса қўшиб келмоқдалар, шу жумладан: FreightCar America (АҚШ), American Car and Foundry (АҚШ), Alstom (Франция), Bombardier (Канада), Talgo (Испания), Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (Испания), CRRC (Хитой), Hyundai Rotem (Корея Республикаси), Stadler Rail (Швейцария), Hitachi (Япония), Трансмашхолдинг (Россия), “Уралвагонзавод” Илмий тадқиқот корпорацияси (Россия), Брянск машинасозлик заводи (Россия), Демихов машинасозлик заводи (Россия), Тверь вагонсозлик заводи (Россия), Тихвин вагонсозлик заводи (Россия), Тошкент йўловчи вагонларини қуриш ва таъмирлаш заводи (Ўзбекистон), Қуюв механика заводи (Ўзбекистон), Андижон механика заводи (Ўзбекистон) ва бошқа бир қатор машинасозлик ташкилотлари.

Темир йўл ҳаракатланувчи таркиби, хусусан, уларнинг юриш қисмлари ва узелларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва мавжудларини модернизациялаш, ҳамда уларга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш технологияларини такомиллаштириш бўйича А.А. Амелина, П.С. Анисимов, В.В. Болотин, Ю.П. Бороненко, С.В. Вершинский, В.С. Герасимов, А.В. Додонов, М.В. Зимакова, С.В. Калетин, В.Н. Котуранов, В.В. Лукин, И.Г. Морчиладзе, Э.С. Оганьян, А.М. Орлова, И.Ф. Пастухов, М.М. Соколов, И.Ф. Скиба, А.В. Третьяков, П.А. Устич, И.И. Челноков, Л.А. Шадур, Л.М. Школьник, А.В. Якушев ва бошқа бир қатор таниқли олимлар томонидан кўплаб ишлар олиб борилган.

Р. Аллен, Г. Вульф, М. Дарби, Ф.В. Картер, С. Кейли, В. Кик, А.Д. Питер, М. Руни, Г. Турнэ каби хорижий олимларнинг илмий тадқиқотлари темир йўл ҳаракатланувчи таркибнинг юриш қисмларини конструкциялаш соҳасини ривожланишига катта ҳисса қўшган.

А.Д. Глущенко, В.В. Меликов, Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, О.Р. Хамидов, Я.О. Рузметов, Д.О. Раджибаев, Н.С. Зайниддинов ва бошқа бир қатор маҳаллий олимларимиз томонидан мазкур йўналишларда кенг кўламли тадқиқотлар ўтказилган.

Адабиёт манбалари ва муаллифлик ишлари, маҳаллий ва хорижий тажриба таҳлили шуни кўрсатдики, букса узелларининг конструкциялари ва таъмирлаш технологияларини такомиллаштириш соҳасидаги кенг қамровли тадқиқотларга қарамай, букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклашда ҳозирги кунда кўлланиладиган усулнинг асосий камчилиги бўлган катта иссиқлик сарфи масалалари шу кунга қадар тадқиқ этилмаган. Шу боис, ҳосил бўладиган иссиқлик тарқалишлари ва деформацияларни ҳисобга олган ҳолда, юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш технологиясини такомиллаштириш учун илмий асосланган техник ва технологик ечимларни ишлаб чиқиш зарурати мавжуд.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан ўзаро боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университетининг илмий-тадқиқот режасига мувофиқ 23.11.2023 йилдаги 35-сонли хўжалик шартномаси ва “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ бошқарув раисининг 18.03.2022 йилдаги 31-УН-сонли фармойиши доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш жараёнининг самарадорлигини ошириш мақсадида янги усул ва уни амалга ошириш учун қурилмани татбиқ этиш орқали юк вагонлари буксаларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

юк вагонлари букса корпусларининг конструкцияларини ўрганиш, эксплуатация жараёнида вужудга келадиган асосий носозликлар ва емирилган юзаларни тиклаш усулларини таҳлил қилиш;

юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини эритиб қоплаш орқали тиклаш жараёнида вужудга келадиган иссиқлик тарқалиши ва деформацияларни аниқлаш бўйича назарий тадқиқотлар ўтказиш;

букса корпусидаги максимал ҳарорат ва деформацияларни камайтирувчи эритиб қоплаш усулини танлаш мақсадида юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказиш ва олинган натижаларни ҳисобий ва меъёрий маълумотлар билан қиёслаш;

конструкцияси жиҳатидан тиклаш ишлари самарадорлигини оширишга ва сарфланадиган вақтни қисқартиришга имкон берувчи, юк вагонлари букса корпусларини пайвандлаш ва эритиб қоплаш ишларини амалга ошириш учун қурилма ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқиладиган техник ва технологик ечимларни ҳисобга олган ҳолда юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини кам деформациялаш орқали тиклаш бўйича технологик йўриқнома ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида юк вағони букса корпуси олинган.

Тадқиқот предмети сифатида юк вагонлари букса корпусларидаги иссиқлик тарқалиши ва деформация ҳолатлари олинган.

Тадқиқот усуллари. Юк вагонларининг букса корпусларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштиришга йўналтириган кенг қўламли назарий ва экспериментал тадқиқотларни ўтказиш жараёнида статистик, таҳлилий ва экспериментал усулларидан фойдаланилган. Юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини турли эритиб қоплаш усуллари орқали тиклаш жараёнида вужудга келадиган иссиқлик тарқалишини унинг ички цилиндр юзаси деформациясига таъсирини аниқлаш бўйича олиб борилган назарий тадқиқотларда таҳлилий усуллар ва замонавий муҳандислик ANSYS Workbench ва SolidWorks Simulation дастурларини қўллаган ҳолда чекли элементлар усулидан фойдаланилган. Назарий ҳисоб-китоблар натижаларини тасдиқлаш учун юк вагон букса корпусининг юзаларини тиклаш бўйича экспериментал тадқиқотлар лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитида электр ёйли пайвандлаш усули ва маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш учун терморпарали датчиклар билан термостанциядан фойдаланган ҳолда ўтказилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

букса корпуси емирилган юзаларини турли тиклаш усулларида ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишини ҳисобга олган ҳолда, унинг ички цилиндрсимон юзаси деформациясини аниқлаш имконини берувчи юк вағони роликли букса корпусининг чекли элементли модели ишлаб чиқилган;

букса корпусининг конструктив жиҳатини ҳисобга олган ҳолда, юк вағони роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини турли тиклаш усулларида иссиқлик тақсимланишини унинг ички цилиндрсимон юзасини деформациясига таъсири аниқланган;

буксаларни таъмирлаш ишларининг самарадорлиги ортишини таъминловчи, кўп электродли электр ёйли эритиб қоплашни ҳисобга олган ҳолда, юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш имконини берувчи янги техник қурилма ишлаб чиқилган;

букса корпусларини эритиб қоплаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишларини камайтиришга имкон берувчи, юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини кўп электродли электр ёйли эритиб қоплаш усулининг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

“Темирйўлкарго” АЖга таъмирлаш ишларининг самарадорлигини оширишга ва сарфланадиган вақтни қисқартиришга имкон берувчи, кўп электродли электр ёйли эритиб қоплашни ҳисобга олган ҳолда юк вағонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш тиклаш учун янги техник қурилма ишлаб чиқилган;

янги техник қурилманинг қўлланилишини ҳисобга олган ҳолда юк вағонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли букса корпусларининг емирилган юзаларини кўп электродли электр ёйли эритиб

қоплаш усули орқали тиклаш учун такомиллаштирилган технологик йўриқнома ишлаб чиқилган, унинг жорий этилиши эритиб қоплаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишларини камайтиришга ва, натижада, брак маҳсулотлар сонини қисқартиришга имкон берди.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги назарий тадқиқотларда замонавий рақамли усуллардан, муҳандислик амалиётида тасдиқланган ва умумэтироф этилган дастурий таъминотлардан, синовларда – сертификатланган ва калибрланган ўлчов воситаларидан фойдаланилганлиги билан; юк вагонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини электр ёйли эритиб қоплаш бўйича ўтказилган экспериментал тадқиқот натижалари ва назарий тадқиқотлар натижалари ўзаро яқинлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти емирилган юзаларни тиклашнинг турли усулларида иссиқлик тарқалишларининг ҳарорат тақсимотларини букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг деформациясига (оваллигига) таъсирини унинг конструктив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда аниқлашга имкон берувчи юк вагонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли букса корпусининг юқори аниқликдаги чекли элементли модели ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти таъмирлаш ишларининг самарадорлигини оширишга ва сарфланадиган вақтни қисқартиришга имкон берувчи, кўп электродли электр ёйли пайвандлашни ҳисобга олган ҳолда юк вагонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли букса корпусининг емирилган юзаларини тиклаш учун янги техник қурилмаси, ҳамда тиклаш жараёнида иссиқлик тарқалишини ва букса корпусининг деформациясини камайтиришга ва, натижада, брак маҳсулотлар сонини қисқартиришга имкон берувчи янги ишлаб чиқилган техник қурилмадан фойдаланган ҳолда юк вагонлари роликли букса корпусларининг емирилган юзаларини такомиллаштирилган тиклаш технологиясининг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юк вагонларининг буксаларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар асосида:

юк вагонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли букса корпусларининг емирилган юзаларини кўп электродли электр ёйли пайвандлаш усули ёрдамида тиклаш учун ишлаб чиқилган янги техник қурилма “Темирйўлқарго” АЖда юк вагон букса корпусларини таъмирлашда пайвандлаш-эритиб қоплаш ишларини бажариш учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2024 йил 26 февралдаги 4/1502-сонли маълумотномаси). Натижада, янги техник ускунанинг технологиклиги ҳисобига юк вагонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини букса корпусларининг режавий таъмирларида пайвандлаш-эритиб қоплаш ишларини бажариш вақти қисқарган ва жараён самарадорлиги ошган;

янги ишлаб чиқилган техник қурилмадан фойдаланган ҳолда юк вагонлари аравачалари ғилдирак жуфтликларини роликли бурса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш бўйича такомиллаштирилган технологик йўриқнома “Темирйўлқарго” АЖда юк вагонлари бурса корпусларини таъмирлаш жараёнларини бажариш учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2024 йил 26 февралдаги 4/1502-сонли маълумотномаси). Натижада, юк вагонларининг бурса корпусларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича ўтказилган илмий-техник чора-тадбирлар асосида иқтисодий самарадорлик 472 000 000 (тўрт юз етмиш икки миллион) сўмни ташкил этган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий натижалари 6 та илмий анжуманларда, шу жумладан 2 та Scopus халқаро рефератив маълумотлар базасида индексланадиган илмий анжуманда ва 4 та халқаро илмий анжуманларда баён этилган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий илмий натижалари 15 та илмий ишда, шу жумладан 6 та мақола Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган нашрлар рўйхатига киритилган етакчи илмий журналларда чоп этилган, шунингдек 6 та ЭХМ учун дастурий маҳсулотлар рўйхатга олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, бешта боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 135 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, масаланинг ҳолати ёритиб ўтилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари билан боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предметининг тавсифи берилган, тадқиқотнинг усуллари илмий янгилиги ва амалий натижалари келтирилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, илмий тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этилганлиги тўғрисида маълумотлар берилган, илмий тадқиқот натижалари ва нашр этилган ишларнинг апробацияси тўғрисида маълумотлар келтирилган, диссертациянинг тузилмаси ва ҳажми кўрсатилган.

Диссертациянинг **“Юк вагонлари бурса корпусларининг конструкциялари ва уларни тиклаш технологияларининг шарҳи ва таҳлили. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларини белгилаш”** номли биринчи бобида юк вагонлари бурса корпусларининг конструкциялари ва уларни тиклаш технологияларининг шарҳи келтирилган. Мураккаб конструкцияга эга бўлганига қарамай, бурса корпуси ишончли ва таъмирга яроқли деталь ҳисобланилади ва йўлнинг қийин участкаларида вагон

ҳаракатланиши вақтида букса корпуси орқали ғилдирак жутфликларига юкланишлар узатилади.

