

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ШОКУЧКОРОВ КУРБОННАЗАР САЛИМ ЎҒЛИ

ҚОЛДИҚ ТЕХНОЛОГИК КУЧЛАНИШЛАРНИ
ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ
БУТУН ЮМАЛОВЧИ ҒИЛДИРАКЛАРИНИНГ МУСТАҲКАМЛИК
СИФАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ

05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш
ва электрлаштириш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2023

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

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

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

Шоқучқоров Курбонназар Салим ўғли

Қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда
ҳаракатланувчи таркибнинг бутун юмаловчи ғилдиракларининг
мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш..... 3

Шоқучқоров Курбонназар Салим угли

Оценка прочностных качеств цельнокатаных колес подвижного
состава с учетом остаточных технологических напряжений..... 16

Shokuchkorov Kurbonnazar Salim ugli

Evaluation of strength qualities of solid-rolled rolling stock wheels taking
into account residual technological stresses..... 28

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 31

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ШОКУЧКОРОВ КУРБОННАЗАР САЛИМ ЎҒЛИ

ҚОЛДИҚ ТЕХНОЛОГИК КУЧЛАНИШЛАРНИ
ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРКИБНИНГ
БУТУН ЮМАЛОВЧИ ҒИЛДИРАКЛАРИНИНГ МУСТАҲКАМЛИК
СИФАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ

05.08.05 – Темир йўлларнинг ҳаракатланувчи таркиби, поездларни тортиш
ва электрлаштириш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент–2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.2.PhD/Т3758 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:

Рузметов Ядгор Озодович

техника фанлари номзоди, профессор

Расмий оппонентлар:

Хамидов Отабек Рустамович

техника фанлари доктори, профессор

Турсунов Хуршид Махмуджанович

техника фанлари номзоди

Етакчи ташкилот:

Жиззах политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил __ август соат __⁰⁰ 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 (__ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент шаҳри, Темирийўлчи кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66)

Диссертация автореферати 2023 йил __ август куни тарқатилди.
(2023 йил __ августдаги __ рақамли реестр баённомаси).

Р.В. Рахимов

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

Г.Ш. Абидова

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) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда темир йўл ҳаракатланувчи таркиби бутун юмаловчи ғилдиракларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштириш, уларнинг динамик сифатларини яхшилаш ва поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминлаган ҳолда ҳаракат тезлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ҳозирги вақтда ривожланган мамлакатларда ҳаракатланувчи таркиб юриш қисмининг ишончилигини ошириш, техник-иктисодий хусусиятларини яхшилаш, техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш харажатларини камайтириш мақсадида замонавий конструкцияларни моделлаштириш ва лойиҳалашга катта эътибор бериб келинмоқда. Бугунги кунда темир йўлдан фойдаланишда юк ва йўловчиларни хавфсиз ўз вақтида манзилларига етказишга асосий эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, ҳаракатланувчи таркибнинг хавфсизлигини таъминлашда ҳамда юкларни хавфсиз манзилларига етказишда бутун юмаловчи ғилдиракларнинг носозлик ҳолатларини ҳисобга олиш бугунги куннинг долзарб масалаларидан бири ҳисобланмоқда.

Дунёда темир йўл ҳаракатланувчи таркиби юриш қисмининг конструкцияларини такомиллаштиришга, янги турдаги ғилдиракларни жорий этишга ҳамда мустаҳкамлиги ва ишончилигини оширишга, эксплуатация жараёнида темир йўл ҳаракатланувчи таркибининг бутун юмаловчи ғилдираклари диски билан боғлиқ кузатилган носозликларни аниқлашга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бутун юмаловчи ғилдиракларнинг мустаҳкамлик заҳира коэффицентлари ва кучланганлик ҳолатлари билан боғлиқ тадқиқотлар устувор ва истиқболли ҳисобланади. Шу сабабли ҳаракатланувчи таркиб юриш қисмининг асосий элементи ҳисобланган бутун юмаловчи ғилдирагида кузатиладиган носозликлар ва уларнинг пайдо бўлиш сабаблари ҳамда мустаҳкамлигини оширишга қаратилган илмий изланишлар бугунги куннинг долзарб масалаларидан бири ҳисобланади.

Республикада юк ва йўловчиларга хизмат кўрсатиш сифатини янада ошириш, уларни хавфсиз манзилларига етказиш бўйича ишлар амалга оширилмоқда ва кенг қўламли чора-тадбирлар олиб борилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида “...барча транспорт турларини узвий боғлаган ҳолда ягона транспорт тизимини ривожлантириш ..., транспорт ва логистика хизматлари бозори ва инфратузилмасини ривожлантириш ..., транспорт соҳасида «яшил коридорлар» ҳамда транзит имкониятларини кенгайтириш ...”¹ каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш учун, хусусан, бутун юмаловчи ғилдиракларнинг қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш услугиётини

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

такомиллаштириш муҳим йўналишлардан биридир. Ғилдиракларнинг мустаҳкамлик сифатлари яхшиланганда биринчи навбатда ҳаракатланувчи таркиб ҳавфсизлиги ошади ва бутун юмаловчи ғилдиракларнинг хизмат муддатидан тўлақонли фойдаланиш имконияти яратилади.

Ўзбекистон Республикасининг 9 август 2021 йилдаги ЎРҚ-706-сон “Транспорт тўғрисида” ги ва 15 апрел 1999 йилдаги 766-І-сон “Темир йўл транспорти тўғрисида” ги қонунлари, 28 январ 2022 йилдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги ва 1 феврал 2019 йилдаги ПФ-5647-сон “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Президент Фармонлари, 2 декабр 2017 йилдаги ПҚ-3422-сон “2018-2022 йилларда транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Президент қарори ҳамда ушбу фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти 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. Ҳаракатланувчи таркиб ғилдиракларидаги қолдиқ технологик кучланишларни аниқлаш ва уларни камайтириш бўйича МДХ олимларидан Ю.П. Бороненко, Т.А. Борисова, Г.Я. Дымкин, Р.Б. Зарипов, И.А. Иванов, С.И. Иванов, Д.П. Кононов, С.А. Краснобрыжий, Г.Ф. Мальков, П.Ф. Миронов, С.Н. Поляков, Э.В. Приходько, В.Я. Савенков, К.Ф. Стародубов, И.Г. Узлов, М.П. Шатунов, А.В. Шевелев, А.В. Якушев ҳамда чет эл олимларидан Y. Okagata, K. Wang, R. Pilon, C. Kuhlman, H. Sehitoglu, M. Gallagher ва бошқа етук олимлар илмий изланишлар олиб боришган.

Мамлакатимизда юк ва йўловчи вагонлари ғилдиракларидаги носозликларнинг келиб чиқиши, хизмат муддатига таъсир этувчи омиллар ҳамда уларни бартараф этишга қаратилган илмий ечимлар бўйича А.Д. Глущенко, Ш.С. Файзибаев, Г.А. Хромова, Р.В. Рахимов, О.Р. Хамидов, З.Г. Адилова, Р.П. Нигай, С.А. Хромов, Р.М. Миноваров ва бошқа олимлар томонидан тадқиқотлар олиб борилган.

Хорижий ва маҳаллий тажрибанинг таҳлили шуни кўрсатдики, ҳаракатланувчи таркибнинг ғилдиракларида кузатиладиган носозликлар, уларни бартараф этишга қаратилган илмий ечимлар ҳамда ғилдираклардаги қолдиқ технологик кучланишларни аниқлаш бўйича дунё олимлари томонидан илмий изланишлар олиб борилган, лекин қолдиқ технологик кучланишлар ғилдирак мустаҳкамлигига таъсир қилиши ҳамда унинг заҳира коэффицентини камайтириши бўйича тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан ўзаро боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университетининг илмий-тадқиқот режасига асосан “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ техник даражасини ҳамда хавфсизлигини оширишнинг ягона комплекс режасига мос равишда бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда ҳаракатланувчи таркибнинг бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик сифатларини баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

юк ва йўловчи вагонларининг бутун юмаловчи ғилдираклари диски билан боғлиқ носозликларни таҳлил қилиш;

конструктив тузилишидан келиб чиқиб бутун юмаловчи ғилдиракларни тайёрлашдан кейинги қолдиқ технологик кучланишлар даражаларини синов йўли билан аниқлаш;

турли ҳил типдаги бутун юмаловчи ғилдиракларга вертикал ва кўндаланг ўзгарувчан кучлар таъсири натижасида ҳосил бўлувчи кучланишларни баҳолаш;

танлаб олинган бутун юмаловчи ғилдиракларнинг синов йўли билан аниқланган қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик заҳира коэффицентини ҳисоблаш;

қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда ҳаракатланувчи таркиб ғилдираклари дискидаги мустаҳкамлик заҳира коэффицентини баҳолаш усулбиётини такомиллаштириш.

Тадқиқот объекти – бутун юмаловчи ғилдирак.

