

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**PhD.15/31.08.2022.T.73.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ҲИКМАТОВ ФАРҲОД ФАЗЛИДДИН ЎҒЛИ**

**ДИНАМОМЕТРИК ВАГОННИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ ТАНЛАШ ВА**  
**АСОСИЙ ТЕХНИК ЕЧИМЛАРИНИ ИЛМИЙ АСОСЛАШ**

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

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

**Тошкент–2022**

**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**

<b>Хикматов Фарход Фазлиддин ўғли</b> Динамометрик вагоннинг параметрларини танлаш ва асосий техник ечимларини илмий асослаш.....	3
<b>Хикматов Фарход Фазлиддин угли</b> Выбор параметров и научное обоснование основных технических решений динамометрического вагона.....	21
<b>Khikmatov Farkhod Fazliddin ugli</b> Selection of parameters and scientific substantiation of the main technical solutions for a dynamometric wagon.....	39
<b>Эълон қилинган ишлар рўйхати</b> Список опубликованных работ List of published works.....	43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**PhD.15/31.08.2022.Т.73.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ҲИКМАТОВ ФАРҲОД ФАЗЛИДДИН ЎҒЛИ**

**ДИНАМОМЕТРИК ВАГОННИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ ТАНЛАШ ВА**  
**АСОСИЙ ТЕХНИК ЕЧИМЛАРИНИ ИЛМИЙ АСОСЛАШ**

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

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

**Тошкент–2022**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестатция комиссиясида В2022.4.PhD/Т3207 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](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Рахимов Рустам Вячеславович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Третьяков Александр Владимирович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Зайниддин Нуриддин Савранбекович**  
техника фанлари номзоди

**Етакчи ташкилот:**

**Жиззах политехника институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги PhD.15/31.08.2022.Т.73.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил 29 декабрь соат 10<sup>00</sup> 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 (074 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент шаҳри, Темирийўлчи кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66)

Диссертация автореферати 2022 йил 17 декабрь куни тарқатилди.  
(2022 йил 17 декабрдаги 001 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.н., доцент

**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 поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминлаш, янги ва мавжуд ҳаракатланувчи таркиб конструкцияларини ишлаб чиқиш, уларнинг динамик хусусиятларини яхшилаш, ҳаракат тезлигини ошириш, тара оғирлигини камайтириш ва юк кўтариш қобилиятини ошириш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда замонавий янги авлод ҳаракатланувчи таркиб конструкцияларининг ишончлилигини ошириш, техник-иқтисодий хусусиятларини яхшилаш, капитал таъмирлаш ишларини кўпайтириш ҳисобига техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш харажатларини камайтириш мақсадида уларни моделлаштириш ва лойиҳалашга катта эътибор қаратилмоқда. Ҳаракатланувчи таркибнинг танқислиги ва темир йўл тармоғининг юк кўп бўлган участкаларининг ташиш ва ўтказиш қобилиятини ошириш учун захиралар мавжуд эмаслиги сабабли ташиш ҳажмини ошириш учун темир йўл транспортида юк ташишни ривожлантиришнинг янги йўналишларини излаш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу сабабли, мавжуд темир йўлларни такомиллаштириш ва янгиларини қуриш, ўққа тушувчи юкламаси кўтарилган ҳаракатланувчи таркибини ишга туширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш ҳамда ҳаракатланувчи таркибдан самарали фойдаланиш мақсадида назарий ҳисоб-китоблар ва тажрибавий тадқиқотларнинг замонавий усулларини ишлаб чиқиш ва уларни такомиллаштириш бўйича турли илмий-техникавий ишлар амалга оширилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, ҳаракатланувчи таркибнинг техник-иқтисодий тавсифини яхшилаш, унинг темир йўлга динамик таъсирини камайтириш бўйича илмий-тадқиқотлар устувор ҳисобланмоқда. Шу сабабли, темир йўлнинг тоғли участкаларида ҳаракатланишда поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминлаш, поездларнинг эксплуатацияси учун мақбул локомотив тортишини танлаш, вагон ва локомотивларнинг кўтарилиш ва тушиш вақтида юзага келадиган бўйлама динамик улашиш кучларини аниқлаш, шунингдек, поездларни ўтказиш учун критик масса нормалари ва шартларини текшириш имконини берувчи махсус-техник мақсадлар учун ҳаракатланувчи таркибнинг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва мавжуд конструкцияларини такомиллаштириш долзарб вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Республикамизда ягона темир йўл тармоғини яратиш мақсадида темир йўлларни қуриш ва инфратузилмасини яхшилаш, ҳаракатланувчи таркиб паркини техник-иқтисодий хусусиятлари яхшиланган вагонлар ва локомотивлар билан жиҳозлаш бўйича қатор йирик лойиҳалар бажарилмоқда ва кенг қўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 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 тизимида “яшил

коридорлар” ҳамда транзит имкониятларини кенгайтириш ...”<sup>1</sup> каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, хусусан, юк поездлари таркибида фойдаланиш имконини берувчи, шунингдек республиканинг тоғли ҳудудларида вагонлар ва локомотивларнинг уланишдаги бўйлама динамик кучларини аниқлашда йўловчи вагонларини махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонни янгидан жиҳозлаш, унинг конструкциясини такомиллаштириш муҳим йўналишлардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг 2021 йил 9 августдаги “Транспорт тўғрисида”ги ЎРҚ-706-сонли ва 1999 йил 15 апрелдаги “Темир йўл транспорти тўғрисида”ги 766-И-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 2017 йил 2 декабрдаги “2018 – 2022 йилларда транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-3422-сонли ва 2020 йил 4 майдаги “Транспорт соҳасида кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4703-сонли Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳаракатланувчи таркибни лойиҳалашнинг назарий ҳисоб-китоблари ва тажрибавий тадқиқотлари, шунингдек уларни синовдан ўтказиш усулларини янада ривожлантириш ва такомиллаштириш билан боғлиқ долзарб вазифаларни ҳал этишга қаратилган илмий тадқиқотлар илмий марказлар, дунёнинг етакчи давлатлари олий ўқув юртлари ва илмий-тадқиқот институтларида олиб борилмоқда, шу жумладан: Pennsylvania State University (АҚШ), Washington State University (АҚШ), Newcastle Centre for Railway Research (Newcastle University) (Буюк Британия), Griffith University (Австралия), Technische Universität München (Германия), Technische Universität Dresden (Германия), Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des reseaux (Франция), Rīgas Tehniskā universitāte (Латвия), Karabük University (Туркия), Silesian University