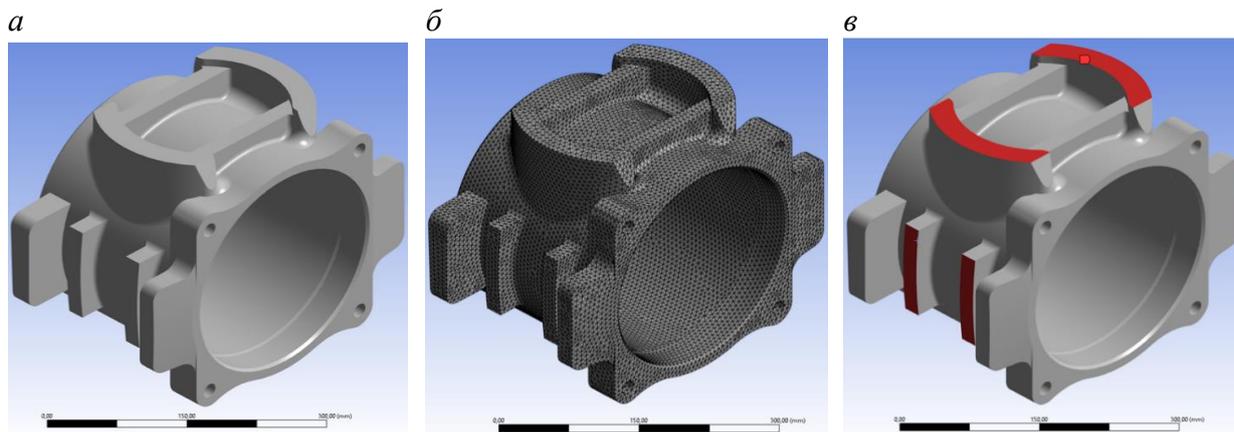
Юк вагонлари букса корпуслари носозликларининг таҳлили шуни кўрсатдики, эксплуатацияда ишқаланувчи юзалар, яъни таянч, йўналтирувчи жағлар ва йўналтирувчи бурт ён тарафларининг емирилиши букса корпусидаги энг кўп учрайдиган носозликлар ҳисобланади.

Юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш усулларининг таҳлили шуни кўрсатдики, ишлаб чиқариш корхоналарида, шу жумладан “ЎТЙ” АЖ да, дастлаб юклама беришни назарда тутувчи ТИ 05-02-Б-2010 “Букса корпусини емирилишга чидамли эритиб қоплаш ва пайвандлаш орқали тиклаш” усули бўйича электр ёйли эритиб қоплаш билан тиклаш ишлари амалга оширилади. Мазкур усулнинг кўп йиллар давомида қўллаш тажрибаси унинг асосий камчилигини аниқлаган – тиклаш жараёнидаги юқори иссиқлик сарфи. Дастлаб юклама берилишига қарамай, буксани ички цилиндрсимон қисмининг оваллиги ва конуссимонлиги келиб чиқиши мустасно эмас, ва бу ўз ўрнида руҳсат этилган ўлчамлардан ортиб кетишига ва брак маҳсулотлар сонини ошишига олиб келади. Шу боис, юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш усулларини такомиллаштириш учун илмий асосланган техник ва технологик ечимларини ишлаб чиқиш эҳтиёжи мавжуд. Юк вагонлари букса корпусларининг конструкциялари ва уларни тиклаш технологияларининг шарҳи ва таҳлили асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

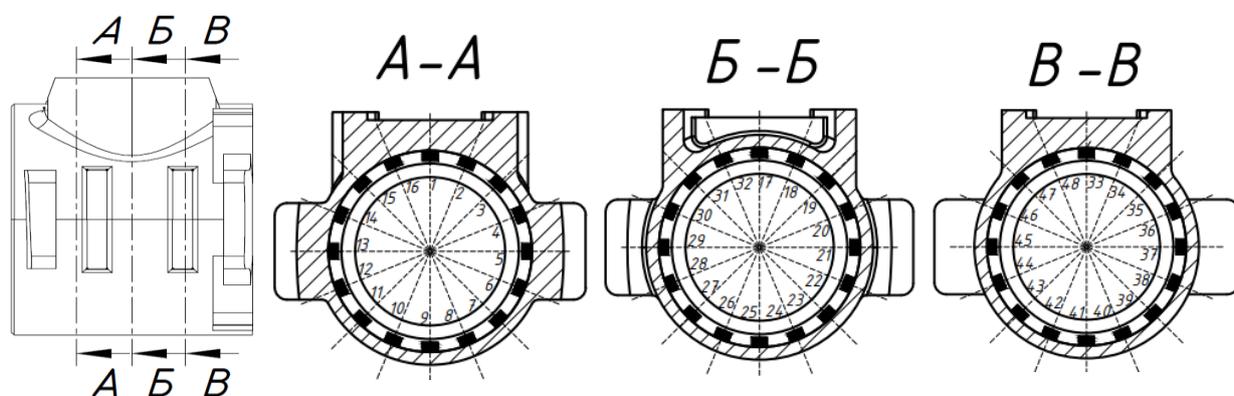
Диссертациянинг **“Юк вағони букса корпусларининг емирилган юзаларини эритиб қоплаш орқали тиклаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик сарфлари ва деформацияларни аниқлаш бўйича назарий тадқиқотлар”** номли иккинчи бобида юк вагонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини турли тиклаш усулларида иссиқлик тақсимланишини унинг ички цилиндрсимон юзасининг деформациясига (оваллигига) таъсирини аниқлаш мақсадида чекли элементли усуллар ёрдамида назарий тадқиқотлар ўтказилган.

Назарий тадқиқотларни ўтказиш мақсадида таъмирлаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишини букса корпусининг ички цилиндрсимон юзаси деформациясига таъсирини аниқлашга имкон берувчи юк вагонлари аравачалари роликли букса корпусининг юқори аниқликдаги чекли элементли модели (1-расм) ANSYS 2023 дастурида ишлаб чиқилган.

Назарий тадқиқотларни бажариш учун букса корпусида пайвандлаш-эритиб қоплаш ишларини олиб боришда ҳосил бўлувчи иссиқлик оқимларининг таъсир зоналари аниқлаб олинган (1-расм, в). Пайвандлаш-эритиб қоплаш орқали емирилган юзаларни тиклаш жараёнида келиб чиқувчи иссиқлик сарфи ва деформацияларнинг юқори аниқликдаги қийматларини олиш мақсадида букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг учта кесимида 48 виртуал ўлчов нуқталари (ҳар бир кесимда 16 дан) ўрнатилган (2-расм).

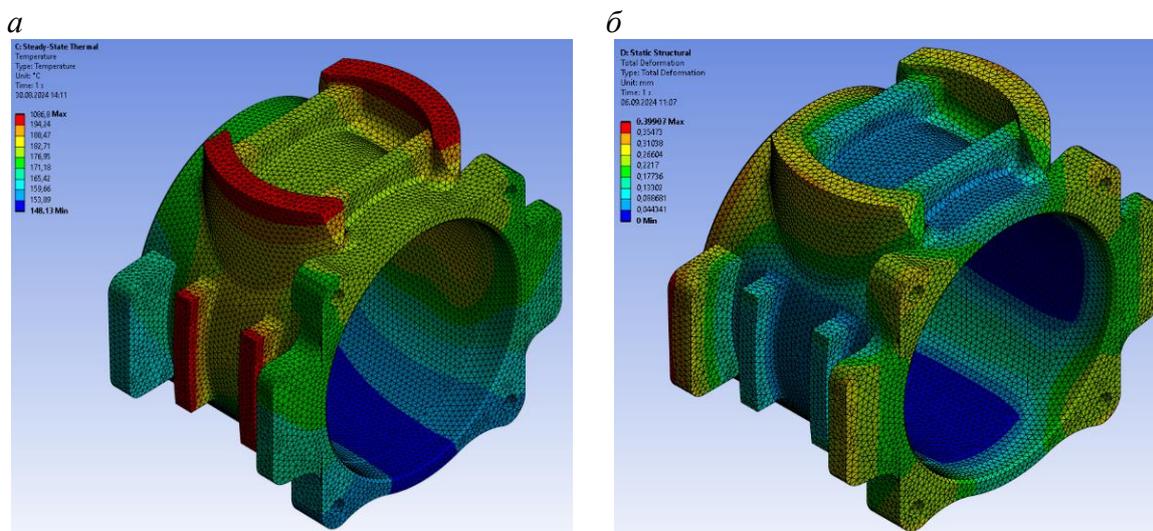


1-расм. Юк вағони букса корпусининг модели: *a* – қаттиқ жисмли ҳисобий модель; *б* – чекли элементли модель; *в* – букса корпусида иссиқлик оқимлари таъсири зоналари



2-расм. Букса корпусининг ички цилиндрсимон юзасида виртуал ўлчов нуқталарининг жойлашув схемаси: 1-48 – виртуал ўлчов нуқталарининг рақамлари

Тадқиқотлар электродлар сонини ҳисобга олган ҳолда тўрт маротаба ўтказилган, натижада букса корпусида тарқалган иссиқлик сарфи ва деформациялар қийматларини эритиб қоплашда қўлланиладиган электродлар сонига боғлиқлиги аниқланган (3-расм).



3-расм. Эритиб-қоплаш жараёнида букса корпусида иссиқлик сарфи (*a*) ва деформациялар (*б*) қийматларининг тақсимланиш майдонлари

Назарий ҳисоб-китоблар натижасида ҳарорат ва деформацияларнинг максимал қийматлари букса корпусини ички цилиндрсимон қисмининг йўналтирувчи ва таянч юзалари остида жойлашган № 5, 21, 37, 13, 29 ва 45 нуқталарида қайд этилган. Шу билан бирга, нуқталарда максимал ҳарорат қийматлари қуйидагича: битта электрод билан эритиб қоплашда – 190,2 °С; иккита электрод билан эритиб қоплашда – 173,6 °С; учта электрод билан эритиб қоплашда – 145,1 °С; электрод билан эритиб қоплашда – 154,7 °С.

Кейингиликда, эритиб қоплашда қўлланилаётган электродлар сонига боғлиқ ҳолда букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг оваллигини кўрсатувчи деформациялар (1-жадвал) аниқланган.

1-жадвал

Эритиб қоплашда қўлланилаётган электродлар сонига боғлиқ ҳолда букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг оваллигини кўрсатувчи қийматлар, мм

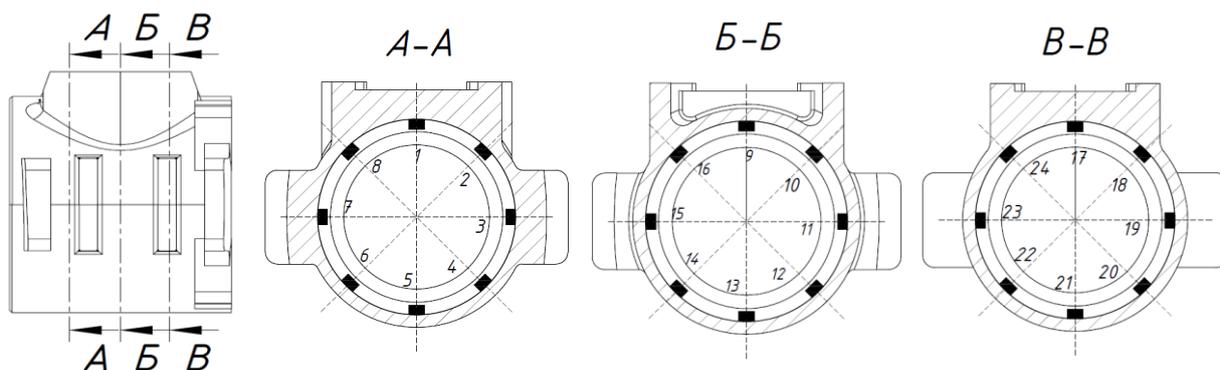
Кесим	Эритиб қоплашда электродлар сони				Рухсат этилган қиймат
	1 электрод	2 электрод	3 электрод	4 электрод	
А	0,0186	0,0177	0,0144	0,0156	0,02
Б	0,0196	0,0182	0,0149	0,0163	
В	0,0188	0,0181	0,0147	0,0162	

Натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, букса корпусини цилиндрсимон юзасининг оваллиги иккита электрод билан эритиб қоплашда битта электродлига нисбатан 5,3 % га камайган, учта электрод билан – 22,8 % га, тўртта электрод билан – 15,5 % га, шу билан бирга максимал деформациялар битта электрод билан эритиб қоплашда 0,0187 мм, иккита электрод билан – 0,0176 мм, учта электрод билан – 0,0144 мм, тўртта электрод билан – 0,0161 мм ни ташкил этган.

Шу боис, эритиб қоплашда ишлатилаётган электродлар сони букса корпусини тиклаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик сарфи ҳароратлари ва деформациялар қийматларини камайтиришнинг муҳим омили ҳисобланади. Иссиқлик сарфи ҳароратлари ва деформацияларнинг энг паст қийматлари букса корпусини учта электродли эритиб қоплаш орқали тиклашда олинган. Мазкур тезисни экспериментал равишда текшириш лозим, ва натижалар тасдиқлангандан сўнг, юк вагонлар букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш технологиясини такомиллаштиришда ҳисобга олиш лозим.

Диссертациянинг **“Юк вагонлари букса корпусларининг юзаларини тиклаш бўйича экспериментал тадқиқотлар”** номли учинчи бобида эритиб қоплашда қўлланилаётган электродлар сонини ҳосил бўлувчи иссиқлик сарфига боғлиқлигини аниқлаш мақсадида юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини битта ва кўп электродли (иккита, учта ва тўртта) эритиб қоплаш орқали тиклаш бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказилган.