Тадқиқот предмети – бутун юмаловчи ғилдиракларнинг мустаҳкамлиги.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида бузиб назорат қилиш ва чекли элементлар усулларида, мустаҳкамликга синашда Solidworks дастурий таъминотидан ҳамда заҳира коэффицентини аналитик ва математик ҳисоблашда Mathcad дастуридан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

юк ва йўловчи вагонларининг тўғри, текис ва эгри дискли бутун юмаловчи ғилдиракларидаги қолдиқ технологик кучланишлар бузиб назорат қилиш усули орқали аниқланган;

вагонлар бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик захираси коэффицентини етарли даражадаги аниқлик билан ўлчаш имконини берувчи юк ва йўловчи вагонлари бутун юмаловчи ғилдиракларининг кучланганлик ҳолати дисклардаги эксплуатацион ва қолдиқ технологик кучланишларни инобатга олган ҳолда аниқланган;

вагонлар бутун юмаловчи ғилдиракларининг хизмат муддатини аниқлаш имконини берувчи юк ва йўловчи вагонлари бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик захираси коэффицентини дисклардаги эксплуатацион ва қолдиқ технологик кучланишларни инобатга олган ҳолда аниқланган;

вагонлар бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик коэффициентини етарли даражадаги аниқлик билан ўлчаш имконини берувчи дисклардаги қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда темир йўл ҳаракатланувчи таркиби бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик захирасини баҳолаш услубиёти такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдиракларини ишлаб чиқаришда ва термик қайта ишлашда юзага келувчи қолдиқ технологик кучланишларини бузиб назорат қилиш усули ёрдамида аниқланган;

аниқланган қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда ҳаракатланувчи таркибнинг бутун юмаловчи ғилдираклари мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш услубиёти такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги назарий тадқиқотларда замонавий рақамли усуллардан, муҳандислик амалиётида тасдиқланган дастурий таъминотлардан, тажриба ва синовларда – сертификатланган ва калибрланган ўлчов воситаларидан фойдаланилганлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдиракларининг қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш бўйича илмий асосланган услубиёт такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эксплуатацияда, ҳаракатланувчи таркибнинг бутун юмаловчи ғилдираклари обод остки қисмида юзага келадиган носозликларни аниқлаш ва уларни бартараф этишга қаратилган ечимларни синов йўли ҳамда аналитик ҳисоб китоблар билан асослаб бериш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдиракларининг қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар асосида:

темир йўл ҳаракатланувчи таркиби ғилдираклари дискидаги қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш бўйича услубиёт такомиллаштирилган ва “Тошкент йўловчи вагонларини куриш ва таъмирлаш заводи” да жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2023 йил 03 июльдаги № Е-53 маълумотномаси). Натижада ғилдиракларнинг хизмат муддати узайишига эришилди.

юк ва йўловчи вагонларининг бутун юмаловчи ғилдираклари дискидаги қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик захира коэффициентини ҳисоблаш услубиёти “Тошкент минтақавий темир йўл узели” да жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2023 йил 03 июльдаги № Е-53 маълумотномаси). Натижада ғилдиракларнинг хизмат муддати узайиши ҳисобига иқтисодий самарадорлик 590 млн сўмни ташкил этган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий натижалари 5 та илмий анжуманларда, шу жумладан 1 та Scopus халқаро маълумотлар базасида индексланган илмий анжуманда, 3 та халқаро ва 1 та республика илмий анжуманларида баён этилган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий илмий натижалари 16 та илмий ишда, шу жумладан 4 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 1 та ЭҲМ учун дастурий маҳсулотлар рўйхатга олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида илмий тадқиқот 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 келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари белгиланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ 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 **“Муаммонинг ҳолати, ҳал қилиниши керак бўлган муаммони асослаш ва шакллантириш”** номли биринчи бобида ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдираклари диски билан боғлиқ носозликлар таҳлил қилиб чиқилган. Таҳлиллар натижасида юк вагонларининг юкланган ҳолатида ғилдиракнинг обод қисмидан дискга ўтиш жойида ёриқлар ҳосил бўлаётганлиги ҳолатлари аниқланган ҳамда ёриқларнинг мавсумий характерга эгалиги кўриб чиқилган ва хулосалар берилган.

Дунё тараққиёти давомида темир йўлларнинг ривожланиши, оралик участкаларининг узайиши ва ўқга тушадиган оғирликнинг оширилиб борилиши ҳамда юк айланмаси ҳажмининг ошиб бориши, бевосита аниқланган муаммонинг ҳам кўпайишига олиб келиши тўғрисида маълумотлар келтирилган. Ушбу муаммонинг долзарбликларидан яна бири шуки, ғилдиракларда кузатиладиган бу турдаги носозликларнинг оқибатлари катта иқтисодий зарар келтириши билан асосланган.

Ғилдирак дискида юзага келадиган носозликларни унинг мустаҳкамлик сифати билан боғлиқ деб топилди. Ғилдираклардаги қолдиқ технологик

кучланишларни ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик сифатларини баҳолаш услубиёти такомиллаштирилиши кераклиги аниқланди.

Диссертациянинг “Бутун юмаловчи ғилдиракларда қолдиқ технологик кучланишларнинг тақсимланиши” номли иккинчи бобида ҳар хил геометрик ўлчамга, механик ва кимёвий таркибга эга бир нечта типдаги бутун юмаловчи ғилдиракларнинг қолдиқ технологик кучланишлари мавжуд меъёрий ҳужжатлар бўйича, синов йўли билан аниқланган.

Тадқиқотнинг биринчи босқичида ғилдираклар ишлаб чиқарилган ҳолатида синов жойига олиб келинди ва синовни ўтказиш бўйича кетма-кетликлар белгилаб олинди. Синов объектини оловли кесиш чизиғи ҳамда тензорезисторларни ўрнатиш жойлари белгилаб олинди (1-расм, а). Тензорезисторлар белгиланган жойларга урнатилди ва ускунага уланди. Тензорезистор ускунаси ёқилиб нолга тенглаштирилди. Оловли кесиш жараёнида ускуна ёқилган ҳолатда қодирилди. Кесиш вақтида ғилдиракдан ажратиб олинган сегментнинг ҳарорати, масофадан ўлчайдиган иссиқлик ўлчовчи ускуна (тепловизор) ёрдамида ўлчаб турилди. Ҳарорат 500 °С га кўтарилгунга қадар кесиш давом эттирилди ва ошган тақдирда кесиш тўхтатилиб совугандан сўнг давом эттирилди.

Кейинги босқичда оловли кесиш ёрдамида ғилдиракдан сегмент ажратиблиб олинди (1-расм, б) ва ускунага бир хил частотали сигналлар келишни бошлагандан кейинги деформацияларнинг ўзгариши кўрсаткичлари кўчириб олинди.



1-расм. Бутун юмаловчи ғилдиракни оловли кесиш чизиғи ҳамда тензорезисторлар (а) ва ғилдиракдан ажратиб олинган сегмент (б) кўриниши.

Оловли кесиш ёрдамида сегмент ажратилиб олингандан сўнг механика цехига олиб борилди. Сегментни арралаб кесиш ускунаси ёрдамида кетма кет

бўлакларга бўлиш натижасида ундаги деформацияларнинг ўзгариши ёзиб борилди. Ҳар бир механик кесиш жараёнида тензорезистор ускунаси ёқилган ҳолатда қолдирилди. Кесиш бошланишидан олдин ускуна нолга келтирилиб соланди ва кесиш амалга оширилди. Қуйида сегментни механик кесиш, яъни арралаш ускунаси ёрдамида бўлакларга (2-расм) ажратилиши



2-расм. Арралаб кесиш ускунаси ёрдамида сегментни бўлакларга бўлиш жараёни

жараёни кўрсатиб ўтилган. №1 бўлак кесилгандан сўнг розеткалар 1, 2I, 2E, 3I, 3E даги ўқли (радиал) кучланишлар қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланди

$$\sigma_i^{axi} = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_i^{axi} + \mu\varepsilon_i^{cir}); \quad (1)$$

бу ерда $E=2,1 \times 10^5$ МПа – ғилдирак пўлатининг эластиклик модули; $\mu=0,28$ – Пуассон коэффициенти; ε_i^{cir} – айлана деформацияси; ε_i^{axi} – ўқли (радиал) деформация; i – розетканинг номери.