---

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

of Technology (Польша), Warsaw University of Technology (Польша), Shanghai Jiao Tong University (Хитой), University of Science and Technology of China (Хитой), Beijing Jiaotong University (Хитой), Iran University of Science and Technology (Эрон), Россия транспорт университети (Россия), Император Александр I номидаги Петербург давлат темир йўллари университети (Россия), Урал давлат темир йўллари университети (Россия), Ростов давлат темир йўллари университети (Россия), Темир йўл транспорти илмий-тадқиқот институти (Россия), Брянск давлат техника университети (Россия), Вагонсозлик илмий-тадқиқот институти (Россия), 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 ва илмий марказлари.

Ҳаракатланувчи таркиб конструкциясини ривожлантириш ва такомиллаштиришга жаҳоннинг етакчи машинасозлик корхоналари олимлари ва муҳандислари катта ҳисса қўшдилар ва қўшмоқдалар, жумладан: American Car and Foundry (АҚШ), FreightCar America (АҚШ), Amtrak (АҚШ), Alstom (Франция), Bombardier (Канада), Siemens (Германия), Talgo (Испания), Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (Испания), CRRC (Хитой), Hyundai Rotem (Корея Республикаси), Stadler Rail (Швецария), Kawasaki Heavy Industries (Япония), Hitachi (Япония), Трансмашхолдинг (Россия), Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» (Россия), Брянский машиностроительный завод (Россия), Демидовский машиностроительный завод (Россия), Тверской вагоностроительный завод (Россия), Тихвинский вагоностроительный завод (Россия), Рузаевский завод химического машиностроения (Россия), Тошкент йўловчи вагонларини куриш ва таъмирлаш заводи (Ўзбекистон), Қуюв-механика заводи (Ўзбекистон), Андижон механика заводи (Ўзбекистон) ва бир қатор бошқа корхоналар.

Ҳаракатланувчи таркибнинг замонавий конструкциясини ишлаб чиқиш ва уларнинг динамикасини яхшилашга қаратилган муҳим назарий ва амалий тадқиқотлар таниқли хорижий олимлар томонидан амалга оширилган, жумладан: П.С. Анисимов, В.Д. Бехтерев, А.А. Битюцкий, Е.П. Блохин, М.М. Болотин, Ю.П. Бороненко, В.И. Варава, М.Ф. Вериго, С.В. Вершинский, М.В. Винокуров, О.А. Ворон, Н.М. Ершова, В.Г. Иноземцев, Л.А. Кальницкий, В.Н. Котуранов, Н.З. Криворучко, Н.Н. Кудрявцев, В.Ф. Лапшин, В.В. Лукин, А.А. Львов, Л.А. Манашкин, Е.Н. Никольский, А.М. Орлова, Н.А. Панькин, М.П. Пахомов, Ю.И. Першиц, Н.П. Петров, В.С. Плоткин, А.А. Попов, Ю.С. Ромен, И.Ф. Скиба, А.В. Смольянинов, М.М. Соколов, А.В. Третьяков, В.Н. Филиппов, В.Д. Хусидов, И.И. Челноков, Л.А. Шадур, Y. Bezin, M. Fartan, R.M. Goodall, S.D. Iwnicki, P.A. Jonsson, W. Kik, X. Liu, H. Scheffel ва бошқа таниқли олимлар.

Мамлакатимизда ҳаракатланувчи таркибнинг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштириш, уларнинг техник-иктисодий характеристикалари ва динамик сифатларини яхшилаш, тарасини

камайтириш ва юк кўтариш қобилиятини ошириш, шунингдек, хизмат муддатини узайтириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари билан қуйидаги олимлар шуғулланган: Б.А. Абдуллаев, М.Ш. Валиев, Н.С. Зайниддинов, Р.М. Миноваров, Р.П. Нигай, Р.В. Рахимов, Я.О. Рузметов, О.Р. Хамидов, Г.А. Хромова, Ш.С. Файзибаев ва бошқалар.

Хорижий ва маҳаллий тажрибани таҳлили шуни кўрсатдики, мавжуд ҳаракатланувчи таркибнинг турли хил конструкциялари ва уларни такомиллаштириш бўйича олиб борилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар хилма-хил бўлсада, ҳозирги вақтда юк поездлари таркибида фойдаланиш учун мўлжалланган йўловчи вагонлари асосида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонларининг конструкциясини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалалари адабиётларда етарли даражада кўриб чиқилмаган ва ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан ўзаро боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари Тошкент давлат транспорт университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига киритилган 2021 йил 11 февралдаги “Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагони учун ҳисоб-китоблар” (2021 йил) 6-сонли ва 2021 йил 24 майдаги “61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг статик сиқиш-чўзилиш синовлари” (2021-2022) 20-сонли хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** конструкция ва техник ҳолатига кўра юк ва йўловчи поездлари таркибида фойдаланиш учун зарур бўлган ҳаракатланиш хавфсизлиги даражасига жавоб берадиган махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон параметрларини танлаш ва илмий асосланган техник ечимларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

йўловчи вагонлар ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонлар конструкциялари учун мавжуд техник ечимларни таҳлил қилиш;

кейинги тадқиқотлар учун йўловчи вагоннинг истиқболли конструкциясини ҳамда ҳисоб-китоблар учун дастлабки маълумотлар ва қабул қилинган тахминларни танлаш;

йўловчи вагон кузовининг кўтарувчи конструкцияларининг турли вариантларини назарий жиҳатдан тадқиқ қилиш имконини берувчи такомиллаштирилган чекли элементли моделини ишлаб чиқиш;

йўловчи вагоннинг кузов конструкциясини юкланганлигининг назарий тадқиқотларини ўтказиш ва тадқиқот натижаларини таҳлил қилиш асосида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон кузовининг асосий кўтарувчи элементларининг параметрлари ва мақбул конструктив ечимларини танлаш;

ишлаб чиқилган конструкциянинг ишончлилигини тасдиқлаш учун махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг мустаҳкамлиги, барқарорлиги ва ҳаракатланиш динамик хусусиятларини баҳолаш бўйича назарий тадқиқотлар ўтказиш;

махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг ишлаб чиқилган конструкциясининг статик мустаҳкамлик синовларини ўтказиш дастури ва услубиётини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган конструкциянинг ишончлилигини тасдиқлаш учун кузовнинг мустаҳкамлигини баҳолашга махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг тажрибавий тадқиқотларини ўтказиш;

тажрибалар асосида олинган маълумотларни ҳисобланган ва меъёрий қийматлар билан солиштириш.