Экспериментал тадқиқотлар юк вагонларининг емирилган юзали букса корпуслари (1-расм, в) устида олиб борилган. 1-сонли Тошкент юк вагон депоси худудида тадқиқотларни ўтказишдан аввал датчикларни ўрнатиш учун буксанинг ички цилиндрсимон қисмида кесимлар белгилаб олинган (4-расм).



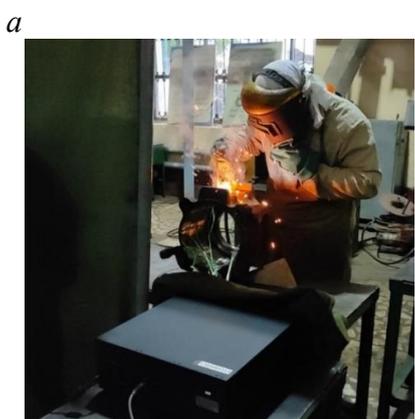
4-расм. Букса корпусининг тадқиқ этилаётган кесимларида ҳарорат датчикларининг жойлашуви схемаси: 1-24 – датчик рақамлари

Эритиб қоплаш вақтида ҳароратлар букса корпусининг кесимларига ўрнатилган ва маълумотларни узлуксиз қайд этишни таъминлаш учун ИНФОРМТЕСТ дастурига эга бўлган компьютер билан боғланган ВТ-96 иссиқлик ўлчаш станциясига уланган К турдаги термпопаралар орқали ўлчанган (5-расм).



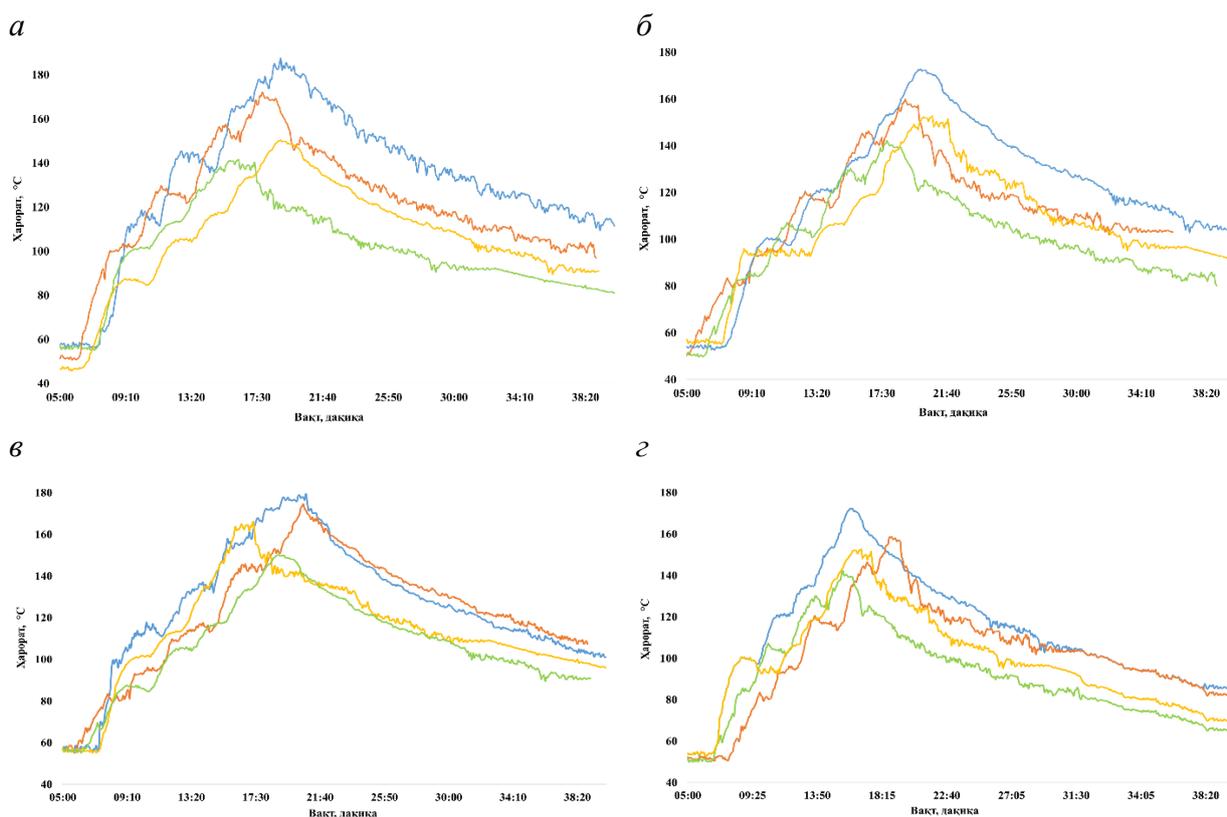
5-расм. Тадқиқ этилаётган кесимларга ўрнатилган ҳарорат датчикларини термостанция ва компьютерга уланиши

Букса корпусининг емирилган юзаларини тиклаш жараёни 4 мм диаметри электродлар ёрдамида доимий 380В кучланишда бир қатламда “крест-накрест” усулида олиб борилган (6-расм).



6-расм. Букса корпусини битта электродли (а) ва кўп электродли (б) электр ёйли эритиб қоплаш орқали тиклаш

Тиклаш жараёни тўрт босқичдан иборат бўлиб, уларнинг ҳар бири уч мартаба ўтказилган ва, кейингиликда, ишончли маълумотларни олиш мақсадида ўртача қийматлар таҳлил қилинган. Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари ва олинган маълумотлар асосида иссиқлик сарфи қийматларини қўлланилаётган электродлар сонига боғлиқлиги аниқланган. Экспериментал тадқиқотлар натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, юқори иссиқлик сарфи йўналтирувчи ва таянч юзаларни эритиб қоплаш зоналари остида келиб чиқади, улардан узоклашган сари камайиб боради. 7-расмда букса корпусининг юзаларини тиклаш жараёнида датчиклар томонидан қайд этилган энг юқори ҳарорат қийматлари келтирилган.



7-расм. Иссиқлик сарфи қийматларининг тиклашда қўлланилаётган электродлар сонига боғлиқлиги: *a* – № 3 датчик кўрсаткичи; *б* – № 15 датчик кўрсаткичи; *в* – № 19 датчик кўрсаткичи; *е* – № 23 датчик кўрсаткичи; ■■■■ – бир электродли эритиб қоплашда ҳарорат ўзгариши; ■■■■ – икки электродли эритиб қоплашда ҳарорат ўзгариши; ■■■■ – уч электродли эритиб қоплашда ҳарорат ўзгариши; ■■■■ – тўрт электродли эритиб қоплашда ҳарорат ўзгариши

Эритиб қоплашда электродлар сони букса корпусини тиклашдаги максимал ҳароратга тўғридан тўғри таъсир қилиши аниқланган. №3 датчикда бир электродли эритиб қоплашда максимал ҳарорат 185,5 °С, икки электродлида – 168,3 °С, уч электродлида – 139,4 °С, тўрт электродлида – 149,7 °С ни ташкил этган. №19 датчикда максимал ҳароратлар қуйидагича: бир электродли эритиб қоплашда – 172,3 °С, икки электродлида – 157,7 °С, уч электродлида – 141,1 °С, тўрт электродлида – 150,4 °С. №15 ва №23 датчикларда ҳам ўхшаш боғлиқлик кузатилади: учта электрод билан эритиб

қоплашда максимал ҳарорат бир электродлига нисбатан 18-25 % га паст, бироқ тўрт электродлида ҳарорат қиймати қайта ортишни бошлайди.

Ўрнатилган барча иссиқлик ўлчовчи датчиклардан олинган ҳароратларнинг максимал қийматлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Эритиб қоплашда кесимлардаги максимал ҳароратларни ўлчаш натижалари, °С

Датчик №	1	2	3	4	5	6	7	8
1 электрод	167,7	173,2	185,5	169,5	147,8	151,2	181,4	160,2
2 электрод	162,4	165,5	168,3	161,9	142,4	145,4	174,6	155,4
3 электрод	154,4	161,3	139,4	157,5	137,6	141,7	168,1	150,6
4 электрод	159,8	170,3	149,7	160,4	141,8	144,5	172,5	153,4
Датчик №	9	10	11	12	13	14	15	16
1 электрод	169,2	170,2	182,9	170,6	151,4	154,2	179,2	165,4
2 электрод	164,8	164,9	174,5	164,5	146,5	149,8	174,9	159,9
3 электрод	159,3	157,6	168,2	159,6	141,2	143,8	167,4	152,8
4 электрод	164,2	160,1	171,7	162,2	144,8	145,9	171,6	155,7
Датчик №	17	18	19	20	21	22	23	24
1 электрод	175,9	172,2	172,3	169,4	152,6	156,1	178,7	169,3
2 электрод	171,3	157,7	157,7	164,7	149,7	152,7	174,2	163,9
3 электрод	162,3	141,1	141,1	158,6	145,6	147,3	167,5	158,1
4 электрод	166,9	150,4	150,4	163,8	147,7	151,8	172,3	162,9

Экспериментал тадқиқотлар жараёнида пайвандлаш-эритиб қоплаш ишларидан сўнг индикаторли нутромер ёрдамида букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг оваллик қийматлари ҳам аниқланган. Ўлчанган оваллик қийматлари 3-жадвалда жамланган.

3-жадвал

Эритиб қоплашда электродлар сонига боғлиқ ҳолда букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг ўлчанган оваллик қийматлари

Кесим	Эритиб қоплашда электродлар сони				Рухсат этилган қиймат
	1 электрод	2 электрод	3 электрод	4 электрод	
А	0,0189	0,0178	0,0143	0,0156	0,02
Б	0,0193	0,0183	0,0148	0,0163	
В	0,0191	0,0182	0,0145	0,0165	

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг оваллиги уч электродли эритиб қоплашда бир электродлига нисбатан 23,9 % га паст. Уч электродли эритиб қоплашда оваллик қийматлари рухсат этилган қийматдан 19-20 % га паст, бир электродли эритиб қоплашда эса оваллик қийматлари рухсат этилган қийматдан фақатгина ~5 % га паст.

Назарий ва экспериментал олинган натижалар юқори ўзаро яқинликни кўрсатади: иссиқлик сарфларининг назарий қийматлари экспериментал билан 92,6-93,5 % яқинликни кўрсатади, ҳатолик 6,5-7,4 % ни ташкил этган. Деформацияларни ўлчашда яқинлик 91,8-92,7 %, ҳатолик эса 7,3-8,2% ни кўрсатади.

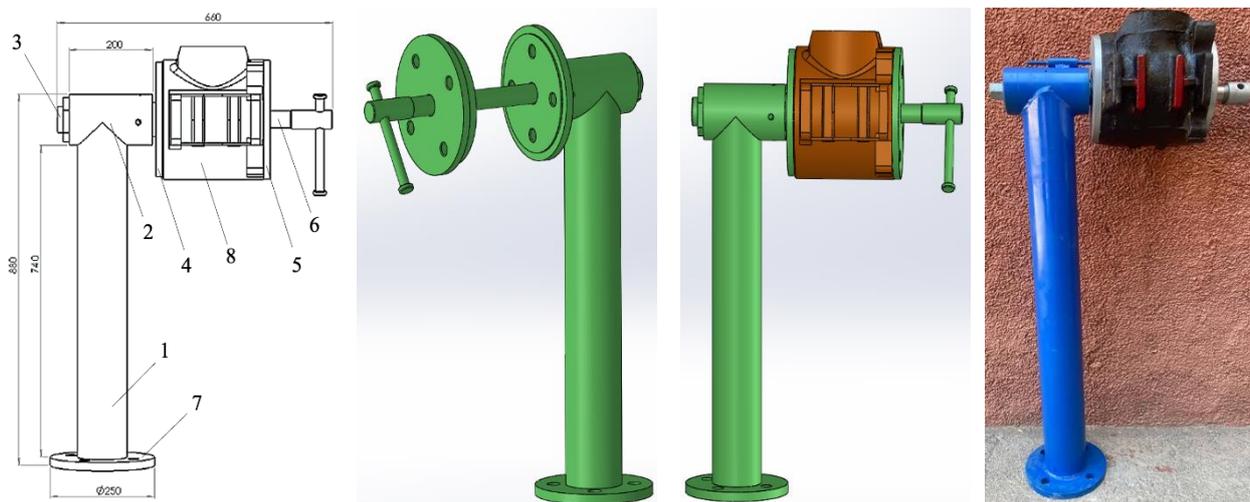
Шу боис, бошқа усулларга нисбатан уч электродли эритиб қоплашда букса корпусида энг паст иссиқлик сарфлари кузатилиши сабабли мазкур услуб энг оптималлиги экспериментал тасдиқланган, бу эса эритиб қоплаш тезлигининг ошиши ва электроднинг тиклаш зонаси билан алоқа вақтининг қисқариши билан боғлиқ.