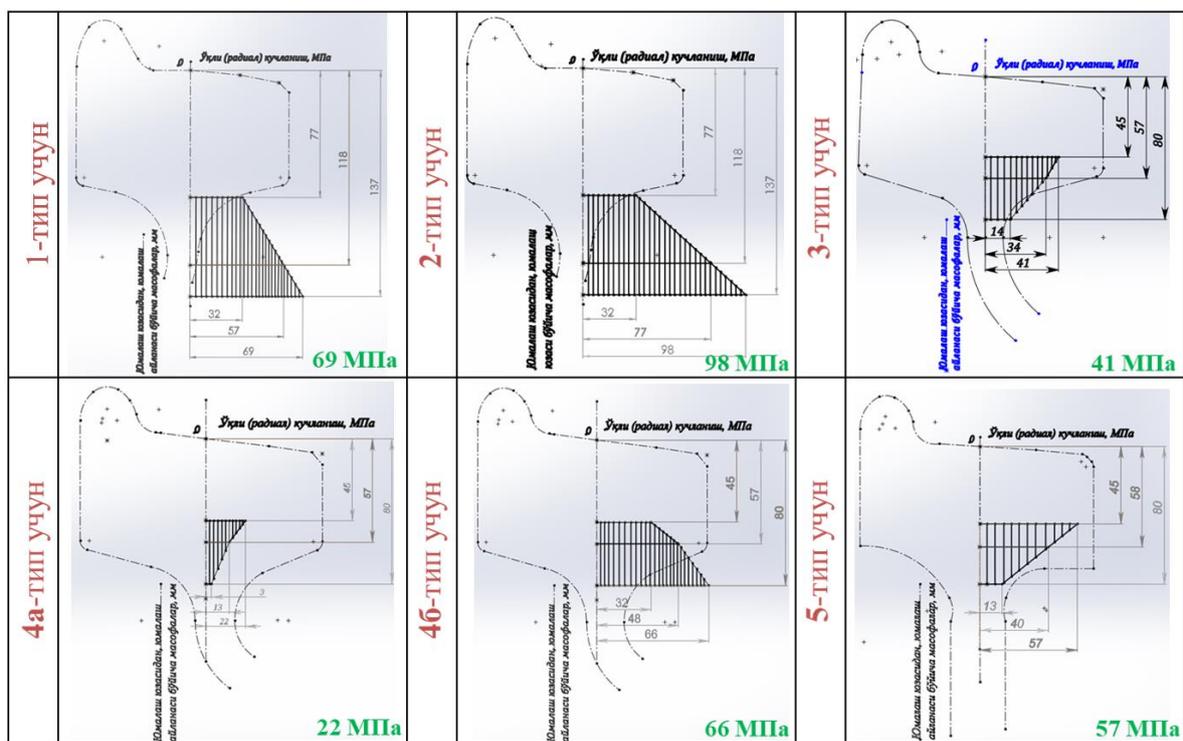
Ғилдиракнинг ўқли (радиал) деформациялари юқоридаги формула бўйича ободнинг юза ва остки қисмларига ўрнатилган розеткаларда 2E, 2I, 3E ва 3I ички (I – internal) ва ташқи (E – external) қисми учун ҳисобланади, №1 бўлак кесилгандан сўнг 2 ва 3 нуқталардаги ўртача ўқли (радиал) кучланишлар қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\sigma_2^{axi} = \frac{a}{a+b} \sigma_{2I}^{axi} + \frac{b}{a+b} \sigma_{2E}^{axi}; \quad (2)$$

$$\sigma_3^{axi} = \frac{c}{c+d} \sigma_{3I}^{axi} + \frac{d}{c+d} \sigma_{3E}^{axi}; \quad (3)$$

бу ерда a, b, c, d – ғилдиракнинг айланиш юзасидан ўрнатилган розеткаларгача бўлган масофалар.

Синов учун олиб келинган барча типдаги ғилдиракларни шу кетма-кетликда қолдиқ технологик кучланишлари аниқланди. Олинган натижалар бўйича кучланишларнинг охириги эпюралари тайёрланди (3-расм).



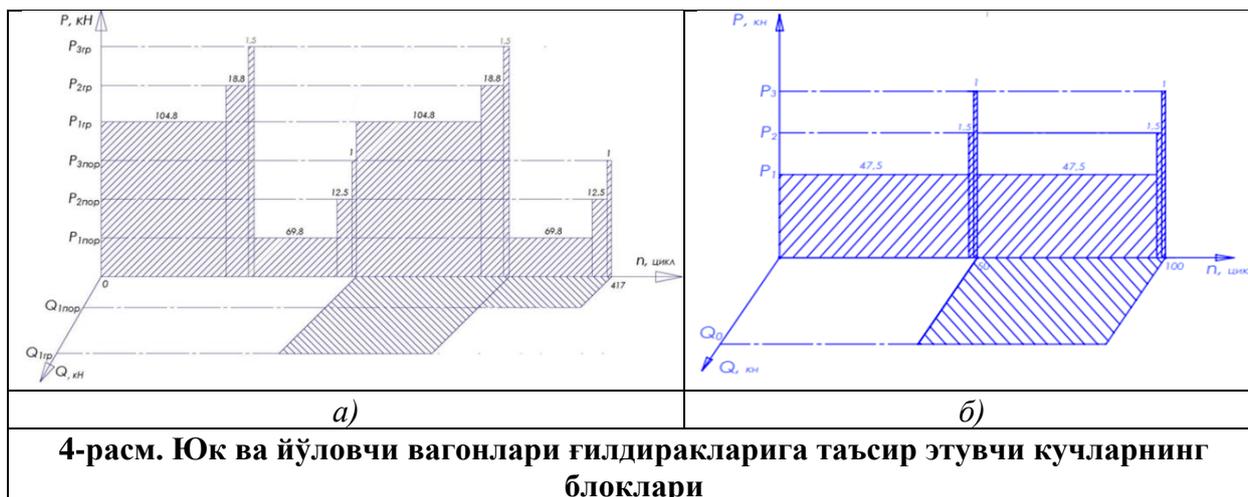
3-расм. Барча типдаги ғилдиракларнинг қолдиқ ўқли (радиал) кучланишларнинг охириги эпюралари

Синов натижасига кўра танлаб олинган беш типдаги ғилдиракларнинг барчасида қолдиқ кучланишлар мавжудлиги аниқланди. Кейинги бўлимларда ушбу кучланишларни ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамликнинг заҳира коэффиценти ҳисобланади ва уни баҳолаш услубиёти такомиллаштирилади.

Диссертациянинг “**Бутун юмаловчи ғилдиракларнинг дискидаги қолдиқ технологик кучланишларини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлик заҳирасини аниқлаш**” номли учинчи бобида бутун юмаловчи ғилдиракларнинг мустаҳкамлик заҳира коэффиценти ҳисоблаш қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олмаган ва олган ҳолда амалга оширилган. Ҳозирги кунда мавжуд меъёрий ҳужжатлар ғилдиракларнинг заҳира коэффицентларини ҳисоблашда фақатгина қолдиқ кучланишларни ҳисобга олмаган ҳолатда амалга оширишни назарда тутди.

Қолдиқ кучланишларни ҳисобга олмаган ҳолатда мустаҳкамликнинг заҳира коэффиценти аниқлаш қуйидаги кетма кетликда амалга оширилади.

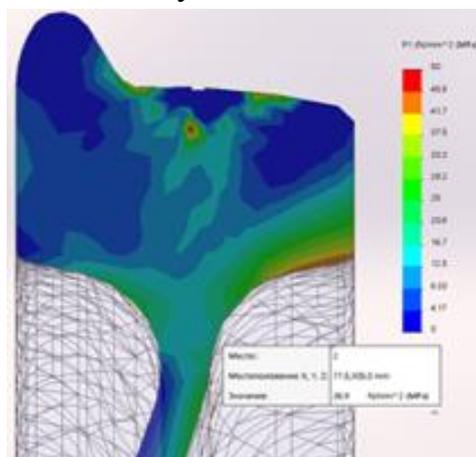
Ғилдиракларга эксплуатация жараёнида таъсир этувчи кучларнинг блоклари аниқлаб олинади, бунда юк вагонлари учун алоҳида (4-расм, а) ва йўловчи вагонлари учун алоҳида (4-расм, б) кўринишда бўлади. Ғилдиракларнинг уч ҳил ҳолатида таъсир этувчи кучлар қаралади: дефектсиз, ползун ва нотекис прокатга эга. Бундан ташқари вагонларнинг юкланган ва юкланмаган ҳолатлари инobatга олинади.



4-расм. Юк ва йўловчи вагонлари ғилдиракларига таъсир этувчи кучларнинг блоклари

Юк вагонларининг юксиз юриш коэффиценти 0,4 га тенглиги сабабли куч таъсир этиш блоклари 12 та деб олинади, йўловчи вагонларида эса 6 та блокда куч таъсир эттирилиб ҳосил бўлган кучланишлар аниқланади ва шу кучланишлар асосида эксплуатацияда ғилдиракда ҳосил бўладиган эквивалент кучланишлар аниқланади.

Ушбу блоклар бўйича таъсир этувчи кучлар қийматлари ҳисоблаб чиқилди. Барча типдаги ғилдиракларнинг 3D моделлари аниқ ўлчамлар асосида Solidworks дастури ёрдамида чизилди. Юқорида ҳисобланган кучлар Solidworks дастурининг Simulation бўлими орқали тайёрланган моделларга (5-расм) кетма-кет қўйилди ва чекли элементлар усули ёрдамида ҳосил бўлган кучланишлар ёзиб олинди.



5-расм. Чекли элементлар усули ёрдамида олинган натижалар

Чекли элементлар усули ёрдамида олинган натижаларнинг аниқлигини текшириш ва кейинчалик қолган типдаги ғилдиракларда ҳосил бўладиган кучланишларни ушбу усул ёрдамида аниқлаш мақсадида аналитик усулда Mathcad дастуридан фойдаланган ҳолда олинган натижалар билан таққосланди.

Аналитик усулда ҳисоблашда юқорида ҳисобланган кучларни ҳар бир блоки бўйича таъсир эттириш натижасида ҳосил бўлган кучланишлар қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланди:

$$\bar{\sigma}_{ij} = \sigma_{0i} \bar{P}_j \left(1 + 0,683 \frac{\bar{Q}_j}{\bar{P}_j} \right) \quad (4)$$

Чекли элементлар усули ёрдамида учинчи блокдаги вертикал 272 кН куч таъсир эттирилганда ғилдиракнинг обод остки қисмида 36 МПа кучланиш ҳосил бўлишини кўрсатди (5-расм). Худди шу блокдаги кучни аналитик формулалар ёрдамида таъсир эттириб кучланишни аниқлаганимизда 37 МПа бўлганлигини кўришимиз мумкин. Ушбу икки хил усулда олинган кучланишларни таққослаганимизда чекли элементлар усули ёрдамида олинган натижаларнинг аниқлиги 97% га тенглиги маълум бўлди. Бундан хулоса

шуки, қолган барча типдаги ғилдираклар учун аналитик усулда эмас чекли элементлар усули ёрдамида кучланиш қийматларини олишимиз мумкин.