**Тадқиқот объекти** сифатида йўловчи вагон кузови олинган.

**Тадқиқот предмети** сифатида йўловчи вагон кузови конструкциясининг унга эксплуатацион кучлар таъсирида юкланганлиги олинган.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқот жараёнида статистик, аналитик ва тажрибавий тадқиқот усулларида фойдаланилган. Назарий тадқиқотларда йўловчи вагон кузови конструкциясининг юкланганлигини баҳолаш учун аналитик усуллар ва чекли элементлар усули, шунингдек, ANSYS Workbench ва SolidWorks дастурий мажмуалари ишлатилган. Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон кузови тажрибали намунасининг сиқилиш ва чўзилишга мустаҳкамлигини баҳолаш учун тажрибавий тадқиқотлар лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитида ўтказилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

йўловчи вагон кузовини такомиллаштириш мақсадида, унинг конструктив хусусиятларини ўзгартириш ҳисобига асосланган техник ечимларини танлаш имконини берувчи чекли элементли модели ишлаб чиқилган;

йўловчи вагони мустаҳкамловчи элементларининг мақбул ўлчамларини асосли танлашда, кузовга тушадиган юкларга олиниб, вагон конструкцияси элементларининг кучланиш-деформация ҳолати унинг геометрик ўлчамларига боғлиқлигини аниқлаш асосланган;

йўловчи вагон конструкциясини такомиллаштириш мақсадида уни элементларининг геометрик ўлчамларини ўзгартириш асосида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон кузови ишлаб чиқилган;

динамометрик вагон тажрибали намунасининг мустаҳкамлигини баҳолаш учун турли кучлар таъсирини инобатга олувчи статик синовларини ўтказиш дастури ва услубиёти ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

“Тошкент йўловчи вагонларини куриш ва таъмирлаш заводи” АЖда ишлаб чиқарилган 61-907 русумли йўловчи вагон кузовининг такомиллаштирилган конструкцияси асосида уни юк ва йўловчи поездларининг таркибида фойдаланиш имконини берувчи махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон кузовининг илмий асосланган конструкцияси ишлаб чиқилган;

МІС-185 кўп каналли тензостанция ва вагон конструкциясини сиқилишда 3,5 МН куч ва чўзилишда 2,5 МН куч бериб мустаҳкамликка баҳолашда юклаш имкониятини берувчи бўйлама статик кучлар билан вагонларни юклайдиган

махсус стенд ёрдамида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг сиқилиш ва чўзилишга мустаҳкамлиги статик синовларини ўтказиш дастури ва услубиёти ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** назарий тадқиқотларда замонавий рақамли усуллардан, муҳандислик амалиётида тасдиқланган ва умумэтироф этилган дастурий таъминотлардан, тажриба ва синовларда – сертификатланган ва калибрланган ўлчов воситаларидан фойдаланиш билан асосланади; назарий тадқиқотлар натижалари билан ўтказилган тажрибалардан олинган маълумотларнинг яқинлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қабул қилинган конструктив ечимларнинг хусусиятларини ҳисобга олиш имконини берувчи йўловчи вагон кузовининг такомиллаштирилган чекли элементли моделининг яратилганлиги ҳамда мустаҳкамловчи элементларнинг мақбул қалинлигини асосли танлаш имконини берувчи йўловчи вагон кузови элементларининг кучланиш-деформация ҳолатининг унинг элементларининг (хребетли балкаси, ён бўйлама балкалар, тиргақлар ва бошқа элементлар) геометрик ўлчамларига боғлиқлигининг ўрнатилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти юк ва йўловчи поездлари таркибида фойдаланиш учун махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонни янгидан жиҳозлаш учун йўловчи вагон кузовининг такомиллаштирилган конструкцияси ҳамда махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг сиқилиш ва чўзилишга мустаҳкамлиги статик синовларини ўтказиш учун тегишли дастур ва услубиётнинг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон учун асосий техник ечимларни ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар асосида:

61-907 русумли йўловчи вагон кузовининг такомиллаштирилган конструкцияси асосида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг ишлаб чиқилган кузови конструкцияси “Тошкент йўловчи вагонларини қуриш ва таъмирлаш заводи” АЖда 61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонни қуриш жараёнида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2022 йил 13 сентябрдаги 2/5466-сон маълумотномаси). Натижада, темир йўлнинг тоғли участкаларида поездларнинг эксплуатацияси учун мақбул локомотив тортишини танлаш, вагон ва локомотивларнинг кўтарилиш ва тушиш вақтида юзага келадиган бўйлама динамик улашиш кучларини аниқлаш ҳамда поездларни ўтказиш учун критик масса нормалари ва шартларини текшириш имконияти ортган;

махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг сиқилиш ва чўзилишга мустаҳкамлиги статик синовларини ўтказиш бўйича ишлаб чиқилган дастур ва услубиёт “Тошкент йўловчи вагонларини қуриш ва таъмирлаш заводи” АЖда 61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун

мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг статик мустаҳкамлиги синовларини ўтказишда жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт Вазирлигининг 2022 йил 13 сентябрдаги 2/5466-сон маълумотномаси). Натижада, вагонларни лойиҳалаштириш ва қуриш харажатларини камайтириш ҳисобига кутилаётган иқтисодий самарадорлик 840 млн сўмни ташкил этган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг асосий натижалари 6 та илмий анжуманларда, шу жумладан 1 та Scopus халқаро маълумотлар базасида индексланган илмий анжуманда, 4 та халқаро ва 1 та республика илмий анжуманларида баён этилган ва муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация ишининг асосий илмий натижалари 12 та илмий ишда, шу жумладан 4 та мақола Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациянинг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган нашрлар рўйхатига киритилган етакчи илмий журналларда чоп этилган, шунингдек 3 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

**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 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 **“Йўловчи вагонлар ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонлар конструкцияларининг шарҳи ва таҳлили. Тадқиқотнинг мақсади ва вазифаларини белгилаш”** номли биринчи бобида йўловчи вагонлар ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонлар конструкциялари учун мавжуд техник ечимларнинг ҳозирги ҳолати таҳлили ўтказилган. Асосий муаммолар, вагон паркини ҳозирги ҳолати ва ривожлантиришнинг истиқболли йўналишларини аниқлаш мақсадида маҳаллий ва хорижий йўловчи вагонлар ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонлар конструкциялари батафсил таҳлил қилинган.