Бундан ташқари, эритиб қоплаш жараёнида сиқиш қурилмаларидан фойдаланиш талаб этилмайди. Кейинги тадқиқотлар сиқиш кучларини қўлламаган ҳолда корпусни ўрнатиш ва бошқариш имконини берувчи юк вагонларининг букса корпусларини тиклаш учун янги, конструктив жиҳатдан энгил қурилмани ишлаб чиқишга қаратилган.

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, ТИ 05-02-Б-2010 йўриқномасининг талабларига мувофиқ букса корпусларини кўп электродли эритиб қоплаш орқали тиклаш бўйича янги технологик йўриқномани ишлаб чиқиш ва тиклаш ишларининг самарадорлигини ошириш ва вақтини қисқартириш мақсадида унга янги қурилмани жорий этиш зарур.

Диссертациянинг **“Юк вагонларининг букса корпусларини эритиб қоплаш учун қурилма ишлаб чиқиш”** номли тўртинчи бобида таъмирлаш ишлари самарадорлигини ошириш ва вақтини қисқартириш мақсадида юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш учун қурилманинги янги конструкцияси ишлаб чиқилган.

Қурилма (8-расм) вертикал 1 устун ва 2 втулкага ўрнатиладиган ва гайка билан маҳкамланган айланувчи 3 валдан иборат. 6 винт олд 4 ва орқа 5 қопқоқларнинг марказий резьба тешикларидан ўтиб 3 валнинг резьба тешигига ўрнатилади. Қурилма конструкцияси уни полга қотиришга имкон берувчи пўлатли 7 фланецга маҳкамланади.

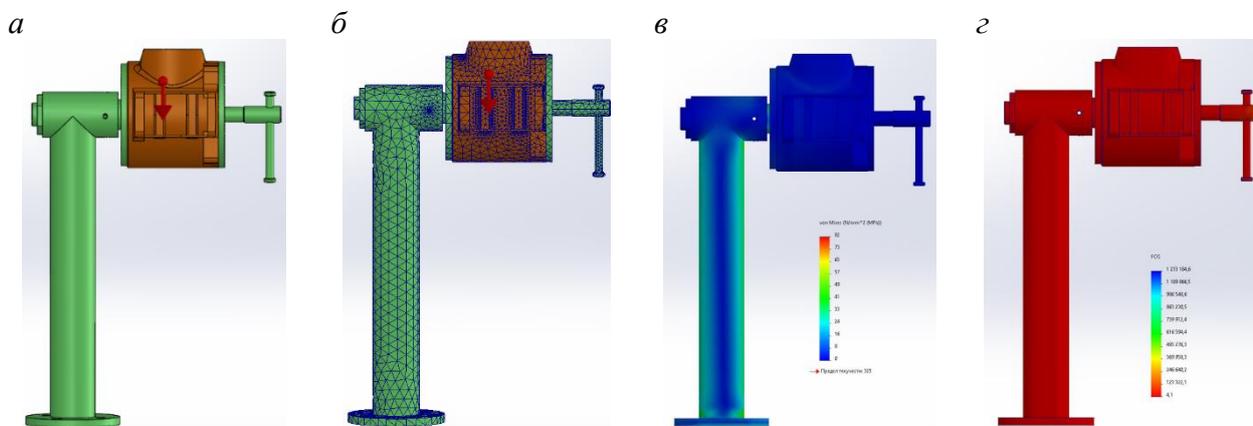


8-расм. Букса корпусларини эритиб қоплаш учун қурилманинги умумий кўриниши

1 – вертикал устун; 2 – втулка; 3 – гайкали вал; 4 – олд қопқоқ; 5 – орқа қопқоқ;
6 – тутқичли винт; 7 – фланец; 8 – букса корпуси

Ишлаб чиқилган қурилманинги конструкциясини илмий асослаш ва уни элементларининг кучланганлик-деформация ҳолатини аниқлаш мақсадида SolidWorks Simulation дастурий таъминотида бир қатор назарий ҳисоб-китоблар бажарилган (9-расм).

Мустаҳкамлик ҳисоб-китоблар натижаси шуни кўрсатдики, қурилма элементларида ҳосил бўлувчи максимал эквивалент кучланишлар 82 МПа дан ортиқ эмас ва мустаҳкамлик захираси 4,1 га тенг, бу ўз ўрнида мустаҳкамлик хусусиятлари меъёрий ҳужжатлар талабларига мувофиқлигини англатади.



9-расм. Қурилманинг чекли элементли модели ва кучланганлик-деформация ҳолати: *a* – чекли элементли модель; *б* – кинематик чегаравий шартлар; *в* – кучланганлик-деформация ҳолати; *г* – қурилманинг мустаҳкамлик захираси

Юк вагонлари букса корпусларини эритиб қоплаш учун қурилма конструкциясининг ҳисоб-китоблари ва тадқиқотлари асосида ҳақиқий модели йиғилган ва ишлаб чиқариш шароитларида пайвандлаш-эритиб қоплаш ишлари олиб борилган.

Натижада, вагонсозлик корхоналарида юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш ишларини бажариш учун технологик жараёнга янги қурилмани жорий этиш таъмирлаш ишларини бажариш самарадорлигини ошишига ва юк вагонларини таъмирлашга сарфланадиган вақтни қисқаришига ижобий таъсир кўрсатади.

Диссертациянинг **“Юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини кам деформацияли тиклаш бўйича технологик йўриқнома ишлаб чиқиш”** номли бешинчи бобида эритиб қоплаш жараёнида ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишларини ва букса корпуси деформацияларини камайтиришга имкон берувчи, янги ишлаб чиқилган техник қурилмани қўлланилишини ҳисобга олган ҳолда юк вагонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини кўп электродли электр ёйли паст деформацияли эритиб қоплаш усулининг такомиллаштирилган технологик йўриқномаси ишлаб чиқилган.

ХУЛОСА

Диссертация ишида юк вагонларининг букса корпусларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштиришга қаратилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар мажмуаси бажарилган, шу билан бирга:

1. Юк вагонлари букса корпусларининг конструкциялари ва уларни тиклаш технологиялари шарҳи ва таҳлили асосида юк вагонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш услубларини

такомиллаштириш мақсадида илмий асосланган техник ва технологик ечимларини ишлаб чиқиш эҳтиёжи мавжудлиги аниқланган.

2. Назарий тадқиқотларни бажариш мақсадида таъмирлашда ҳосил бўлувчи иссиқлик тарқалишларини букса корпусини ички цилиндрсимон юзасининг деформациясига таъсирини аниқлашга имкон берувчи юк вағони роликли букса корпусининг юқори аниқликдаги чекли элементли модели ишлаб чиқилган.

3. Назарий жиҳатдан чекли элементлар усулини қўллаган ҳолда ва ишлаб чиқариш шароитларида экспериментал равишда юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини турли тиклаш усулларида иссиқлик сарфлари тақсимланишини унинг ички цилиндрсимон юзасининг деформациясига (оваллигига) таъсири аниқланган.

4. Кенг қўламли тадқиқотлар натижасида эритиб қоплаш жараёнида иссиқлик сарфлари ва, натижада, букса корпусининг деформациясини камайтиришга, ҳамда брак маҳсулотлар сонини қисқартиришга имкон берувчи юк вағонлари букса корпусларининг емирилган юзаларини тиклашда учта электрод ёрдамида кўп электродли эритиб қоплаш услубини жорий этиш эҳтиёжи асосланган.

5. Чекли элементлар усули ёрдамида бажарилган кенг қамровли назарий тадқиқотлар натижасида таъмирлаш ишларининг самарадорлигини оширишга ва вақтини қисқартиришга имкон берувчи юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш учун янги техник қурилма ишлаб чиқилган.

6. Ўтказилган тадқиқотлар асосида янги техник қурилма ва кўп электродли электр ёйли эритиб қоплаш усулини ҳисобга олган ҳолда юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини тиклаш бўйича такомиллаштирилган технологик йўриқнома ишлаб чиқилган.

Шу боис, амалга оширилган кенг қамровли назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган янги техник ва технологик ечимлар юк вағонлари роликли буксалари корпусларининг емирилган юзаларини тиклашда пайвандлаш-эритиб қоплаш ишларининг самарадорлиги ошиши ва вақти қисқариши аниқланган.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ОТАЖОНОВ ХУМОЮН ХАМРО УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА БУКС
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ**

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

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

Ташкент–2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2023.1.PhD/T3510.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета (<http://tstu.uz>) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Рахимов Рустам Вячеславович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Третьяков Александр Владимирович
доктор технических наук, профессор

Зайниддинов Нуриддин Савранбек угли
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится 13 декабря 2024 г. в 12⁰⁰ на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 по присуждению ученых степеней при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрированный номер - 192). (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66)

Автореферат диссертации разослан 2 декабря 2024 года.
(протокол реестра № 018 от 29 ноября 2024 года).

А. Абдукаюмов

Заместитель председателя 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
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире уделяется особое внимание совершенствованию существующих и разработке новых конструкций ходовых частей железнодорожного подвижного состава. Данное направление является ключевым в развитии научных, конструкторских и производственных предприятий отрасли. В настоящее время в развитых странах исследовательские и научные центры сосредоточены на решении ряда важных задач, таких как повышение безопасности движения поездов при различных режимах загрузки и скоростных диапазонах, сокращение затрат на техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава. Для увеличения грузооборота в условиях дефицита подвижного состава и низкой пропускной способности железнодорожных участков необходимо развивать новые исследовательские направления для совершенствования вагонного парка и внедрения инновационных решений. Особое внимание уделяется разработке технологий и методик, способствующих оптимизации технологических процессов обслуживания и повышению качества ремонта грузовых вагонов и их узлов. Одним из ключевых направлений этой отрасли является совершенствование технологии ремонта букс грузовых вагонов, что позволяет повысить эффективность использования ресурсов ходовых частей грузовых вагонов.

В мире активно проводятся научно-технические и технологические исследования, посвященные разработке современных конструкций инновационных грузовых вагонов, совершенствованию технологий их обслуживания и ремонта. В этом направлении, в частности, отдельного внимания заслуживают буксовые узлы тележек грузовых вагонов как ключевой элемент надежной работы ходовых частей. В связи с этим, совершенствование технологии ремонта буксовых узлов грузовых вагонов является одной из важных задач, стоящих перед железнодорожной отраслью, решение которой позволит повысить безопасность эксплуатации железнодорожного подвижного состава и сократить средства, затрачиваемые на плановый ремонт буксовых узлов, что приводит к оптимизации расходов на техническое обслуживание и ремонт ходовых частей грузовых вагонов.

В Республике с целью дальнейшего развития различных областей транспорта, в частности, эффективной организации работ по эксплуатации и ремонту вагонного парка железных дорог, а также пополнения его вагонами с улучшенными технико-экономическими характеристиками проводится ряд мероприятий. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы¹ и Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-329² определены важные задачи, такие как, «... развитие единой транспортной системы во

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

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

взаимосвязи со всеми видами транспорта ..., развитие рынка транспортных и логистических услуг и инфраструктуры ..., расширение «зеленых коридоров» и транзитных возможностей в транспортной системе ...», а также «... снижение себестоимости и затрат на пассажирские и грузовые перевозки..., ... развитие железнодорожной инфраструктуры, обновление парка локомотивов и вагонов ...». Для реализации этих задач, в частности, одним из важных направлений является исследование по совершенствованию технологии ремонта узлов и деталей грузовых вагонов, внедрение которой позволит повысить эффективность и сократить время проведения ремонтных работ, а также уменьшить количество бракованных изделий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решением задач, предусмотренных Законами Республики Узбекистан № ЗРУ-706 от 9 августа 2021 года «О транспорте» и № 766-І от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте», Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3422 от 2 декабря 2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018-2022 годы», № ПП-4703 от 4 мая 2020 года «О мерах по кардинальному 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 другими нормативно-правовыми документами, относящимися к данному виду деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан – II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение», ППИ-3 – «Энергетика, энергия, ресурсосбережение, транспорт, машино- и приборостроение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на создание новых конструкций грузовых вагонов, совершенствование технологий обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава, в частности грузовых вагонов, широко ведутся в университетах, научных центрах и исследовательских институтах ведущих стран, в том числе:

Technische Universität München (Германия), Technische Universität Dresden (Германия), Pennsylvania State University (США), Washington State University (США), Newcastle Centre for Railway Research (Newcastle University) (Великобритания), Griffith University (Австралия), Institut français des sciences et technologies des transports (Франция), Silesian University of Technology (Польша), Karabük University (Турция), Warsaw University of Technology (Польша), Shanghai Jiao Tong University (Китай), Beijing Jiaotong University

(Китай), University of Science and Technology of China (Китай), Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Россия), Российский университет транспорта (Россия), Ростовский государственный университет путей сообщения (Россия), Уральский государственный университет путей сообщения (Россия), Научно-исследовательский институт вагоностроения (Россия), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (Россия), Брянский государственный технический университет (Россия), Днепровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (Украина), Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (Украина), Белорусский государственный университет транспорта (Белоруссия), Академия логистики и транспорта (Казахстан), Ташкентский государственный транспортный университет (Узбекистан) и другие образовательные, исследовательские и научные центры инженеров железнодорожного транспорта.