Синов йўли билан аниқланган қолдиқ технологик кучланиш қийматлари ҳамда чекли элементлар усули ёрдамида олинган кучланиш натижаларини умумлаштириб эквивалент кучланишлар аниқланди:

Юк вагонлари ғилдираклари учун

$$\sigma_{a,\text{э}} = \sqrt{\frac{N_c}{N_o} \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^6 \frac{\lambda_j}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{ij}}}} \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \sigma^m e^{-\frac{(\sigma - (\bar{\sigma}_{ij} + \sigma_{\text{ост}}))^2}{2S_{\sigma_{ij}}^2}} d\sigma} \quad (5)$$

Йўловчи вагонлари ғилдираклари учун

$$\sigma_{a,\text{э}} = \sqrt{\frac{N_c}{N_o} \cdot \frac{0,5}{1+K_{\Pi}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} \frac{\lambda_j}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{ij}}}} \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \sigma^m e^{-\frac{(\sigma - (\bar{\sigma}_{ij} + \sigma_{\text{ост}}))^2}{2S_{\sigma_{ij}}^2}} d\sigma} \quad (6)$$

Аниқланган эквивалент кучланишлар бўйича ҳар бир типдаги ғилдиракнинг мустаҳкамлик заҳира коэффициентлари қуйидаги формула асосида ҳисоблаб топилди

$$n = \frac{\bar{\sigma}_k}{\sigma_{a,\text{э}}} \geq [n] \quad (7)$$

бу ерда $\bar{\sigma}_k$ – ғилдирак диски амплитудаси бўйича ҳисобий майдонининг чидамлилиқ чегараси;

$\sigma_{a,\text{э}}$ – ғилдиракларга эксплуатация жараёнида кучлар таъсир қилиши натижасида ҳосил бўлувчи эквивалент кучланишлар.

Заҳира коэффициентлари барча типдаги ғилдираклар учун қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олинмаган ва олинган ҳолатлари учун аниқланди ва қуйидаги кўринишга келтирилди (1-жадвал).

1-жадвал

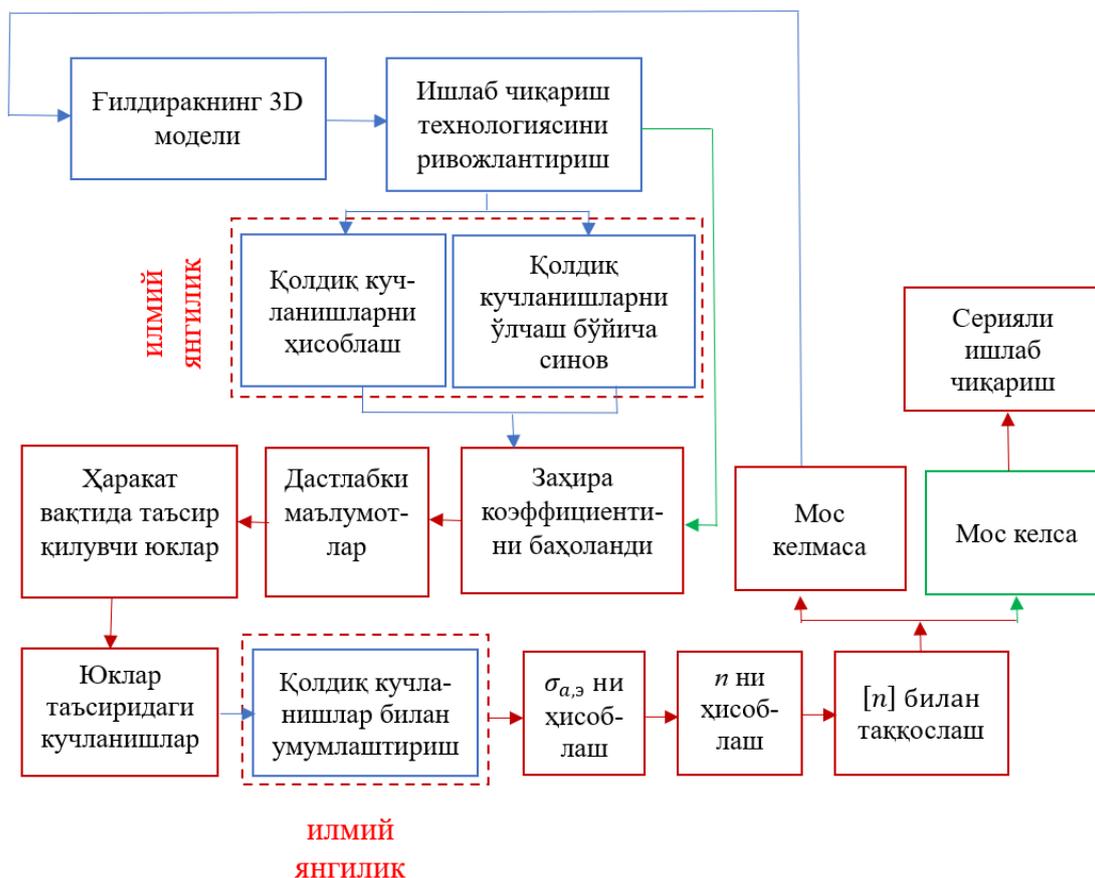
Қолдиқ кучланишлар ҳисобга олинмаган ва олинган ҳолатлари учун мустаҳкамликнинг заҳира коэффициентлари

Ғилдирак типи	Қолдиқ кучланишлар ҳисобга олинмаганда	Қолдиқ кучланишлар ҳисобга олинганда
1-тип	2,2	1,52
2-тип	2,5	1,48
3-тип	2,0	1,53
4-тип	2,2	1,47
5-тип	2,8	2,12

Мавжуд меъерий ҳужжатлар бўйича ғилдирак мустаҳкамлигининг заҳира коэффициентлари 2 га тенг ёки ундан юқори бўлиши керак. Бундан кўриниб турибдики, қолдиқ технологик кучланишлар ҳисобга олинмаганда ушбу меъерий ҳужжатларда келтирилган талаблар тўлақонли бажарилмоқда, аммо

ҳисобга олганимизда олинган натижалар талаб доирасида чиқмаганлигини кўришимиз мумкин.

Диссертациянинг “**Бутун юмаловчи ғилдираклар дискидаги қолдиқ кучланишларни ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамликнинг захира коэффицентларини аниқлашнинг умумлаштирилган услубиёти**” номли тўртинчи бобида барча типдаги бутун юмаловчи ғилдираклари учун қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамлигини баҳолаш услубиёти такомиллаштирилди (6-расм).



6-расм. Ғилдирак мустаҳкамлиги захира коэффицентини баҳолашнинг такомиллаштирилган услубиёти

Ушбу услубиёт аввал мавжуд бўлган лекин услубиётда қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олишмаган. Таклиф қилинаётган услубиётда (штрих чизиқлар билан белгиланган) қолдиқ технологик кучланишларни аниқлаш ва албатта эксплуатацияда ҳосил бўладиган кучланишлар билан умумлаштириб захира коэффицентини ҳисоблаш таклифи киритилди.

ХУЛОСА

Диссертация ишида ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдиракларининг мустаҳкамлик сифатларини аниқлаш усулини такомиллаштиришга қаратилган кенг қамровли тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулосалар келтирилган:

1. Ҳаракатланувчи таркиб бутун юмаловчи ғилдираклари дискида юзага келган носозликлар таҳлили шуни кўрсатдики, ҳақиқатдан ғилдиракларнинг хизмат муддати тугамасдан обод остки қисмида маълум бир ўлчамдаги ёриқлар ҳосил бўлиши ҳолатлари аниқланди ва ушбу ёриқларни ғилдиракнинг мустаҳкамлик сифати билан баҳолаб мавжуд услубиётни такомиллаштириш кераклиги белгилаб олинди.

2. Барча типдаги бутун юмаловчи ғилдиракларни бузиб назорат қилиш усули бўйича синов натижалари олинди, натижага кўра қолдиқ чўзилувчан ўқли (радиал) кучланишлар обод остки қисмида ва қисман обод қисмига тўғри келди ҳамда уларнинг қийматлари ғилдиракларнинг конструктив тузилиши ва таркибларидан келиб чиқиб 22 МПа дан 98 МПа гача оралиқдалиги аниқланди.

3. Текис диски 2 маркали пўлатдан тайёрланган бутун юмаловчи ғилдиракларнинг обод остки қисмидаги қолдиқ технологик кучланишлар қийматлари вақтинча қаршилик кўрсатиш қийматининг 8% ни ташкил қилди, Т маркали пўлатдан тайёрлангани 11% ER7 маркали пўлатдан тайёрланган қилдиракларнинг обод остки қисмидаги қолдиқ чўзилувчи кучланишлари шартли кучланиш чегарасининг 6 % ни, ER7 маркали пўлатдан тайёрланганлари эса 9% ни ташкил қилди.

4. Бутун юмаловчи ғилдиракларнинг обод остки қисмидаги қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олмасдан заҳира коэффицентлари ҳисобланди. Олинган натижалар вагонларни лойиҳалаш ва ҳисоблаш бўйича меъёрий ҳужжатга мос равишда 2 га тенг ва юқори чиқди.