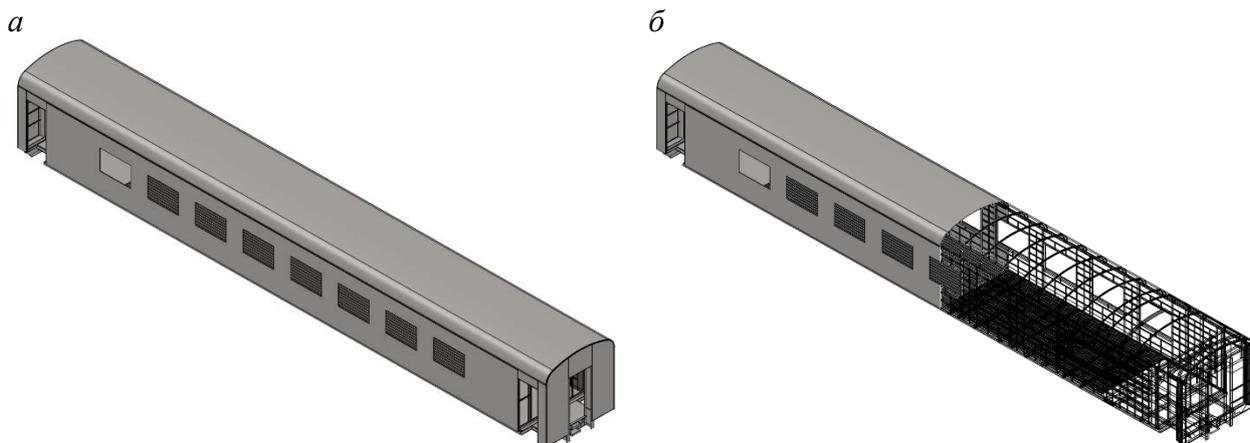
Замонавий ҳаракатланувчи таркиб кузовининг кўтарувчи элементларини таҳлил қилиш натижасида йўловчи вагон кузовининг конструкцияси

кўтарувчи элементлари учта компонентдан иборат эканлиги аниқланди: асосий, ёрдамчи ва юк кўтармайдиган элементлар. Ушбу юк кўтарувчи элементларнинг қурилмаси бўйича кузов конструкциялари учта асосий турга бўлинади: алюминий, зангламайдиган ёки оддий пўлатдан тайёрланган гофрировка қилинган листлар ва стерженлар тўплами билан биргаликда бўлган *маҳкамланган листлар тизими*; юкламаларни катта қутисимон стерженлар орқали қабул қиладиган ва узатадиган *каркасли юк кўтариш тизимлари*; конструкциядаги юкламалар биргаликда ишлаш учун уланган, ташқи ва ички пластиналардан иборат юк кўтарувчи панеллар орқали қабул қиладиган *панелли тизим*.

Йўловчи вагонларнинг конструкцияларини шарҳи ва таҳлили, уларнинг конструкцияларини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар асосида кейинги назарий ҳисоб-китоблар ва тажрибавий тадқиқотлар учун “Тошкент йўловчи вагонларини қуриш ва таъмирлаш заводи” АЖ томонидан ишлаб чиқарилган 61-907 русумли йўловчи вагон кузовининг конструкцияси танлаб олинган ва уни юк ва йўловчи поездлар таркибида ишлатиш учун махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонга қайта жиҳозлаш ва такомиллаштириш вазифаси қўйилган.

Йўловчи вагон ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонларнинг ҳозирги ҳолати ва ривожланиш истикболларини таҳлил қилиш натижаларига кўра тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

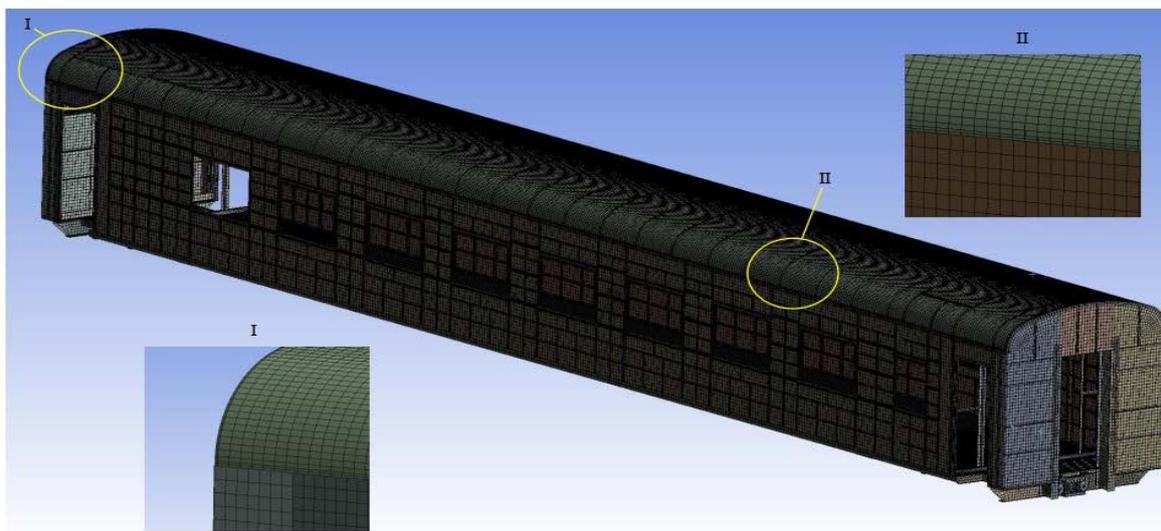
Диссертациянинг **“Йўловчи вагон кузови конструкциясининг юкланганлиги тадқиқоти”** деб номланган иккинчи бобида 61-907 русумли йўловчи вагонни махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонга қайта жиҳозлаш ва такомиллаштириш учун унинг кузови конструкциясининг юкланганлиги тадқиқотини ўтказиш мақсадида SolidWorks 2021 дастурий таъминотидан фойдаланган ҳолда кузовнинг уч ўлчовли модели ишлаб чиқилган (1-расм).