Существенный вклад в развитие и совершенствование конструкции ходовых частей подвижного состава внесли и вносят ученые и инженеры ведущих машиностроительных предприятий мира, в том числе: FreightCar America (США), American Car and Foundry (США), Amtrak (США), Alstom (Франция), Bombardier (Канада), Talgo (Испания), Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (Испания), CRRC (Китай), Hyundai Rotem (Республика Корея), Stadler Rail (Швейцария), Hitachi (Япония), Трансмашхолдинг (Россия), Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» (Россия), Брянский машиностроительный завод (Россия), Демиховский машиностроительный завод (Россия), Тверской вагоностроительный завод (Россия), Тихвинский вагоностроительный завод (Россия), Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов (Узбекистан), Литейно-механический завод (Узбекистан), Андижанский механический завод (Узбекистан) и ряд других машиностроительных предприятий.

Большое количество работ по разработке новых и модернизации существующих конструкций железнодорожного подвижного состава, в частности ходовых частей и их узлов, а также совершенствованию их технологий обслуживания и ремонта проделано известными учеными, такими как А.А. Амелина, П.С. Анисимов, В.В. Болотин, Ю.П. Бороненко, С.В. Вершинский, В.С. Герасимов, А.В. Додонов, М.В. Зимакова, С.В. Калетин, В.Н. Котуранов, В.В. Лукин, И.Г. Морчиладзе, Э.С. Оганьян, А.М. Орлова, И.Ф. Пастухов, М.М. Соколов, И.Ф. Скиба, А.В. Третьяков, П.А. Устич, И.И. Челноков, Л.А. Шадур, Л.М. Школьник, А.В. Якушев и другие.

Стоит также отдельно отметить таких зарубежных ученых, как Р. Аллен, Г. Вульф, М. Дарби, Ф.В. Картер, С. Кейли, В. Кик, А.Д. Питер, М. Руни, Г. Турнэ и ряд других выдающихся специалистов, чьи научные исследования и разработки внесли большой вклад в развитие отрасли конструирования ходовых частей железнодорожного подвижного состава.

Широкий спектр исследований по данной тематике проведен и нашими отечественными учеными, такими как А.Д. Глущенко, В.В. Меликов, Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, О.Р. Хамидов, Я.О. Рузметов, Д.О. Раджибаев, Н.С. Зайниддинов и другие.

Анализ отечественного и зарубежного опыта, литературных источников и авторских работ показал, что несмотря на комплексные исследования в области совершенствования конструкции и технологии ремонта буксовых узлов, на сегодняшний день не изучены вопросы наличия большого тепловложения, являющегося главным недостатком применяющегося в настоящее время метода восстановления изношенных поверхностей корпусов букс. В связи с этим возникает необходимость разработки научно-обоснованных технических и технологических решений для совершенствования технологии восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов с учетом возникающих тепловложений и деформаций.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета в рамках хозяйственного договора № 35 от 23.11.2023 г. и распоряжения председателя правления АО «Узбекистон темир йуллари» 31-УН от 18.03.2022 г.

Целью исследования является совершенствование технологии ремонта букс грузовых вагонов для повышения эффективности процесса восстановления изношенных поверхностей корпусов букс внедрением нового способа и устройства для его осуществления.

Задачи исследования:

выполнить обзор конструкций корпусов букс грузовых вагонов, произвести анализ их основных неисправностей, возникающих при эксплуатации и способов восстановления изношенных поверхностей;

провести теоретические исследования по определению тепловложений и деформаций, возникающих в процессе восстановления наплавкой изношенных поверхностей корпусов букс грузового вагона;

провести экспериментальные исследования по восстановлению изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов для выбора способа наплавки, снижающего максимальную температуру и деформации корпуса, и сопоставить полученные результаты с расчетными и нормативными данными;

разработать устройство для проведения сварочно-наплавочных работ изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов, конструктивное исполнение которого позволит повысить эффективность проведения восстановительных работ и сократит затрачиваемое время;

разработать технологическую инструкцию по малодеформационному восстановлению изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов с учетом разрабатываемых технических и технологических решений.

Объектом исследования является корпус роликовой буксы колесных пар тележек грузовых вагонов.

Предметом исследования является тепловое и деформационное состояние корпуса роликовой буксы колесных пар тележек грузовых вагонов.

Методы исследования. В процессе выполнения комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование технологии ремонта букс грузовых вагонов, использованы статистические, аналитические и экспериментальные методы исследований. В теоретических исследованиях по определению влияния распределения температур тепловложений при различных способах восстановления изношенных поверхностей корпуса буксы на деформацию его внутренней цилиндрической поверхности применялись аналитические методы и метод конечных элементов с использованием современных инженерных программ ANSYS Workbench и SolidWorks Simulation. Экспериментальные исследования по восстановлению поверхностей корпуса буксы грузового вагона с целью подтверждения результатов теоретических расчетов проводились в лабораторных и производственных условиях с использованием метода электродуговой наплавки и термостанции с термопарными датчиками для сбора и последующей обработки данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана уточненная конечно-элементная модель корпуса роликовой буксы грузового вагона, позволяющая определять деформированное состояние его внутренней цилиндрической поверхности с учётом возникающих тепловложений при различных способах восстановления изношенных поверхностей;

определено влияние распределения температур тепловложений при различных способах восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузового вагона на деформацию его внутренней цилиндрической поверхности с учётом особенностей конструктивного исполнения;

разработано новое техническое устройство, позволяющее восстанавливать изношенные поверхности корпусов роликовых букс грузовых вагонов с учётом применения многоэлектродной электродуговой наплавки, обеспечивающее повышение эффективности ремонтных работ;

разработана усовершенствованная технология восстановления методом многоэлектродной электродуговой наплавки изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов, позволяющая снизить возникающие в процессе наплавки тепловложения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано новое техническое устройство для восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс колесных пар тележек грузовых вагонов с учётом применения многоэлектродной электродуговой наплавки, позволяющее АО «Темирйулкарго» повысить эффективность и сократить время проведения ремонтных работ;

разработана усовершенствованная технологическая инструкция по восстановлению изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов методом многоэлектродной электродуговой наплавки с учетом применения нового технического устройства, внедрение которой позволило снизить возникающие в процессе наплавки тепловложения и, как следствие, уменьшить деформации корпуса буксы, а также сократить количество бракованных изделий.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием в теоретических исследованиях современных численных методов, апробированных, общепризнанных и широко используемых в инженерной практике программных комплексов, в экспериментах – сертифицированных и калиброванных средств измерений; сходимостью результатов теоретических исследований с проведенными натурными экспериментальными данными по восстановлению методом электродуговой наплавки изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов.

Научная и практическая значимость диссертации. Научная значимость полученных результатов исследования заключается в создании уточненной конечно-элементной модели корпуса роликовой буксы колесных пар тележек грузовых вагонов, позволяющей определять влияние распределения температур тепловложений при различных способах восстановления его изношенных поверхностей на деформацию (овальность) внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы с учётом особенностей его конструктивного исполнения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке нового технического устройства для восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс колесных пар тележек грузовых вагонов с учётом применения многоэлектродной электродуговой наплавки, позволяющего повысить эффективность и сократить время проведения ремонтных работ, а также усовершенствованной технологии восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов с учётом применения нового разработанного технического устройства, позволяющей снизить возникающие в процессе наплавки тепловложения и, как следствие, уменьшить деформации корпуса буксы, а также сократить количество бракованных изделий.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по совершенствованию технологии ремонта букс грузовых вагонов:

разработанное новое техническое устройство для восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс колесных пар тележек грузовых вагонов методом многоэлектродной электродуговой наплавки внедрено в АО «Темирйулкарго» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан № 4/1502 от 26 февраля 2024 г.) для выполнения сварочно-наплавочных работ при ремонте корпусов букс грузовых вагонов. В результате за счет технологичности нового технического устройства повысилась эффективность и сократилось время проведения сварочно-

наплавочных работ изношенных поверхностей корпусов букс колесных пар тележек грузовых вагонов при плановых видах ремонта;

разработанная усовершенствованная технологическая инструкция по восстановлению изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов методом многоэлектродной электродуговой наплавки с учетом применения нового технического устройства внедрена в АО «Темирийулкарго» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан № 4/1502 от 26 февраля 2024 г.) для осуществления процесса ремонта корпусов букс грузовых вагонов. В результате годовая экономическая эффективность составила 472 млн сум за счет проведения научно-технических мероприятий по совершенствованию технологии ремонта букс грузовых вагонов.

Апробация научных исследований. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 6 научных конференциях, в том числе на 2 научных конференциях, индексируемых в международной реферативной базе данных Scopus и на 4 международных научных конференциях.

Опубликованность результатов исследований. Основные положения и научные результаты диссертационной работы опубликованы в 15 научных работах, в том числе 6 работ в ведущих научных журналах, включенных в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также зарегистрировано 6 программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 135 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, освещено состояние вопроса, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цель и задачи исследования, даны характеристики объекту и предмету исследования, приведены методы исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов научных исследований в производство, представлены сведения об апробации научных результатов исследования и опубликованных работах, изложены структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор и анализ конструкций корпусов букс грузовых вагонов и технологий их восстановления. Постановка цели и задач исследования»** представлен обзор конструкций корпусов букс грузовых вагонов и технологий их восстановления. Несмотря на сложную

конструкцию, корпус буксы зарекомендовал себя как надежная и ремонтпригодная деталь, через которую на колесные пары передаются нагрузки при движении вагона по сложным участкам дороги.

Анализ неисправностей корпусов букс грузовых вагонов показал, что наиболее частыми неисправностями корпуса буксы в эксплуатации являются износы его трущихся поверхностей, а именно опорных, направляющих челюстей, а также боковых сторон направляющего бурта.

Обзор и анализ способов восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов показал, что на производственных предприятиях, в том числе в АО «УТЙ», восстановление осуществляется электродуговой наплавкой по методу ТИ 05-02-Б-2010 «Ремонт сваркой и износостойкой наплавкой корпуса буксы», который требует предварительного нагружения. Многолетний опыт применения данного метода выявил его основной недостаток – значительное тепловложение в процессе восстановления. Несмотря на предварительное нагружение, не исключено образование овальности и конусообразности внутренней цилиндрической части буксы, что приводит к превышению допускаемых размеров и увеличению числа бракованных изделий. В связи с этим существует необходимость в разработке научно обоснованных технических и технологических решений для улучшения методов восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов. Таким образом, в результате выполненного обзора и анализа конструкций корпусов букс грузовых вагонов и технологий их восстановления сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Теоретические исследования по определению тепловложений и деформаций, возникающих в процессе восстановления наплавкой изношенных поверхностей корпусов букс грузового вагона»** с целью определения влияния распределения температуры при различных способах восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов на деформацию (овальность) его внутренней цилиндрической поверхности выполнены теоретические исследования с применением метода конечных элементов.

Для проведения теоретических исследований была разработана уточненная конечно-элементная модель корпуса роликовой буксы колесных пар тележек грузовых вагонов, разработанная в среде ANSYS 2023 (рис. 1) и позволяющая определить влияние распределения температур при ремонте на деформацию (овальность) его внутренней цилиндрической поверхности.

Для выполнения теоретических исследований были определены зоны воздействия тепловых потоков, возникающих при проведении сварочно-наплавочных работ на корпусе буксы (рис. 1, в). Для определения наиболее точных значений тепловложений и величин деформаций, возникающих в процессе восстановления изношенных поверхностей посредством сварочно-наплавочных работ, на внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы в трех сечениях были расположены 48 виртуальных измерительных точек замеров (по 16 на каждом сечении) (рис. 2).