5. Мустаҳкамликнинг заҳира коэффицентини ҳисоблашда қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олиш таклиф қилинди. Қолдиқ технологик кучланишларни ҳисобга олган ҳолда беш типдаги ғилдираклар учун мустаҳкамликнинг заҳира коэффицентлари ҳисобланди ва тўрттасида 1,5 га тенглиги аниқланди. Бу меъёрий талаблардаги 2,0 дан кам. Шу сабабли, ушбу типдаги ғилдиракларда хизмат муддати тугамасдан обод остки қисмда ёриқлар ҳосил бўлиши ҳолатлари кузатилмоқда деган хулосага келинди.

Шу боис, ғилдиракларнинг мустаҳкамлик сифатини баҳолашда такомиллаштирилган услубиётдан фойдаланиш обод остки қисмида юзага келадиган ёриқлар сонини камайтириш имконини беради.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ШОКУЧКОРОВ КУРБОННАЗАР САЛИМ УГЛИ

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ КОЛЕС
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С УЧЕТОМ ОСТАТОЧНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ**

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

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

Ташкент–2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2023.2.PhD/T3758.

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:

Рузметов Ядгор Озодович
кандидат технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Хамидов Отабек Рустамович
доктор технических наук, профессор

Турсунов Хуршид Махмуджанович
кандидат технических наук

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится __ август 2023 г. в __⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 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 - __). (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871)299-05-66)

Автореферат диссертации разослан __ август 2023 года.
(протокол реестра № __ от __ август 2023 года).

Р.В. Рахимов

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

Г.Ш. Абидова

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 диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется разработке новых конструкций всех подвижных колес железнодорожного подвижного состава и совершенствованию существующих, улучшению их динамических качеств и увеличению скорости движения при обеспечении безопасности движения поездов. В настоящее время в развитых странах большое внимание уделяется моделированию и проектированию современных конструкций с целью повышения надежности подвижного состава, улучшения его технико-экономических характеристик, снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт. Сегодня основной упор в использовании железных дорог делается на безопасную и своевременную доставку грузов и пассажиров к месту назначения. При этом учет неспособности всех подвижных колес обеспечить сохранность подвижного состава и доставку грузов до безопасного места назначения считается одной из актуальных проблем современности.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование конструкций железнодорожного подвижного состава, внедрение новых типов колес и повышение их прочности и надежности, а также выявление наблюдаемых неисправностей, связанных с колесами подвижных колес железнодорожного подвижного состава в процессе эксплуатации. Приоритетными и перспективными считаются исследования коэффициентов запаса прочности и напряженного состояния всех цельнокатаных колес. По этой причине научные исследования, направленные на повышение устойчивости и отказоустойчивости всего катящегося колеса, которое считается основным элементом подвижного состава, являются одной из актуальных задач современности.

В нашей республике с целью повышения уровня обслуживания пассажиров и грузов и безопасности их перевозок к пункту назначения осуществляется ряд мероприятий. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены важные задачи, такие как, «...развитие единой транспортной системы во взаимосвязи со всеми видами транспорта ..., развитие рынка транспортных и логистических услуг и инфраструктуры ..., расширение «зеленых коридоров» и транзитных возможностей в транспортной системе ...»². Для реализации этих задач, в частности, одним из важнейших направлений является совершенствование методики оценки прочностных качеств цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений. Улучшение прочностных качеств колес в первую очередь повышает безопасность движения подвижного состава и создаст возможность полноценного использования срока службы цельнокатаных колес.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решением задач, предусмотренных Законами Республики Узбекистан № ЗРУ-

² Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

706 от 9 августа 2021 года «О транспорте» и № 766-I от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте», Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3422 от 2 декабря 2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018-2022 годы», 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 по определению остаточных технологических напряжений и их уменьшению в колесах подвижного состава проводились рядом ученых из стран СНГ, такими как Ю.П. Бороненко, Т.А. Борисова, Г.Я. Дымкин, Р.Б. Зарипов, И.А. Иванов, С.И. Иванов, Д.П. Кононов, С.А. Краснобрыжий, Г.Ф. Мальков, П.Ф. Миронов, С.Н. Поляков, Э.В. Приходько, В.Я. Савенков, К.Ф. Стародубов, И.Г. Узлов, М.П. Шатунов, А.В. Шевелев, А.В. Якушев, а также зарубежными учеными, среди которых Y. Okagata, K. Wang, R. Pilon, C. Kuhlman, H. Sehitoglu, M. Gallagher и другие.

В нашей стране исследования возникновения неисправностей в колесах грузовых и пассажирских вагонов, факторов, влияющих на срок службы и решения, направленные на их исключение были проведены А.Д. Глущенком, Ш.С. Файзибаевым, Г.А. Хромовой, Р.В. Рахимовым, О.Р. Хамидовым, З.Г. Адиловой, Р.П. Нигаем, С.А. Хромовым, Р.М. Миноваровым и другими учеными.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что несмотря на многообразие исследований неисправностей колес подвижного состава и научных решений по их устранению, а также вопросов определения остаточных технологических напряжений, в настоящее время не изучено подробно влияние остаточных технологических напряжений на прочность колеса и уменьшение его коэффициента запаса прочности.

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 единого комплексного плана повышения безопасности и технического уровня АО «Узбекистон темир йуллари».

Целью исследования является совершенствование методики оценки прочностных качеств цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений.

Задачи исследования:

провести анализ неисправностей, связанных с диском цельнокатаных колес грузовых и пассажирских вагонов;

определить уровень остаточных напряжений цельнокатаных колес после производства исходя из их конструктивных особенностей;

провести оценку напряжений, возникающих при действии на различные типы цельнокатаных колес переменных вертикальных и горизонтальных сил;

рассчитать коэффициент запаса прочности выбранных цельнокатаных колес с учетом определенных экспериментальным путем остаточных технологических напряжений;

совершенствование методики оценки коэффициента запаса прочности цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений в дисках.

Объектом исследования является цельнокатаное колесо.

Предметом исследования является прочность цельнокатаного колеса.

Методы исследования. В процессе исследований использовались методы разрушающего контроля и конечных элементов, для прочностных испытаний применялась программа Solidworks, для аналитического и математического расчета коэффициента запаса применялась программа Mathcad.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены остаточные технологические напряжения в цельнокатаных колесах грузовых и пассажирских вагонов с прямолинейным, плоскоконическими и криволинейными дисками с применением метода разрушающего контроля;

определено напряженное состояние цельнокатаных колес грузовых и пассажирских вагонов с учетом эксплуатационных и остаточных технологических напряжений в дисках, позволяющее с достоточной точностью измерить коэффициент запаса прочности цельнокатаных колес вагонов;

рассчитаны коэффициенты запаса прочности цельнокатаных колес грузовых и пассажирских вагонов с учетом эксплуатационных и остаточных технологических напряжений в дисках, позволяющие определить срок службы цельнокатаных колес вагонов;

усовершенствована методика оценки запаса прочности цельнокатаных колес железнодорожного подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений в дисках, позволяющая с достоточной точностью измерить коэффициенты запаса прочности цельнокатаных колес вагонов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определена по разрушающим методом остаточных технологических напряжений, возникающих при производстве и термической обработке цельнокатаных колес подвижного состава;

усовершенствована методика оценки прочностных качеств цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений.

Достоверность результатов исследования

это подтверждается использованием современных цифровых методов в теоретических исследованиях, апробированного программного обеспечения в инженерной практике, сертифицированных и калиброванных средств измерений в экспериментах и испытаниях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в научно обоснованном совершенствовании методики расчета коэффициента запаса прочности и оценки прочностных качеств с учетом остаточных технологических напряжений.

Практическая значимость результатов исследования заключается в аналитическом и экспериментальном обосновании решений, направленных на определение неисправностей, возникающих при эксплуатации на диске цельнокатаного колеса и их исключение, а также возможности полноценного использования срока службы цельнокатаного колеса.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по совершенствованию методики оценки прочностных качеств цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений:

усовершенствованная методика оценки прочностных качеств с учетом остаточных технологических напряжений в колесах железнодорожного подвижного состава на АО «Ташкентском вагоностроительно-ремонтном заводе» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан № Е-53 от 3 июля 2023 года). В результате был достигнут длительный срок службы колес.

методика расчета коэффициента запаса прочности с учетом остаточных технологических напряжений на колесах грузовых и пассажирских вагонов внедрена в «Ташкентский региональный железнодорожный узел» (справка № Е-53 Минтранса Республики Узбекистан от 03 июля 2023 года). В результате за счет продления срока службы колес экономическая эффективность составила 590 млн.сум.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 научных конференциях, в том числе на 1 научной конференции, индексируемой в международной реферативной базе данных Scopus, на 3 международных и 1 республиканской научной конференции.

Опубликованность результатов исследования. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 16 научных работах, в том числе 4 работы в ведущих научных журналах, включенных в перечень

изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикаций основных научных результатов докторских диссертаций, а также зарегистрирован 1 программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 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 **«Состояние вопроса, обоснование и формулирование решаемой проблемы»** проведен анализ неисправностей, связанных с диском цельнокатаных колес подвижного состава. В результате проведенных анализов выявлены случаи появления трещин в зоне перехода диска в обод, а также установлено, что выявленные трещины носят выраженный сезонный характер.

В период развития железных дорог увеличение протяженности участков, осевой нагрузки и объема грузооборота непосредственно влечет за собой и увеличение случаев возникновения вышеупомянутой проблемы. Стоит отметить, что последствия подобного рода неисправностей связаны с большим экономическим ущербом, что делает данный вопрос еще более актуальным.