**1-расм. Йўловчи вагон кузови фазовий модели (а) ва металл конструкцияси (б) умумий кўриниши**

Назарий тадқиқотларни ўтказиш учун SolidWorks 2021 дастурий таъминотида ишлаб чиқилган вагоннинг фазовий модели ANSYS Workbench 2021 дастурий таъминотига импорт қилиниб, унинг асосида вагон кузовининг

янгиланган чекли элементли модели ишлаб чиқилди (2-расм), бу эса ҳисоб-китобларда қабул қилинган лойиҳа ечимлари вариантларининг хусусиятларини инобатга олиш имконини беради. Яъни, кузовнинг мустаҳкамловчи элементларининг геометрик ўлчамларини ўзгартириш (хребетли балка, ён бўйлама ва кўндаланг балкалар, тиргаклар ва бошқа элементлар) ва бу фойдаланиш шароитларидан келиб чиқиб вагоннинг мустаҳкамловчи элементларининг мақбул қалинлигини асосли танлаш имконини беради.

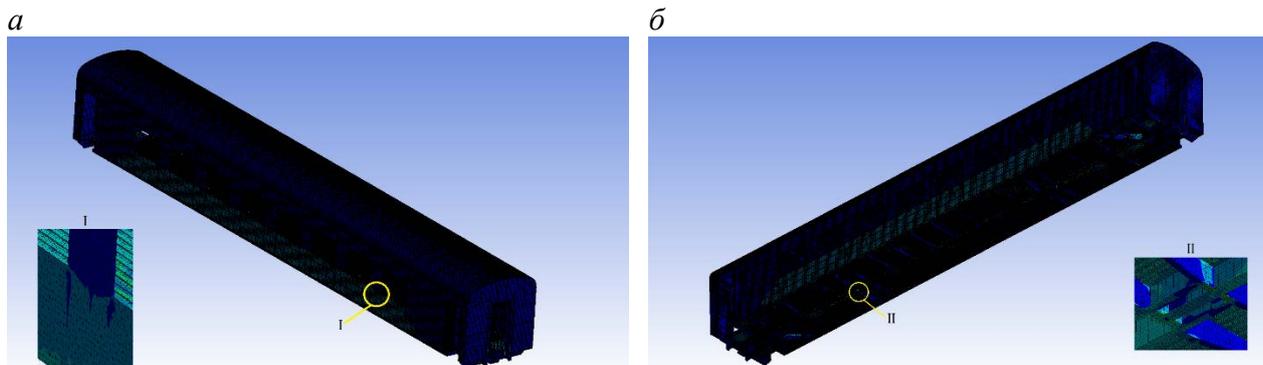


**2-расм. Йўловчи вагон кузовининг ҳисобий чекли элементли модели**

Кузов элементлари Solid 186 типдаги ҳажмли чекли элементлар билан имитация қилинган. Кўрсатилган уч ўлчамли қаттиқ-жисмли элемент ҳар бир узелда учта эркинлик даражасига эга бўлган йигирма узелли квадратик шаклларга эга:  $x$ ,  $y$  ва  $z$  узел координата тизими ўқлари йўналишидаги ҳаракатланишлар.

Вагон кузови конструкциясининг юкланганлигини, кузов элементлари ва кузовнинг ҳисобий моделидаги мустаҳкамлаш зоналарида кучланишларнинг тақсимланишини аниқлаш учун ҳар бир нуктада кучланишларнинг индивидуал қийматини олиш мақсадида виртуал ўлчаш нукталари ўрнатилган бир нечта кўндаланг ўлчов кесимлар кўзда тутилган.

“Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)”, ГОСТ 33211-2014 ва ГОСТ 34093-2017 талабларига мувофиқ, вагон кузовидаги автотиркама ускунасининг олд ва орқа таянчларига қўйилган бўйлама кучлар таъсири остида ANSYS Workbench 2021 дастурий таъминотида амалга оширилган мустаҳкамлик ҳисоб-китоблари натижасида виртуал ўлчаш нукталарида максимал кучланиш қийматлари аниқланди. Биринчи ҳисоб режимида вагон кузовининг элементларида кучланишларнинг Мизес назариясига мувофиқ тақсимланиш эпюралари 3-расмда кўрсатилган.

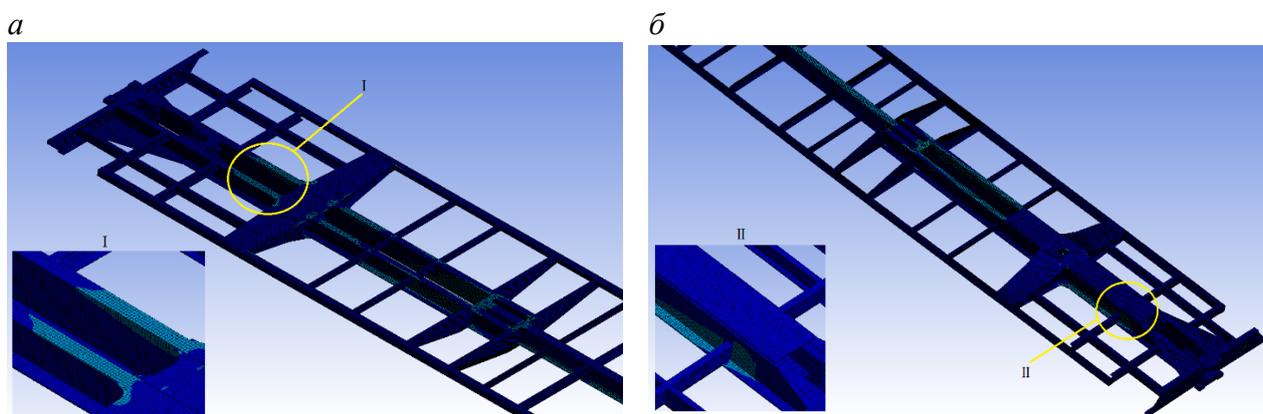


**3-расм. Биринчи ҳисоблаш режимда вагон кузови элементларида эквивалент кучланишларни тақсимланиш майдонлари (автотиркамаларнинг марказий ўзаро таъсирида, сиқиш 3,5 МН куч билан):**