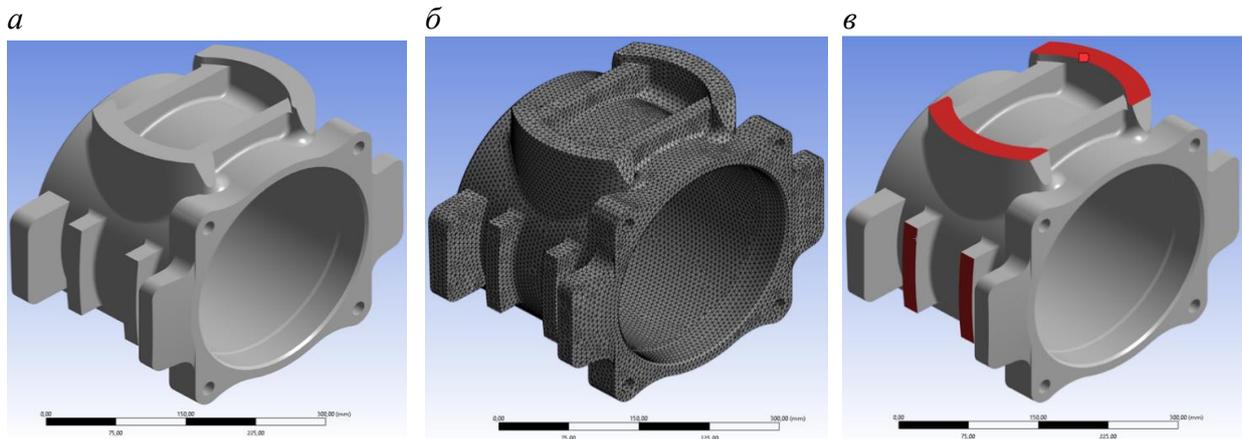


Рис. 1. Модель корпуса бусы грузового вагона: *а* – твердотельная расчетная модель; *б* – конечно-элементная модель; *в* – зоны воздействия тепловых потоков на корпусе бусы

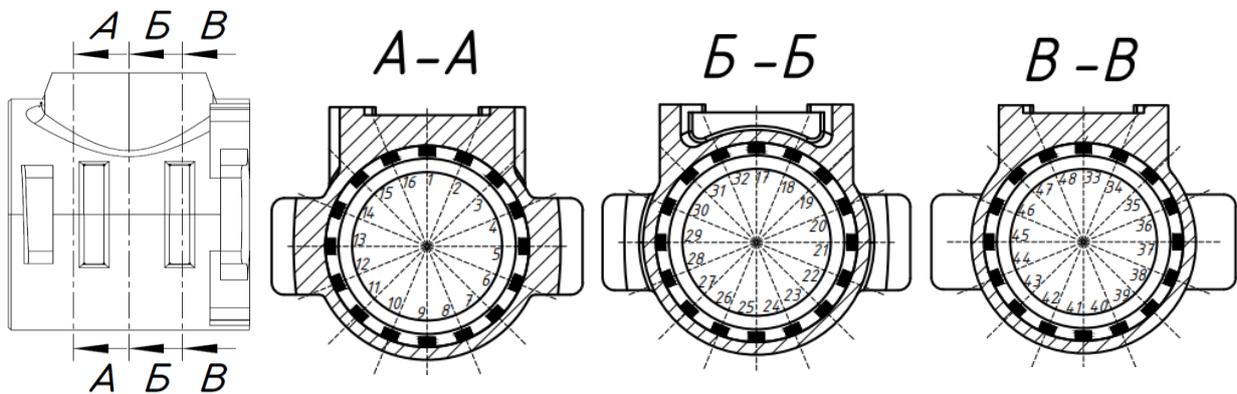


Рис. 2. Схема расположения виртуальных измерительных точек замеров на внутренней цилиндрической поверхности корпуса бусы: 1-48 – номера виртуальных измерительных точек замеров

Исследования проводились четырехкратно с учетом количества электродов (от одного до четырех), в результате которых были получены значения тепловложений и величины деформаций, распределенных по телу корпуса бусы в зависимости от количества применяемых при наплавке электродов (рис. 3).

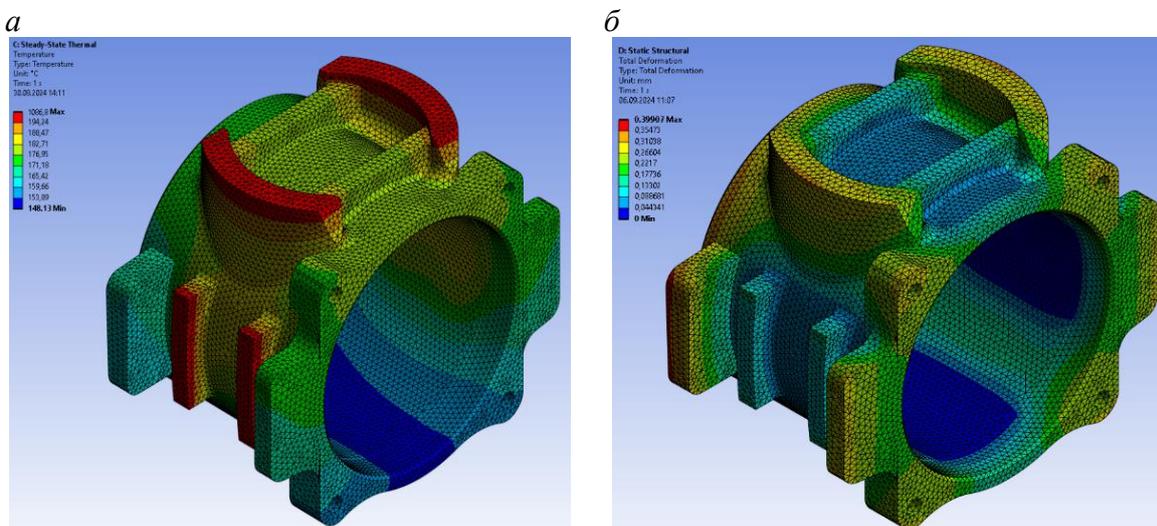


Рис. 3. Поля распределения тепловложений (*а*) и величины деформаций (*б*), распределенных по телу корпуса бусы при наплавке

В результате теоретических расчетов максимальные значения температур и величин деформаций были отмечены в точках № 5, 21, 37, 13, 29 и 45 на внутренней цилиндрической части корпуса буксы, располагающихся под направляющими и опорными поверхностями. При этом максимальные значения температур в точках составили: при наплавке одним электродом – 190,2 °С; при наплавке двумя электродами – 173,6 °С; при наплавке тремя электродами – 145,1 °С; при наплавке четырьмя электродами – 154,7 °С.

Далее на выбранных точках были получены значения деформаций (таблица 1), указывающие на овальность его внутренней цилиндрической поверхности в зависимости от количества применяемых при наплавке электродов.

Таблица 1

Полученные значения, указывающие на овальность внутренней цилиндрической поверхности буксы в зависимости от количества применяемых электродов, мм

Сечение	Количество электродов при наплавке				Допускаемое значение
	1 электрод	2 электрод	3 электрод	4 электрод	
А	0,0186	0,0177	0,0144	0,0156	0,0200
Б	0,0196	0,0182	0,0149	0,0163	
В	0,0188	0,0181	0,0147	0,0162	

Анализ результатов показал, что овальность цилиндрической поверхности корпуса буксы при наплавке двумя электродами уменьшилась на 5,3%, тремя – на 22,8%, четырьмя – на 15,5% по сравнению с одним электродом, при этом максимальные деформации составили: одним электродом – 0,0187 мм, двумя – 0,0176 мм, тремя – 0,0144 мм, четырьмя – 0,0161 мм.

Таким образом, не маловажным фактором для уменьшения значений температур тепловложений и величин деформаций, возникающих в процессе восстановления корпуса буксы, является количество применяемых при наплавке электродов. Наименьшие значения температур тепловложений и величин деформаций получены при восстановлении корпуса буксы многоэлектродной наплавкой тремя электродами. Данный тезис необходимо проверить экспериментально и, при подтверждении результатов, учесть при совершенствовании технологии восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов.

В третьей главе диссертации «**Экспериментальные исследования по восстановлению поверхностей корпусов букс грузовых вагонов**» проведены экспериментальные исследования по восстановлению изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов одно- и многоэлектродной (двумя, тремя и четырьмя) наплавкой для определения зависимости возникающих тепловложений от количества применяемых при наплавке электродов.

Экспериментальным исследованиям подвергались корпуса букс грузового вагона с изношенными поверхностями (рис. 1, в). Перед проведением исследований на территории вагонного депо Ташкент-Товарный

(ВЧД-1) на внутренней цилиндрической части буксы была произведена разметка сечений для дальнейшего размещения датчиков (рис. 4).

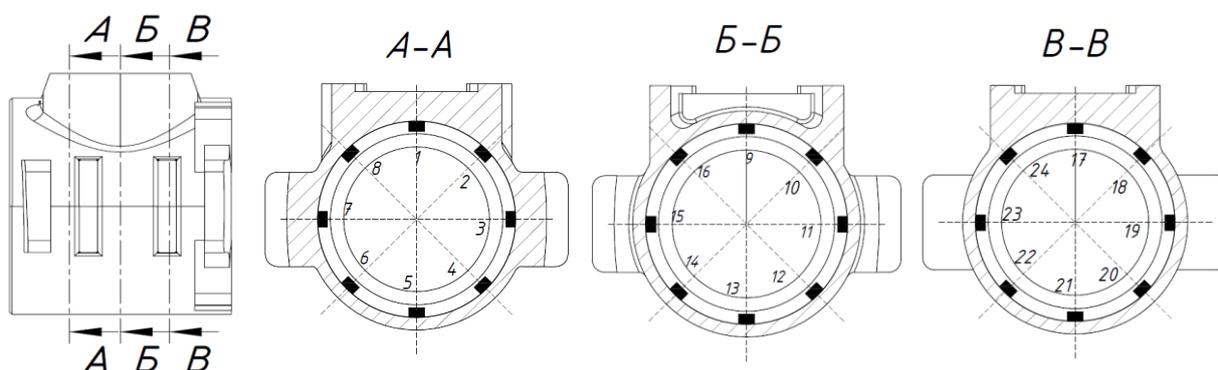


Рис. 4. Схема размещения температурных датчиков в исследуемых сечениях корпуса буксы: 1-24 – номера датчиков

Температуры при наплавке измерялись термопарами типа К, установленными на сечения корпуса буксы и подключёнными к термоизмерительной станции ВТ-96, которая через компьютер с программой «ИНФОРМТЕСТ» обеспечивала непрерывную регистрацию данных (рис. 5).

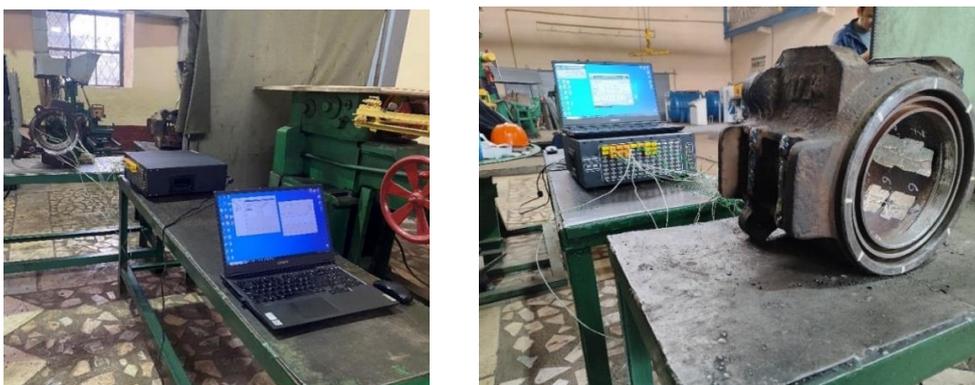


Рис. 5. Подключение установленных на исследуемые сечения температурных датчиков к термостанции и компьютеру

Процесс восстановления изношенных поверхностей корпуса буксы осуществлялся одним слоем «крест-накрест» при постоянном напряжении 380В с диаметром электродов 4 мм (рис. 6).



Рис. 6. Процесс восстановления корпуса буксы одно- (а) и многоэлектродной (б) электродуговой наплавкой

Процесс восстановления состоял из четырёх этапов, каждый из которых проводился трижды, с последующим анализом средних значений для получения достоверных результатов. По результатам проведенных экспериментальных исследований и полученных данных определена зависимость значений тепловложений от количества применяемых электродов. Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что высокие тепловложения возникают под зоной наплавки направляющих и опорных поверхностей, а при удалении от них начинают снижаться. На рис. 7 представлены наиболее высокие значения температуры, зарегистрированные датчиками в процессе восстановления поверхностей корпуса буксы.