Установлено, что трещина в диске колеса связана с прочностным качеством колеса. Определена необходимость совершенствования методики оценки прочностных качеств цельнокатаного колеса с учетом остаточных технологических напряжений.

Во второй главе диссертации **«Распределение остаточных технологических напряжений в цельнокатаных колесах»** экспериментальным методом, согласно действующим нормативным документам, определены остаточные технологические напряжения цельнокатаных колес нескольких типов, имеющих различные геометрические размеры и химический состав.

На первом этапе исследования произведенные колеса были доставлены к месту проведения испытаний и определена последовательность испытания. Были отмечены линии огневой вырезки и линии установки тензорезисторов (рис 1, а). Тензорезисторы устанавливались в отмеченных точках и

подключались к тензометрической аппаратуре, которая после была сбалансирована к нулю. При огневой резке тензометрическая аппаратура оставалась включенной. Температура нагрева сегмента колеса в процессе резки контролировалась дистанционным термометром (тепловизором). Резка продолжалась до достижения температуры 500 °С, а при превышении указанной величины резка прекращалась до остывания сегмента.

На следующем этапе посредством огневой резки был отделен сегмент колеса (рис. 1, б) и после приема сигналов одинаковой частоты были зарегистрированы показатели изменения деформации.

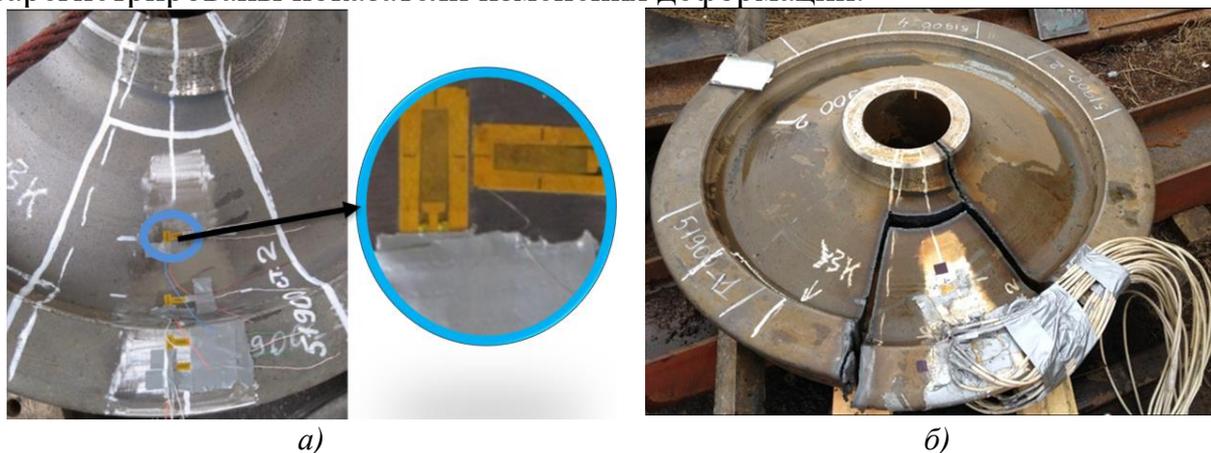


Рис. 1. Линии огневой резки цельнокатаного колеса и установки тензорезисторов (а) и отделенный от колеса сегмент (б)

После огневой резки отделенный сегмент был доставлен в цех механической обработки. В результате разреза сегмента на ленточнопильном станке на несколько блоков были зарегистрированы изменения деформации.



Рис. 2. Отделение сегмента на сектора с помощью ленточнопильного станка

При каждом процессе резки сегмента на блоки тензометрическая аппаратура оставалась активной. На рисунке 2 показан процесс резки сегмента на ленточнопильном станке на несколько блоков. Осевые (радиальные) напряжения в розетках 1, 2I, 2E, 3I, 3E после отделения сектора от колеса вычислялись по формуле:

$$\sigma_i^{axi} = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_i^{axi} + \mu\varepsilon_i^{cir}); \quad (1)$$

где $E=2,1 \times 10^5$ МПа – модуль упругости колесной стали; $\mu=0,28$ – коэффициент Пуассона; ε_i^{cir} – окружная деформация; ε_i^{axl} – осевая (радиальная) деформация; i – номер розетки.

Осевые деформации в розетках 2I, 2E, 3I, 3E определяются для внутренней (I – internal) и наружной (E – external) поверхностей обода и прибородной части колеса, а средние осевые (радиальные) напряжения в точках 2 и 3 после отделения сектора № 1 от колеса вычисляются по следующим формулам:

$$\sigma_2^{axi} = \frac{a}{a+b} \sigma_{2I}^{axi} + \frac{b}{a+b} \sigma_{2E}^{axi}; \quad (2)$$

$$\sigma_3^{axi} = \frac{c}{c+d} \sigma_{3I}^{axi} + \frac{d}{c+d} \sigma_{3E}^{axi}; \quad (3)$$

где a, b, c, d – расстояния от мест наклейки розеток до плоскости круга катания колеса.

Далее были определены остаточные технологические напряжения для всех типов колес. По полученным результатам были построены конечные эпюры распределения осевых напряжений (рис. 3).

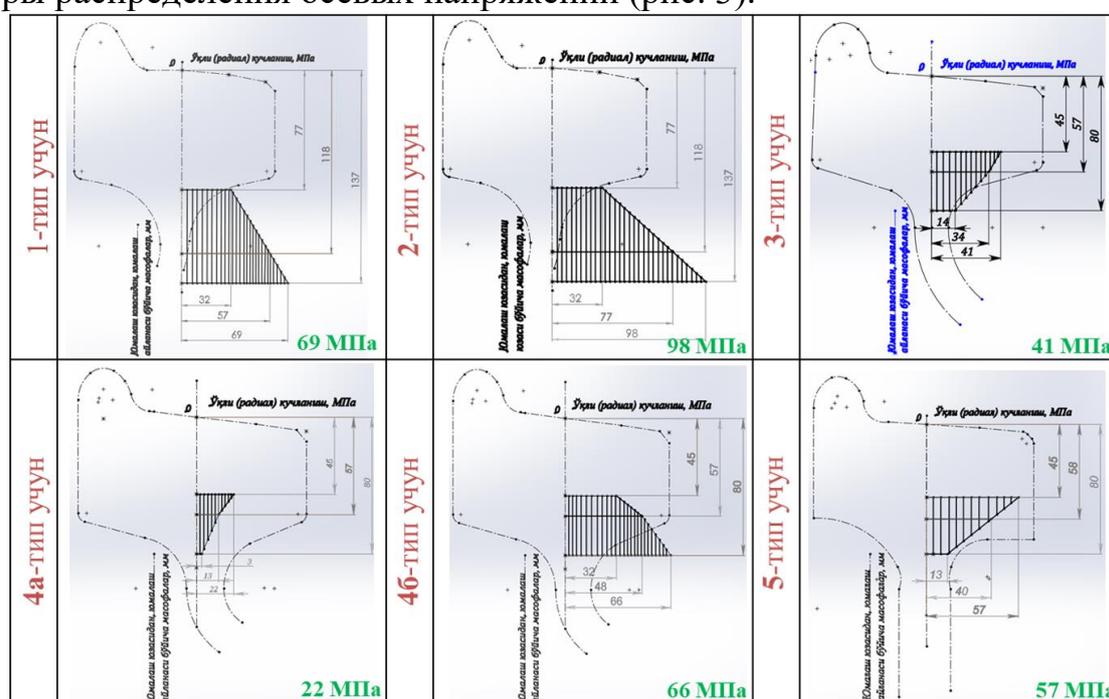


Рис. 3. Конечные эпюры распределения осевых напряжений всех типов колес

Определено, что во всех пяти типах колес имеются остаточные напряжения. В последующих главах приводится расчет коэффициент запаса прочности с учетом остаточных напряжений и предоставляется усовершенствованная методика этих расчетов.

В третьей главе диссертации «**Определение запаса прочности цельнокатаных колес с учетом остаточных технологических напряжений в дисках**» были выполнены расчеты коэффициента запаса прочности цельнокатаных колес с учетом и без учета остаточных технологических напряжений. В настоящее время действующие нормативные документы подразумевают расчет коэффициента запаса прочности без учета остаточных технологических напряжений.

Расчет коэффициента запаса прочности без учета остаточных технологических напряжений выполняется в следующей последовательности. Определяется блок сил, действующих на колеса при эксплуатации, при этом

для грузовых вагонов (рис. 4, а) блок выглядит отличительно от блока сил пассажирских вагонов (рис. 4, б). При воздействии сил колесо рассматривается в трех состояниях: без дефектов, с ползуном, при неравномерном прокате. Кроме того, учитывается груженое и порожнее состояние вагонов. Учитывая, что коэффициент порожнего пробега грузовых вагонов равен 0,4, принималось 12 блоков действующих нагрузок, а для пассажирских вагонов – 6 блоков нагрузок. Под воздействием блока нагрузок определялись возникающие напряжения и на основе этих напряжений вычислялись эквивалентные напряжения, возникающие при эксплуатации.