*a* – юқоридан кўриниши; *б* – пастдан кўриниши

Вагон кузовининг элементларида юзага келадиган максимал эквивалент кучланишларнинг олинган боғлиқликлари шуни кўрсатдики, бўйлама кучларнинг ортиши билан ён деворлар ва том элементларидаги кучланишларнинг ўзгариши аҳамиятсиз ва рухсат этилган қийматлардан ортмайди. Шу билан бирга, баъзи қисмларда, асосан вагон рамасининг элементларида, юзага келадиган кучланишлар белгиланган рухсат этилган қийматлардан ошиб кетади, ва шу сабаб кучайтиришни талаб қиладиган жойларни аниқлаш учун тўғридан-тўғри вагон рамасида тадқиқотлар ўтказилди.

Автотиркама ускунасининг олд ва орқа таянчларига ҳисоб режимига кўра қўйиладиган 1,5 МН дан 3,5 МН гача бўлган бўйлама кучлар таъсирида вагон рамасини юкланиши бўйича тадқиқотларга кўра, ҳар бир виртуал ўлчов нуқталарида максимал кучланиш қийматлари олинган. Автотиркамаларнинг марказий ўзаро таъсирида вагон рамаси элементларида кучланишларнинг Мизес назариясига мувофиқ тақсимланиш эпюралари 4-расмда келтирилган.



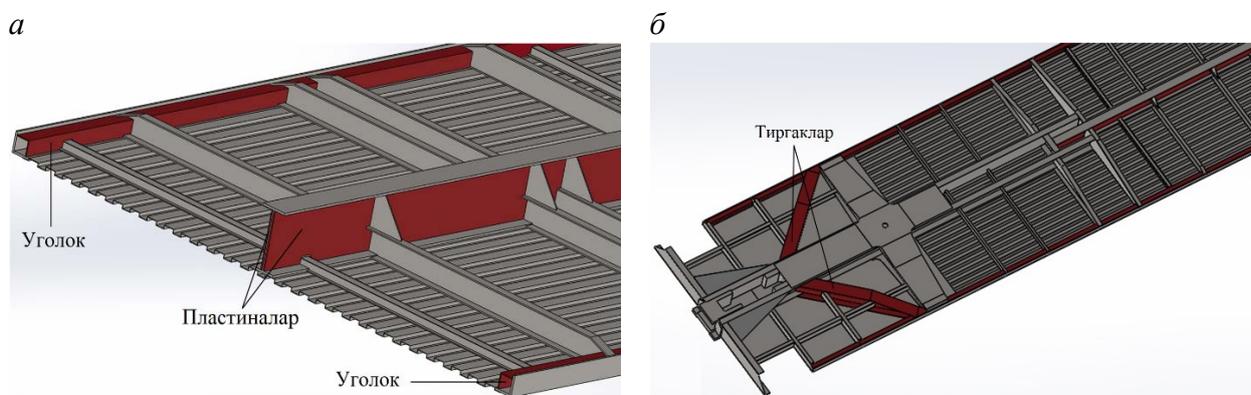
**4-расм. Биринчи ҳисоблаш режимда вагон рамаси элементларида эквивалент кучланишларни тақсимланиш майдонлари (3,5 МН куч билан сиқиш):**

*a* – юқоридан кўриниши; *б* – пастдан кўриниши

Натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, рама элементларида, асосан хребетли балкада, кучланишнинг максимал қиймати 523,62 МПа ни ташкил

қилади, бу биринчи ҳисоб режимига кўра белгиланган рухсат этилган 276,3 МПа кучланишдан юқоридир. Шу сабабли, яратилаётган вагондан бўйлама юкланишлари юқори бўлган юк поездларининг таркибида фойдаланиш учун 61-907 русумли йўловчи вагонни махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонига қайта жиҳозлаш ва такомиллаштириш мақсадида унинг кузови рамасининг энг юқори юкланган элементларини кучайтириш керак.

Чекли элементлар усули ёрдамида бажарилган назарий тадқиқотлар асосида, белгиланган талабларга жавоб бериш учун махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг № 30 двутаврдан тайёрланган хребетли балкасининг марказий қисмини иккала томондан бутун узунлиги бўйича қалинлиги 8 мм бўлган пўлат пластиналар билан мустаҳкамланиш кераклиги аниқланди.



**5-расм. Кучайтирувчи элементларга эга бўлган вагон рамаси**

Раманинг консоль қисмидаги хребетли балканинг кучланишларини камайтириш учун махсус балкалар – двутаврли тиргаклар, бир томондан хребетли балкага, иккинчи томондан эса раманинг ён бўйлама балкаларига маҳкамланиши кераклиги аниқланди, бу эса раманинг ён бўйлама балкаларининг ҳар бирига автотиркама ускунасининг таянчлари орқали таъсир қилувчи бўйлама кучларнинг бир қисмини тақсимлашга имкон беради. Бундай ҳолда, балканинг кесма профили ўзгармаган ҳолда боғлаш жойларида торайиши керак.

Бундан ташқари, эшиклар оралиғида жойлашган ён бўйлама раманинг балкаларини бутун узунлиги бўйлаб ички томонидан кўндаланг балкалар орасидаги жойларда 75×75×5 мм ўлчамдаги тенг полкали угولник билан мустаҳкамланиши кераклиги аниқланди.