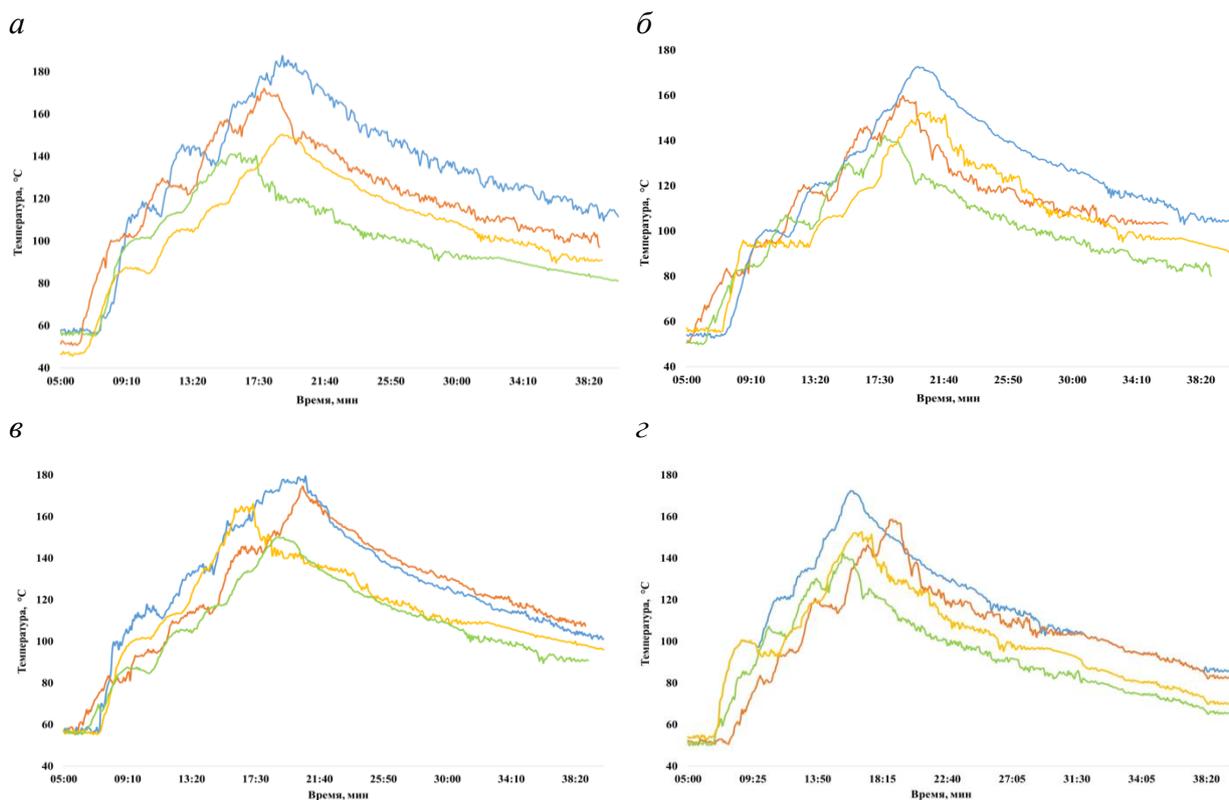


Рис. 7. Зависимости значений тепловложений от количества применяемых при восстановлении электродов: а – показания датчика № 3; б – показания датчика № 15; в – показания датчика № 19; г – показания датчика № 23; ■ – изменение температуры при наплавке одним электродом; ■ – изменение температуры при наплавке двумя электродами; ■ – изменение температуры при наплавке тремя электродами; ■ – изменение температуры при наплавке четырьмя электродами

Установлено, что количество электродов при наплавке напрямую влияет на максимальную температуру корпуса буксы. В датчике №3 максимальная температура при наплавке одним электродом достигла 185,5 °С, двумя – 168,3 °С, тремя – 139,4 °С, четырьмя – 149,7 °С, что находится между показателями для двух и трёх электродов. В датчике №19 максимальные температуры составили: при наплавке одним электродом – 172,3 °С, двумя – 157,7 °С, тремя – 141,1 °С, четырьмя – 150,4 °С. Аналогичная зависимость наблюдается в датчиках №15 и №23: температура при наплавке тремя

электродами ниже на 18-25% по сравнению с одним, но при четырёх электродах снова повышается.

Полученные максимальные значения температуры от всех установленных термоизмерительных датчиков приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерений максимальных температур в сечениях при наплавке, °С

№ датчика	1	2	3	4	5	6	7	8
1 электрод	167,7	173,2	185,5	169,5	147,8	151,2	181,4	160,2
2 электрода	162,4	165,5	168,3	161,9	142,4	145,4	174,6	155,4
3 электрода	154,4	161,3	139,4	157,5	137,6	141,7	168,1	150,6
4 электрода	159,8	170,3	149,7	160,4	141,8	144,5	172,5	153,4
№ датчика	9	10	11	12	13	14	15	16
1 электрод	169,2	170,2	182,9	170,6	151,4	154,2	179,2	165,4
2 электрода	164,8	164,9	174,5	164,5	146,5	149,8	174,9	159,9
3 электрода	159,3	157,6	168,2	159,6	141,2	143,8	167,4	152,8
4 электрода	164,2	160,1	171,7	162,2	144,8	145,9	171,6	155,7
№ датчика	17	18	19	20	21	22	23	24
1 электрод	175,9	172,2	172,3	169,4	152,6	156,1	178,7	169,3
2 электрода	171,3	157,7	157,7	164,7	149,7	152,7	174,2	163,9
3 электрода	162,3	141,1	141,1	158,6	145,6	147,3	167,5	158,1
4 электрода	166,9	150,4	150,4	163,8	147,7	151,8	172,3	162,9

В процессе экспериментальных исследований также были определены значения овальности внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы индикаторным нутромером после сварочно-наплавочных работ. Измеренные значения овальности сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Измеренные значения овальности внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы в зависимости от количества применяемых при наплавке электродов, мм

Сечение	Количество электродов при наплавке				Допускаемое значение
	1 электрод	2 электрода	3 электрода	4 электрода	
А	0,0189	0,0178	0,0143	0,0156	0,02
Б	0,0193	0,0183	0,0148	0,0163	
В	0,0191	0,0182	0,0145	0,0165	

Анализ полученных результатов показывает, что овальность внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы при использовании трехэлектродной наплавки в среднем на 23,9% ниже, чем при наплавке одним электродом. Значения овальности при трехэлектродной наплавке в среднем ниже допустимого на 19-20%, в то время как при использовании одного электрода значения овальности ниже допустимого лишь на ~5%.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты показывают хорошую сходимость: теоретические значения тепловложений соответствуют экспериментальным в пределах 92,6-93,5% с погрешностью 6,5-7,4%. Для определения деформаций сходимость составляет 91,8-92,7% с погрешностью 7,3-8,2%.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что трехэлектродная наплавка является оптимальным методом для снижения максимальных температур на корпусе буксы, демонстрируя самые низкие тепловложения среди других способов. Это связано с увеличением скорости проплавки и сокращением времени контакта электрода с зоной наплавки.

Кроме того, в процессе наплавки не требуется использование разжимных устройств. Дальнейшие исследования направлены на разработку нового, конструктивно простого устройства для восстановления корпусов букс грузовых вагонов, позволяющего устанавливать и манипулировать корпусом без применения разжимных сил.

Учитывая это, необходимо разработать новую технологическую инструкцию по восстановлению корпусов букс многоэлектродной наплавкой в соответствии с требованиями ТИ 05-02-Б-2010 с внедрением в нее нового устройства, что повысит эффективность восстановительных работ и сократит время за счет простоты и быстроты манипулирования без разжимных сил.

В четвертой главе диссертации «**Разработка установки для наплавки корпусов букс грузовых вагонов**» разработана конструкция нового устройства для восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов для повышения эффективности и сокращения времени ремонтных работ.

Устройство (рис. 8) состоит из вертикальной стойки 1 и втулки 2, в которую устанавливается вращающийся вал 3, закрепленный гайкой. Винт 6 проходит через центральные резьбовые отверстия передней 4 и задней 5 крышек и входит в резьбовое отверстие вала 3. Конструкция устройства жестко крепится к стальному фланцу 7, позволяющему закрепить его к полу.

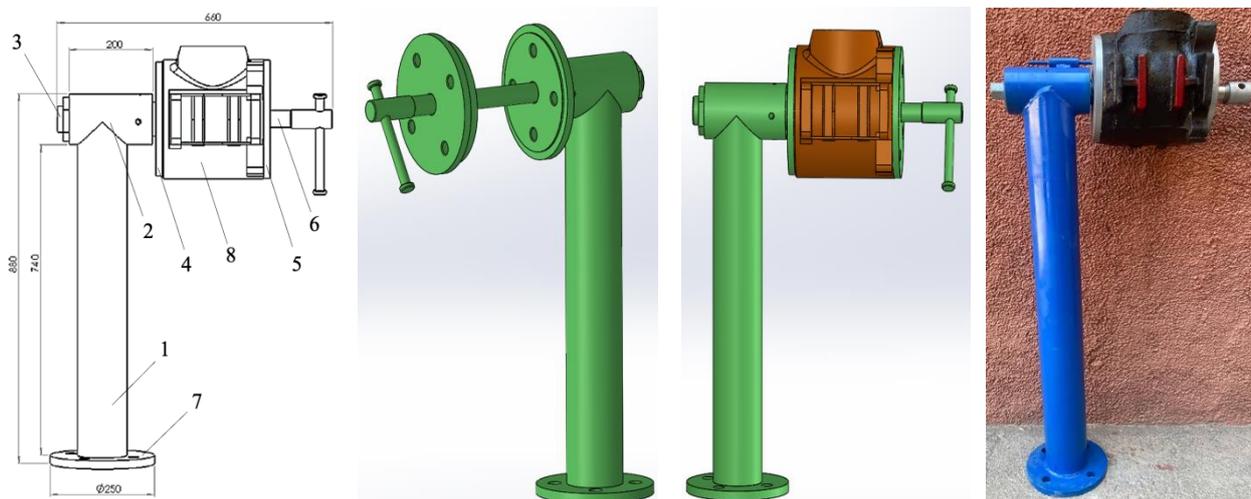


Рис. 8. Общий вид устройства для наплавки корпусов букс:

1 – стойка вертикальная; 2 – втулка; 3 – вал с гайкой; 4 – передняя крышка; 5 – задняя крышка; 6 – винт с рукояткой; 7 – фланец; 8 – корпус буксы

Для научного обоснования конструкции разработанной установки и определения напряженно-деформированного состояния ее несущих элементов проведен ряд теоретических прочностных расчетов с использованием программного обеспечения SolidWorks Simulation (рис. 9).

Анализ результатов прочностных расчетов показал, что максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в несущих элементах устройства составляют не более 82 МПа, а запас прочности имеет высокое значение равное 4,1, что свидетельствует о соответствии прочностных характеристик нормативным документам.

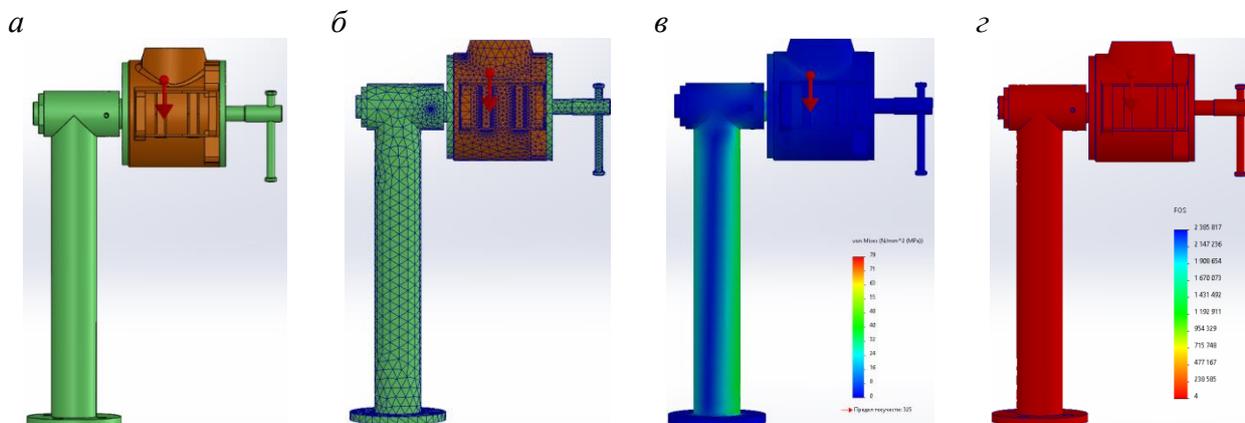


Рис. 9. Конечно-элементная модель и напряженно-деформированное состояние устройства: а – конечно-элементная модель; б – кинематические граничные условия; в – напряженно-деформированное состояние; г – запас прочности установки

На основании проведенных расчетов и исследований конструкции устройства для наплавки корпусов букс грузовых вагонов была собрана натурная модель, на которой были проведены сварочно-наплавочные работы в производственных условиях.

Таким образом, внедрение нового устройства в технологический процесс для проведения работ по восстановлению изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов на вагоноремонтных предприятиях положительно скажется как на эффективности проведения ремонтных работ, так и на сокращении затрачиваемого времени на ремонт грузовых вагонов в целом.

В пятой главе диссертации «**Разработка технологической инструкции по малодеформационному восстановлению изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов**» разработана усовершенствованная технологическая инструкция по малодеформационному восстановлению изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов методом многоэлектродной электродуговой наплавки с учетом применения нового технического устройства, позволяющего снизить возникающие в процессе наплавки тепловложения и, как следствие, уменьшить деформации корпуса буксы, а также сократить количество бракованных изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование технологии ремонта букс грузовых вагонов, при этом:

1. На основании выполненного обзора и анализа конструкций корпусов букс грузовых вагонов и технологий их восстановления выявлена необходимость разработки научно обоснованных технических и технологических решений для совершенствования метода восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов.

2. Для выполнения теоретических исследований разработана уточненная конечно-элементная модель корпуса роликовой буксы колесных пар тележек грузовых вагонов, позволяющая определять влияние распределения температур тепловложений при ремонте на деформацию (овальность) внутренней цилиндрической поверхности корпуса буксы.