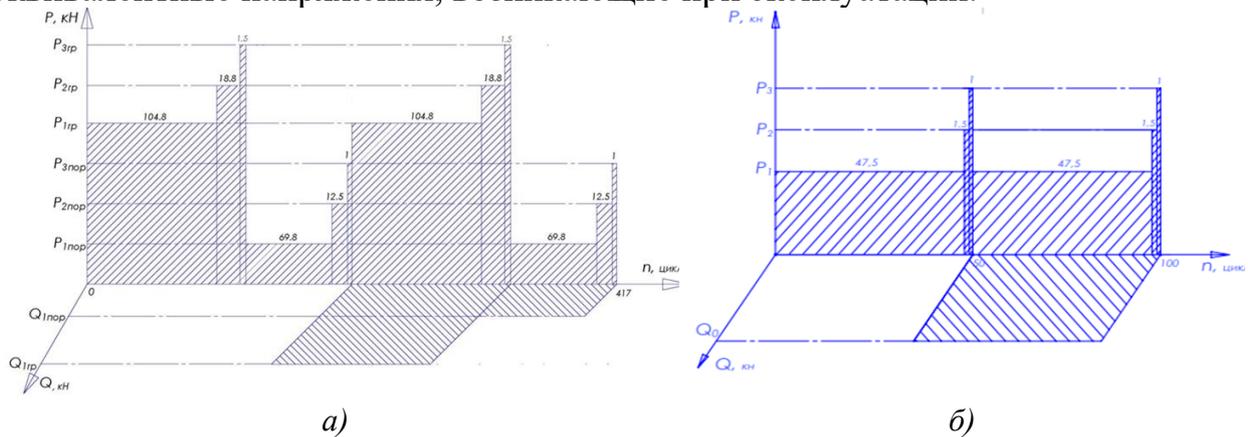


Рис.4. Блок нагрузок, действующих на колеса грузовых и пассажирских вагонов

По этим блокам были определены значения действующих сил. 3D модели всех типов цельнокатаных колес были созданы в программном комплексе Solidworks. Выше определенные силы были последовательно приложены на созданные модели (рис. 5) в разделе Simulation в программном комплексе Solidworks и при помощи метода конечных элементов получены возникающие напряжения.

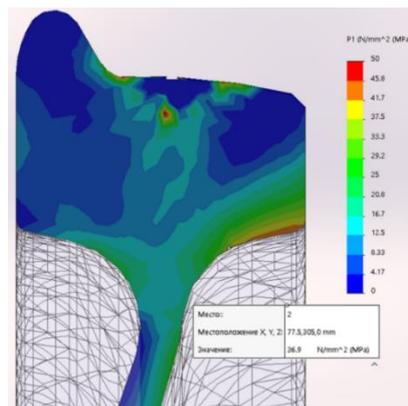


Рис. 5. Результаты, полученные методом конечных элементов

Для проверки результатов, полученных методом конечных элементов, были проведены аналитические расчеты в среде Mathcad, результаты которых далее были сопоставлены с ранее полученными. При аналитическом расчете вычисление напряжений под воздействием блока нагрузок выполнялось согласно формуле:

$$\bar{\sigma}_{ij} = \sigma_{0i} \bar{P}_j \left(1 + 0,683 \frac{\bar{Q}_j}{\bar{P}_j} \right) \quad (4)$$

Определено, что под воздействием вертикальной нагрузки силой 272 кН методом конечных элементов в приободном участке возникают напряжения величиной 36 МПа (рис. 5). В этом же блоке при аналитических расчетах результаты вычислений показывают напряжение 37 МПа. Сравнение результатов расчетов методом конечных элементов и аналитических расчетов показывают сходимость результатов в 97%. Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что для дальнейших расчетов целесообразно использовать метод конечных элементов.

Обобщая значения остаточных напряжений, полученные экспериментальными и методом конечных элементов, вычисляются эквивалентные напряжения:

Для колес грузовых вагонов

$$\sigma_{a,э} = \sqrt{\frac{N_c}{N_o} \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^6 \frac{\lambda_j}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{ij}}}} \int_{\sigma_{min}}^{\sigma_{max}} \sigma^m e^{-\frac{(\sigma - (\bar{\sigma}_{ij} + \sigma_{ост}))^2}{2S_{\sigma_{ij}}^2}} d\sigma} \quad (5)$$

Для колес пассажирских вагонов

$$\sigma_{a,э} = \sqrt{\frac{N_c}{N_o} \cdot \frac{0,5}{1+K_{\Pi}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} \frac{\lambda_j}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{ij}}}} \int_{\sigma_{min}}^{\sigma_{max}} \sigma^m e^{-\frac{(\sigma - (\bar{\sigma}_{ij} + \sigma_{ост}))^2}{2S_{\sigma_{ij}}^2}} d\sigma} \quad (6)$$

По эквивалентным напряжениям определяется коэффициент запаса прочности для каждого типа цельнокатаного колеса по выражению

$$n = \frac{\bar{\sigma}_K}{\sigma_{a,э}} \geq [n] \quad (7)$$

где $\bar{\sigma}_K$ – средний предел выносливости по амплитуде диска колеса в расчетной зоне;

$\sigma_{a,э}$ – расчетная величина амплитуды условного стационарного процесса нагружения колеса.

Итого определены коэффициенты запаса прочности для всех типов колес с учетом и без учета остаточных технологических напряжений, результаты которых сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Коэффициенты запаса прочности с учетом и без учета остаточных технологических напряжений

Тип колеса	Без учета остаточных технологических напряжений	С учетом остаточных технологических напряжений
1-тип	2,2	1,52
2-тип	2,5	1,48
3-тип	2,0	1,53
4-тип	2,2	1,47
5-тип	2,8	2,12

Согласно действующим нормативным документам коэффициент запаса прочности должен быть равен или больше 2. Из расчетов видно, что при

расчетах без учета остаточных технологических напряжений значение коэффициента запаса прочности соответствует требованиям нормативных документов, а при учете остаточных технологических напряжений требование не выполняется.

В четвертой главе диссертации «Комплексная методика определения коэффициента запаса сопротивления усталости колес цельнокатаных с учетом остаточных напряжений в дисках» совершенствована методика оценки прочностных качеств для всех типов цельнокатаных колес подвижного состава с учетом остаточных технологических напряжений (рис. 6).

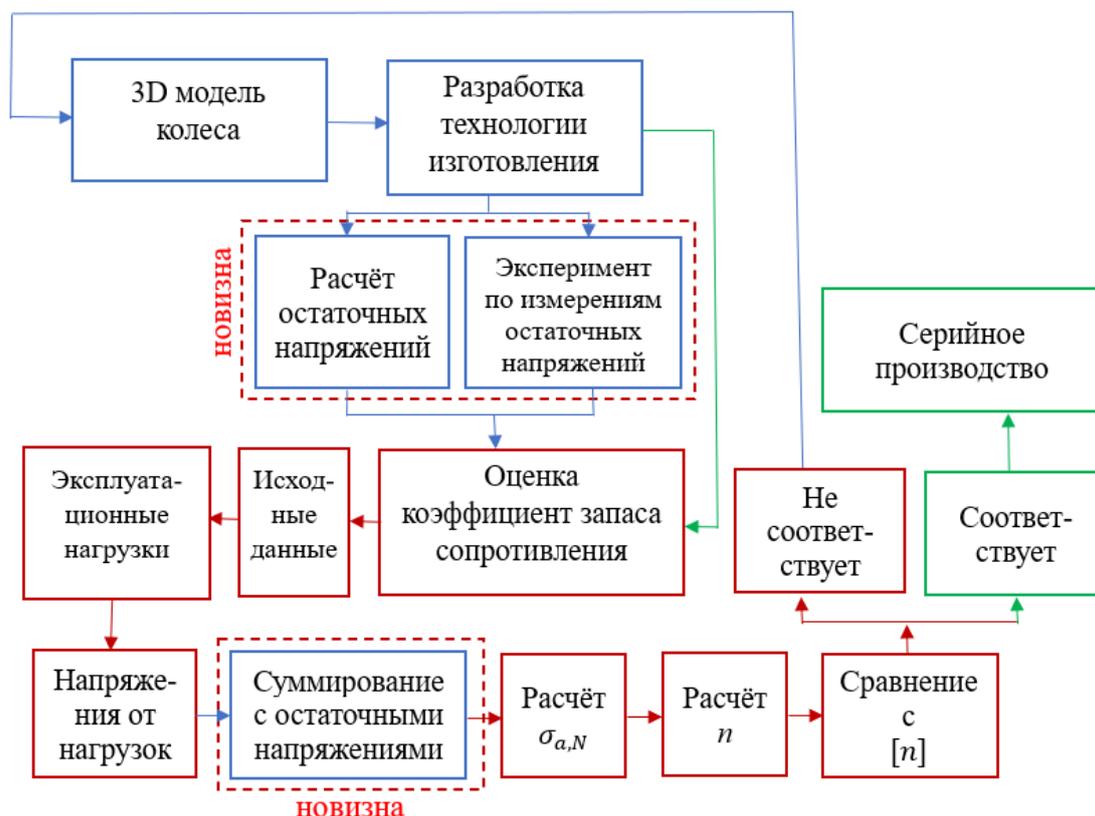


Рис. 6. Совершенствованная методика оценки коэффициента запаса прочности колеса

Данная методика существовала и ранее, но не подразумевала учет остаточных технологических напряжений при расчетах. В предлагаемой методике (красные штрих линии) при расчетах коэффициента запаса прочности предлагается определять остаточные технологические напряжения и суммировать их с напряжениями, возникающими при эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование методики определения коэффициента запаса прочности цельнокатаного колеса подвижного состава, при этом:

1. Анализ неисправностей дисков цельнокатаных колес подвижного состава показал, что до истечения срока службы колес в приободной зоне появляются трещины определенных размеров, которые влияют на прочностные качества колеса, в связи с чем было принято решение о совершенствовании методики оценки прочностных качеств цельнокатаного колеса.