Шундай қилиб, чекли элементлар усулидан фойдаланган ҳолда кенг қамровли тадқиқотлар натижасида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонни янгидан жиҳозлаш учун такомиллаштирилган йўловчи вагон кузови конструкцияси таклиф этилган, бунда двутаврдан ишланган марказий хребетли балкаси икки томондан двутаврни юқори ва пастки полкаларини боғлайдиган пўлат пластиналар билан мустаҳкамланган, раманинг ён бўйлама балкаларига ички тарафдан ён бўйлама балкалар бутун узунлиги бўйлаб кўндаланг балкалар орасида тенг

полкали уголоклар пайвандланган, рамканинг консол қисмида бир томондан хребет балкасига, бошқа томондан раманинг ён бўйлама балкаларига маҳкамланган тиргаклари мавжуд.

Диссертациянинг **“Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон конструкциясининг назарий тадқиқотлари”** номли учинчи бобида таклиф этилган махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон кузови конструкциясининг мустаҳкамлиги ва барқарорлигини, шунингдек, унинг динамик сифатлари ва темир йўлга таъсирини баҳолаш мақсадида назарий тадқиқотлар ўтказилган.

Динамометрик вагон кузовининг мустаҳкамлиги **“Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)”** га мувофиқ баҳоланган ва чекли элементлар усули ёрдамида амалга оширилган ҳисоб-китоблар натижасида Мизес назариясига кўра биринчи, иккинчи ва учинчи ҳисоб режимларида эквивалент кучланишлар олинган. Таклиф этилаётган динамометрик вагон конструкцияси мустаҳкамлиги белгиланган талабларга жавоб бериши аниқланди ва қуйидаги натижалар олинди:

Биринчи ҳисоб режимида рама элементларидаги эквивалент кучланишлар 209 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 75,7 %), ён девор каркаси элементларида – 130 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 58,9 %), ён юза девор каркаси элементларида – 112 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 43,9 %) ва том каркаси элементларида – 125 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 51 %) ни ташкил қилди.

Иккинчи ҳисоб режимида рама элементларидаги эквивалент кучланишлар 137 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 49,6 %), ён девор каркаси элементларида – 118 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 53,5 %), ён юза девор каркаси элементларида – 39 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 23,6 %) ва том каркаси элементларида – 151 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 91,5%) ни ташкил қилди.

Учинчи ҳисоб режимида рама элементларидаги эквивалент кучланишлар 120 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 60 %), ён девор каркаси элементларида – 130 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 78,8 %), ён юза девор каркаси элементларида – 39 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 23,6 %) ва том каркаси элементларида – 151 МПа (рухсат этилган кучланишларнинг 91,5 %) ни ташкил қилди.

Динамометрик вагон кузови элементларини белгиланган талабларга мувофиқ барқарорлигини баҳолаш мақсадида ҳисоб-китоблар амалга оширилган, бу ерда сиқилган элементларнинг барқарорлиги ҳисобий барқарорлик захира коэффициентини рухсат этилган билан солиштириш орқали текширилган. Ҳисоблаш натижасида кузов элементларининг барқарорлик чегарасининг шакллари ва коэффициентлари олинган (1-жадвал). Динамометрик вагон кузови элементларининг барқарорлик захирасининг ҳисобий коэффициентлари рухсат этилган қийматлардан ортган, шунинг учун динамометрик вагон кузови барқарорлик талабларига жавоб беради.

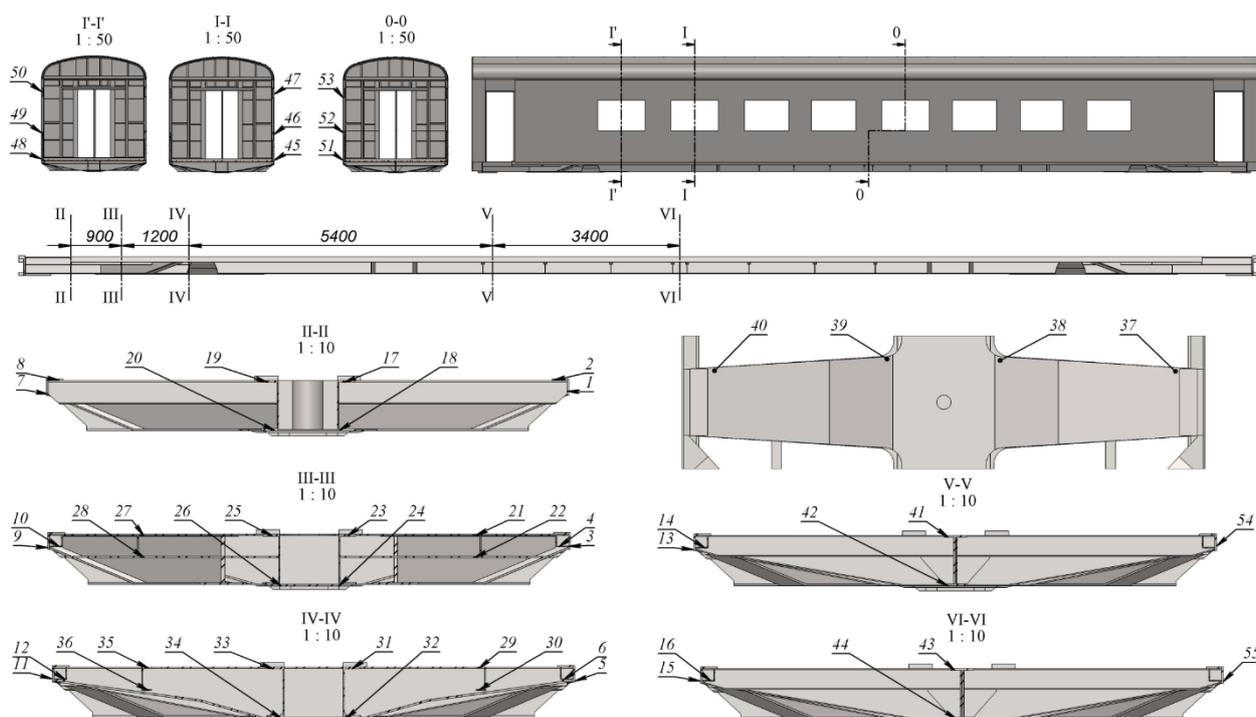
**Кузов элементлари барқарорлик захирасининг коэффицентлари**