3. Теоретически с применением метода конечных элементов и экспериментально в производственных условиях определено влияние распределения температур тепловложений при различных способах восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов на деформацию (овальность) его внутренней цилиндрической поверхности.

4. В результате комплексных исследований обоснована необходимость внедрения метода многоэлектродной наплавки тремя электродами при восстановлении изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов, позволяющего снизить возникающие в процессе наплавки тепловложения и, как следствие, уменьшить деформации корпуса буксы, а также сократить количество бракованных изделий.

5. В результате комплексных теоретических исследований методом конечных элементов разработано новое техническое устройство для восстановления изношенных поверхностей корпусов роликовых букс колесных пар тележек грузовых вагонов, позволяющее повысить эффективность и сократить время проведения ремонтных работ.

6. На основании выполненных исследований разработана усовершенствованная технологическая инструкция по восстановлению изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов с учетом применения метода многоэлектродной электродуговой наплавки и нового технического устройства.

Таким образом, на основании выполненных комплексных теоретических и экспериментальных исследований определено, что разработанные новые технические и технологические решения позволят повысить эффективность и сократить время проведения сварочно-наплавочных работ при восстановлении изношенных поверхностей корпусов роликовых букс грузовых вагонов.

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

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

OTAJONOV KHUMOYUN KHAMRO UGLI

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF REPAIR OF AXLE BOXES
OF FREIGHT WAGONS**

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

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

Tashkent–2024

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under B2023.1.PhD/T3510.

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:

Rahimov Rustam Vyacheslavovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Tretyakov Alexander Vladimirovich
doctor of technical sciences, professor

Zayniddinov Nuriddin Savranbek ugli
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization:

Jizzakh Polytechnic Institute

The dissertation will be defended at 12⁰⁰ on December 13, 2024 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, Temiryo'lhilar 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 - 192). (Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent, 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on December 2, 2024 year.
(mailing recort № 018 on November 29, 2024).

A. Abdukayumov

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

Ya.O. Ruzmetov

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

R.M. Mirsaatov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study is to improve the technology of repair of axle boxes of freight wagons to increase the efficiency of the process of restoring worn surfaces of axle boxes by introducing a new method and device for its implementation.

The objectives of the research:

to perform a review of the structures of the axle boxes bodies of freight wagons, to analyze their main malfunctions that occur during operation and ways to restore worn surfaces;

to carry out theoretical studies to determine the thermal investments and deformations that occur during the restoration of worn surfaces of freight wagon axle boxes bodies by surfacing;

to carry out experimental studies on the restoration of worn surfaces of the axle boxes bodies of freight wagons for the selection of a surfacing method that reduces the maximum temperature and deformation of the body, and compare the results obtained with calculated and normative data;

to develop a device for carrying out welding and surfacing of worn surfaces of freight wagon axle boxes bodies, the design of which will increase the efficiency of restoration work and reduce the time spent;

to develop a technological instruction for low-deformation restoration of worn surfaces of the axle boxes bodies of freight wagons, taking into account the technical and technological solutions being developed.

The object of the research work is the body of the roller axle box body of wheel sets of bogies of freight wagons.

The scientific novelty of the research is as follows:

a refined finite element model of the body of the roller axle box of a freight wagon has been developed, which allows determining the deformed state of its inner cylindrical surface, taking into account the resulting thermal investments in various methods of restoring worn surfaces;

the influence of the temperature distribution of thermal investments in various methods of restoring worn surfaces of the bodies of roller axle boxes of a freight wagon on the deformation of its inner cylindrical surface, taking into account the design features, is determined;

a new technical device has been developed that allows to restore the worn surfaces of the bodies of roller axle boxes of freight wagons, taking into account the use of multielectrode electric arc surfacing, which ensures an increase in the efficiency of repair work;

an improved technology has been developed for the restoration of worn surfaces of roller axle boxes bodies of freight wagons by the method of multielectrode electric arc surfacing, which allows reducing heat input arising during the surfacing process.

Implementation of research results. Based on the conducted scientific research to improve the technology of repair of freight wagon boxes:

a new technical device has been developed to restore worn surfaces of roller axle box bodies of wheel sets of bogies of freight wagons by the method of multielectrode electric arc surfacing was introduced in “Temiryulkargo” JSC (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan No. 4/1502 dated February 26, 2024) to perform welding and surfacing operations at repair of the bodies of the axle boxes of freight wagons. As a result, due to the manufacturability of the new technical device, the efficiency has increased and the time for welding and surfacing of worn surfaces of the bodies of axle boxes of wheel sets of bogies of freight wagons has been reduced during scheduled repairs;

the developed improved technological instruction for the restoration of worn surfaces of the bodies of roller axle boxes of freight wagons by the method of multielectrode electric arc surfacing, taking into account the use of a new technical device, was introduced in “Temiryulkargo” JSC (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan No. 4/1502 dated February 26, 2024) to carry out the repair process of the bodies of the axle boxes of freight wagons. As a result, the annual economic efficiency amounted to 472 million sums due to scientific and technical measures to improve the technology of repair of the axle boxes of freight cars.

Structure and scope of the thesis.

The dissertation on consists of an introduction, five chapters, a conclusion and a list of references. The volume of the dissertation is 135 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Отажонов Х.Х. Экспериментальные исследования по совершенствованию метода восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов / Х.Х. Отажонов, Д.Ш. Зафаров, Р.В. Рахимов // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. – 2024. – № 3. – С. 33 – 40 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сон қарори).

2. Отажонов Х.Х. Разработка технологических рекомендаций по неразрушающему контролю литых деталей трехосных тележек при продлении срока службы / Д.Ш. Зафаров, Д.Д. Султоналиев, Х.Х. Отажонов, С.Б. Намозов, О.О. Рахимов // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. – 2024. – № 1. – С. 83 – 94 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сон қарори).

3. Отажонов Х.Х. Разработка установки для наплавки корпусов букс грузовых вагонов / Х.Х. Отажонов, О.И. Зайнитдинов, Д.Ш. Зафаров, Р.В. Рахимов // Материалы Третьей Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТУ, 2024. – С. 281 – 291 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2024 йил 6 апрелдаги 353/3-сон қарори).

4. Отажонов Х.Х. Экспериментальные исследования по восстановлению поверхностей корпусов букс грузовых вагонов / Х.Х. Отажонов, Д.Ш. Зафаров, Р.В. Рахимов, Ю.П. Бороненко // Материалы Третьей Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТУ, 2024. – С. 291 – 299 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2024 йил 6 апрелдаги 353/3-сон қарори).

5. Отажонов Х.Х. К вопросу о разработке технологической инструкции по неразрушающему контролю литых деталей трехосных тележек при продлении срока службы / Д.Ш. Зафаров, Х.Х. Отажонов, Р.В. Рахимов // Материалы Третьей Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТУ, 2024. – С. 190 – 199 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2024 йил 6 апрелдаги 353/3-сон қарори).

6. Отажонов Х.Х. Совершенствование технологии наплавки направляющих поверхностей корпусов букс грузовых вагонов / Х.Х. Отажонов, О.О. Рахимов // Материалы Второй Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы,

решения, перспективы». – Т.: ТГТрУ, 2023. – С. 345 – 350 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2023 йил 1 апрелдаги 336/3-сон қарори).

7. Otajonov Kh. Removable equipment for timber transportation / N. Tanicheva, I. Filippova, R. Rahimov, R. Yuldoshov, Kh. Otajonov, J. Abdirakhmanov // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2432. – P. 1 – 6. (DOI: 10.1063/5.0089483) (Scopus IF = 2,23).

II бўлим (II часть; II part)

8. Отажонов Х.Х. Совершенствование технологии восстановления изношенных поверхностей корпусов букс грузовых вагонов / Х.Х. Отажонов, Р.В. Рахимов // Материалы Первой Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТУ, 2022. – С. 93 – 96.

9. Отажонов Х.Х. К вопросу выбора параметров и расчетов напряженно-деформированного состояния листовых рессор / Д.Ш. Зафаров, Х.Х. Отажонов, О.Б. Нигматов, Ф.Ф. Хикматов // Материалы Первой Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТУ, 2022. – С. 70 – 73.

10. Otajonov Kh. The method of modeling the structural strength of a material using a solid-rolled railway wheel / K. Shokuchkorov, Y. Ruzmetov, R. Raximov, D. B Abdullayev, Sh. Djabbarov, Kh. Otajonov, P. Abduraxmonov, D. Zafarov // Молодой ученый. – 2023. – № 45 (440). – С. 49 – 53.

11. Otajonov Kh. Experimental studies of new technical solutions in the design of thermal fencing of refrigerated car and container bodies / B. Abdullayev, R. Rahimov, F. Khikmatov, Kh. Otajonov, D. Sultonaliev, P. Abdurahmonov // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2612. – P. 1 – 6.

12. Otajonov Kh. Development of a new measuring scheme for determining the indicators of horizontal and vertical dynamics of a subway car / R.V. Rahimov, M. Baltaev, O. Nigmatov, I. Morozova, K. Usmonov, Kh. Otajonov // Proceedings of the International Conference on Problems of Logistics, Management and Operation in the East-West Transport Corridor (PLMO). – Baku: Institute of Control Systems of ANAS, 2021. – P. 147 – 152.

13. Отажонов Х.Х. Исследования структуры и свойств соединений, полученных фрикционной наплавкой / Ш.Б. Джаббаров, Б.А. Абдуллаев, Р.В. Рахимов, Ю.Н. Мансуров, Б.Ш. Жумабеков, К.С. Шокучкоров, Ф.С. Галимова, Х.Х. Отажонов // Молодой ученый. – 2022. – № 24 (419). – С. 102 – 106.

14. Отажонов Х.Х. Износ и смазка пары «рельс– колесо» / Ю.Н. Мансуров, Ш.Б. Джаббаров, Х.Х. Отажонов, Б.Ш. Жумабеков,

Ж.А. Абдирахманов, Я.А. Хурматов, Р.В. Рахимов // Молодой ученый. – 2022. – № 23 (418). – С. 89 – 92.

15. Отажонов Х.Х. Оценка эффективности действия тормоза грузового вагона / Р.П. Нигай, К.Х. Иноятов, О.У. Хайдаров, Я.А. Хурматов, Х.Х. Отажонов, О.О. Рахимов // Молодой ученый. – 2022. – № 12 (407). – С. 29 – 32.

16. Программа для определения фактического значения срока службы литых деталей трехосных тележек грузовых вагонов по распределению амплитуд рабочих динамических напряжений: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 33325 от 09.02.2024 Республика Узбекистан / Р.В. Рахимов, Д.Ш. Зафаров, Х.Х. Отажонов; заявл. № DGU 202401077 от 05.02.2024; опубл. 09.02.2024; бюл. № 2.

17. Программа для определения фактического значения срока службы литых деталей трехосных тележек грузовых вагонов по динамическим эксплуатационным напряжениям: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 33326 от 09.02.2024 Республика Узбекистан / Р.В. Рахимов, Д.Ш. Зафаров, Х.Х. Отажонов; заявл. № DGU 202401078 от 05.02.2024; опубл. 09.02.2024; бюл. № 2.

18. Программа для определения сжимающего напряжения на наружном контуре цилиндра корпуса буксы: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 22987 от 09.03.2023 Республика Узбекистан / Р.В. Рахимов, Х.Х. Отажонов, Д.Ш. Зафаров; заявл. № DGU 20230405 от 20.01.2023; опубл. 09.03.2023; бюл. № 3.

19. Программа для определения растягивающего напряжения на внутреннем контуре цилиндра корпуса буксы: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 22988 от 09.03.2023 Республика Узбекистан / Р.В. Рахимов, Х.Х. Отажонов, Д.Ш. Зафаров; заявл. № DGU 20230404 от 20.01.2023; опубл. 09.03.2023; бюл. № 3.

20. Программа для определения положения нейтральной оси по высоте сечения корпуса буксы: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 22989 от 09.03.2023 Республика Узбекистан / Р.В. Рахимов, Х.Х. Отажонов, Д.Ш. Зафаров; заявл. № DGU 20230402 от 20.01.2023; опубл. 09.03.2023; бюл. № 3.

21. Программа для определения масштаба записи напряжений от вертикальных сил для боковой балки рамы тележки: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022613571 от 14.03.2022 Российская Федерация / Р.В. Рахимов, Ш.Х. Султонов, О.Б. Нигматов, Х.Х. Отажонов, П.К. Абдурахмонов, Ф.С. Галимова; заявл. № 2022612724 от 25.02.2022; опубл. 14.03.2022; бюл. № 3.

Автореферат “ТДТрУ хабарномаси” илмий-амалий журнали
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди
(30.11.2024 й).

Қоғоз бичими: 84x60-1/16. Ризограф босма усули Times New Roman гарнитураси.
Шартли босма табағи: 2.7 б.т. Адади 100 нусха. Буюртма № 43-26/2024.
Нашрга рухсат этилди: 29.11.2024 й.

Гувоҳнома № 851684
“Тірограф” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган
Босмаҳона манзили: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.