2. Для всех типов цельнокатаных колес получены экспериментальные результаты посредством разрушающего контроля, согласно которым остаточные осевые (радиальные) напряжения приходятся в приободную и частично в ободную зону колеса, а их значения, исходя из конструктивных особенностей, находятся в пределах от 22 до 98 МПа.

3. Уровень остаточных напряжений в приободной зоне колеса цельнокатаного с прямолинейным диском из стали марки 2 составляет 8% от минимального значения временного сопротивления, из стали марки Т – 11%. Для колес из стали марки ER7 уровень остаточных растягивающих напряжений в приободной зоне 6% от условного предела текучести, из стали ER9 – 9%.

4. Определены коэффициенты запаса прочности цельнокатаных колес без учета остаточных технологических напряжений в приободной зоне. Полученные результаты соответствуют требованиям нормативных документов и оказались равны или выше 2.

5. Результаты расчетов коэффициентов запаса прочности для пяти типов цельнокатаных колес с учетом остаточных технологических напряжений в приободной зоне показали значения 1,5 для четырех типов колес, что меньше требуемого значения нормативных документов. В связи с этим сделан вывод, что именно по этой причине в данных типах колес до окончания срока службы возникают трещины в приободной зоне.

Поэтому, использование усовершенствованной методики при оценке прочностных качеств цельнокатаных колес даст возможность снизить количество случаев возникновения трещин в приободной зоне.

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

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

SHOKUCHKOROV KURBONNAZAR SALIM UGLI

**EVALUATION OF STRENGTH QUALITIES OF SOLID-ROLLED
ROLLING STOCK WHEELS TAKING INTO ACCOUNT RESIDUAL
TECHNOLOGICAL STRESSES**

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–2023

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under B2023.2.PhD/T3758.

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:	Ruzmetov Yodgor Ozodovich candidate of technical sciences, professor
Official opponents:	Khamidov Otabek Rustamovich doctor of technical sciences, professor Tursunov Khurshid Maxmudjanovich candidate of technical sciences
Leading organization:	Jizzakh Polytechnic Institute

The defense will be take place at __ on August __, 2023 at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.07 Tashkent state transport university. (Address: 1, Temiryo'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 - __). (Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent, 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on August __, 2023.
(mailing recort No __ on August __, 2023).

R.V. Rakhimov

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

G.Sh. Abidova

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 research the aim is to improve the methodology for assessing the strength qualities of solid-rolled wheels of rolling stock, taking into account residual technological stresses.

Tasks of the research:

to analyze malfunctions related to the disc of solid-rolled wheels of freight and passenger cars;

to determine the level of residual stresses of solid-rolled wheels after production based on their design features;

to assess the stresses arising from the action of variable vertical and horizontal forces on various types of solid-rolled wheels;

calculate the safety factor of the selected solid-rolled wheels, taking into account the residual technological stresses determined experimentally;

improvement of the methodology for assessing the safety factor of solid-rolled wheels of rolling stock, taking into account residual technological stresses in the discs.

The scientific novelty of the research consists of:

residual technological stresses were determined in solid-rolled wheels of freight and passenger wagons with straight, flat-conical and curved disks using the destructive testing method;

the stress state of solid-rolled wheels of freight and passenger wagons was determined, taking into account operational and residual technological stresses in the disks, which makes it possible to accurately measure the safety factor of solid-rolled wheels of wagons;

safety factors for solid-rolled wheels of freight and passenger wagons were calculated, taking into account operational and residual technological stresses in the disks, which made it possible to determine the service life of solid-rolled wheels of wagons;

the methodology for assessing the safety factor of solid-rolled wheels of railway rolling stock has been improved, taking into account the residual technological stresses in the disks, which makes it possible to accurately measure the safety factors of solid-rolled wagon wheels.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a bibliographical references and annexes. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I булим (I часть; I part)

1. Shokuchkorov K.S. Determination of residual stresses in the discs of solid-rolled wheels of freight and passenger cars by strain gauge method / Ya.O. Ruzmetov, K.S. Shokuchkorov // The scientific journal vehicles and roads. – 2023. – № 3. – P. 24 – 30 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 283/7.1-сон қарори).

2. Шокучқоров К.С. Влияние остаточных напряжений на прочность железного колеса / К.С. Шокучқоров, Б.А. Абдуллаев, Х.А. Рахматов, Ж.А. Абдирахманов, С.Б. Намозов // Машинасозлик илмий-техника журнали – 2022. – № 3. – С. 84 – 92. (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 310/10-сон қарори).

3. Shokuchkorov K.S. Analysis of destruction of wheel disks of solid-rolled rolling stock in operation / K.S. Shokuchkorov // The scientific journal vehicles and roads. – 2023. – № 3. – P. 39 – 45 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 283/7.1-сон қарори).

4. Shokuchkorov K.S. Results of calculating the strength of a wheel disk of a freight wagon in accordance with current standards / Ya.O. Ruzmetov, K.S. Shokuchkorov // AIP Conference Proceedings 2612, 060006 (2023); – P. 1 – 11 (Scopus IF = 2,16).

5. Shokuchkorov K.S. Analysis in solidworks software of the strengths generated in the underground part of the wagons as a result of the impact of force on the entire wheels of wagons / Ya.O. Ruzmetov, K.S. Shokuchkorov // Scientific and Technical Journal of NamIET. – 2023. – № 2. – P. 265 – 269 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2019 йил 30 ноябрдаги 288/33-сон қарори).

II бўлим (II часть; II part)

6. Shokuchkorov K.S. Assessment of the strength properties of solid-rolled wheels of type 2 freight wagon, taking into account the residual process stress / K.S. Shokuchkorov, Ya.O. Ruzmetov, R.M. Yoldoshev // Journal of innovative studies of engineering science (JISES) – Volume: 02 Issue: 05 / 2023. – p. 307–312.

7. Шокучқоров К.С. Остаточные технологические напряжения в цельнокатаных колесах после упрочняющей обработки / К.С. Шокучқоров, Б.А. Абдуллаев, Ш.Б. Джаббаров, Х.А. Рахматов, Р.М. Йолдошов, Б.Ш. Жумабеков // Интернаука. – 2022. – № 31 (254). – С. 43 – 47.

8. Shokuchkorov K.S. 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. Abdurahmonov, D. Zafarov // Молодой ученый. – 2022. – № 45 (440). – С. 49 – 53.

9. Шокучков К.С. Оценка прочности цельнокатаных колес с коническими дисками и учетом остаточного технологического напряжения / Р.В. Рахимов, Я.О. Рузметов, Ш.Б. Джаббаров, С.Г. Инагамов // XII международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию белорусской железной дороги. Гомель, 24–25 ноября 2022 г. – С. 194 – 195.

10. Shokuchkorov K.S. Analysis of the stresses resulting from vertical and horizontal forces acting on the wheel in solidworks software / K. Shokuchkorov, R. Raximov, Ya. Ruzmetov, Sh. Djabbarov, R. Yoldoshov // UNIVERSUM. – 2023. – № 2 (107). – p. 65 – 69.

11. Шокучков К. С. Вагон ғилдираклари колдик кучланишини ҳисобга олган ҳолда мустаҳкамликнинг захира коэффициенти баҳолаш / К.С. Шокучков, Ш.Б. Джаббаров, Р.М. Йолдошов, Б.А. Абдуллаев // IQRO JURNALI / 2023. VOL–2 ISSUE–1.

12. Zairova D.N. Results of calculating the strength of a wheel disk of a freight wagon in accordance with current standards / D.N. Zairova, M.N. Kadirov, N.K. Khojiev, F.F. Khikmatov, K.S. Shokuchkorov, G.S. Mustaeva // AIP Conference Proceedings 2612, 060006 (2023); – P. 1 – 11 (Scopus IF = 2,16).

13. Shokuchkorov K.S. G‘ildirakga ta’sir etuvchi vertikal va gorizontal kuchlarning solidworks dasturida tahlili // Journal of Advanced Research and Stability. In Vol. 1 No. 6 (2021).

14. Shokuchkorov K.S. Analysis method for assessing the strength of freight wagon wheels / K. Shokuchkorov, Ya. Ruzmetov, R. Raximov, R. Yoldoshov, // 4th International Conference on Advance Research in Humanities, Applied Sciences and Education-2022. – New York, USA on July 28th 2022. – P. 171 – 182.

15. Шокучков К.С. Оценка коэффициента запаса прочности колес грузовых вагонов с учетом остаточного технологического напряжения / К.С. Шокучков, Я.О. Рузметов // “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari. – Toshkent: “TDTU”, 2022. – В. 654 – 658.

16. Программа для определения параметров распределений нагрузок действующих на колесо при движения поезда: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 15741 от 28.04.2022 Республика Узбекистан / Шокучков К.С., Рахимов Р.В., Рузметов Я.О., Джаббаров Ш.Б., Йолдошов Р.М., Абдуллоев М.Қ.; заявл. № DGU 2022 0587 от 13.02.2022; опубл. 17.02.2022; бюл. № 3.

Автореферат “ТДТрУ хабарномаси” илмий-амалий журнали
таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди
(___.08.2023 й).

Қоғоз бичими: 84x60-1/16. Ризограф босма усули Times New Roman гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3 б.т. Адади 100 нусха. Буюртма № __ - __/2023.
Нашрга рухсат этилди: __.08.2023 й.

Гувоҳнома № _____.
“Тірограф” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.