Ҳисоб режими	Барқарорликни йўқотишнинг биринчи шакли пайдо бўлиш зонаси	Барқарорлик захираси коэффицентлари	
		ҳисобий	рухсат этилган
I-режим (сиқиш)	Вагоннинг охириги қисмидаги пол листи	1,13	1,1
I-режим (зарба)	Вагоннинг охириги қисмидаги пол листи	1,16	1,1
II-режим (чўзилиш)	Вагоннинг ўрта қисмидаги томнинг қопламаси	1,35	1,3
II-режим (силташ)	Вагоннинг охириги қисмидаги томнинг қопламаси	2,38	1,3
III-режим (сиқиш)	Вагоннинг охириги қисмидаги пол листи	1,52	1,5
III-режим (зарба)	Вагоннинг ўрта қисмидаги пол листи	1,61	1,5
III-режим (чўзилиш)	Рама шими	1,52	1,5
III-режим (силташ)	Вагоннинг охириги қисмидаги томнинг қопламаси	3,9	1,5

Бундан ташқари, ушбу бобда динамометрик вагоннинг ҳаракатланиш хусусиятларини ва унинг темир йўлга таъсирини баҳолаш бўйича тадқиқотлар ўтказилган, натижада ишлаб чиқилган динамометрик вагон меъёрий талабларга жавоб бериши аниқланган.

Диссертациянинг **“Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг тажрибавий тадқиқотлари”** деб номланган тўртинчи бобида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг сиқилиш ва чўзилишда мустаҳкамликка синаш учун статик синовлар дастури ва услубиёти ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган дастур ва услубиётга мувофиқ, 61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг тажрибавий намунаси ГОСТ 33788-2016 бўйича мустаҳкамликка статик синовлардан ўтказилган, бундан мақсад статик бўйлама сиқиш ва чўзиш синов юкламалари таъсирида вагон кузови элементларининг кучланганлик-деформация ҳолатини баҳолаш бўлган.

“Тошкент йўловчи вагонларини қуриш ва таъмирлаш заводи” АЖ базасида синовларни ўтказишда рамада бўйлама кучларни яратиш мақсадида вагонларни статик юкламалар билан юклаш учун махсус стенддан фойдаланилган, деформацияларни қайд этиш учун ВВФ200-10АА-А(11)-ВХ30 тензорезисторлардан фойдаланилган, ўлчовлар МІС-185 аппарат-дастурий мажмуаси томонидан шахсий компьютернинг қаттиқ дискига жараёнларни ёзиб олиш билан амалга оширилган. Вагонни сиқиш ва чўзиш учун бўйлама юкламаларни қўйишдан олдин вагон кузови кўтарувчи элементларининг ўрганилаётган ва ҳисоб-китоб натижалари бўйича олинган нуқталарга тензорезисторлар ўрнатилган (6-расм).



**6-расм. Вагон тажрибавий намунасининг рамаси ва кузовида тензорезисторларни ўрнатиш схемаси**

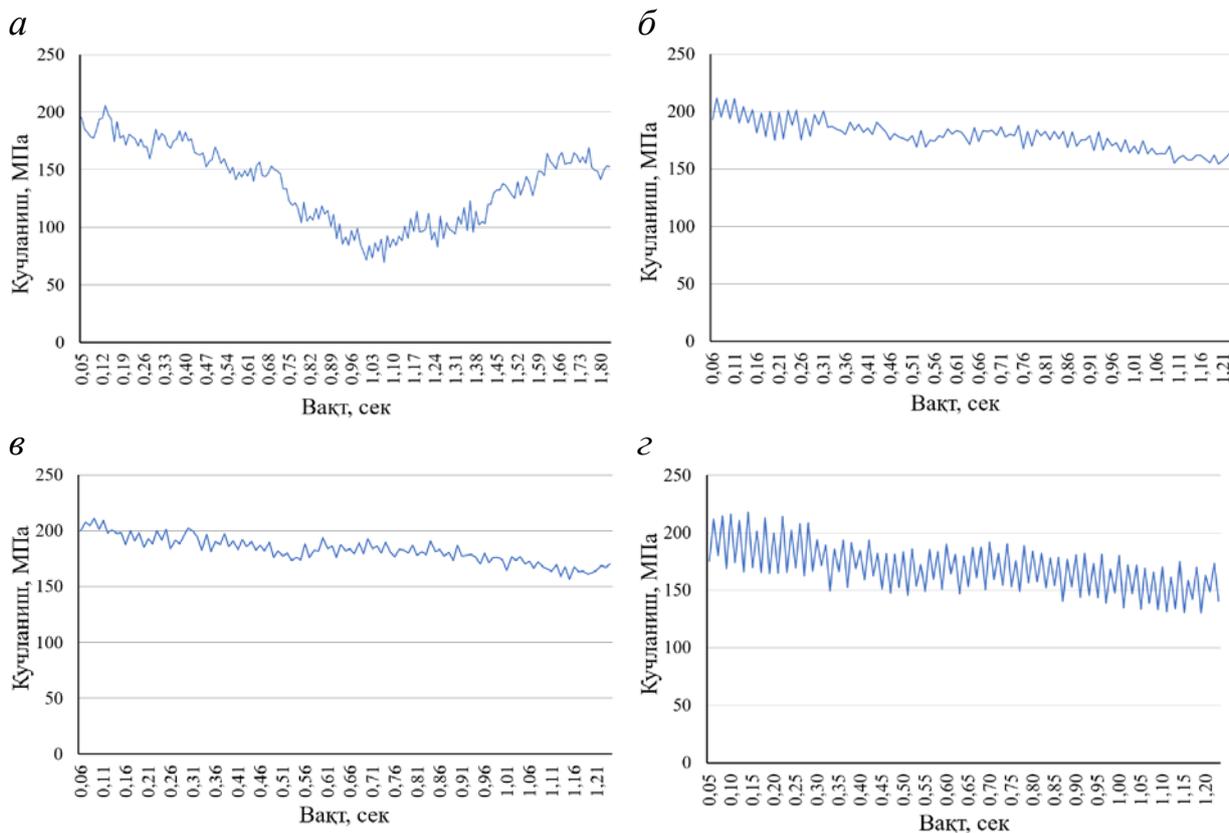
Синовлар қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилган:

- бўйлама статик юкланишни 1,0 МН ва 2,5 МН куч билан автотиркагич мосламасининг элементлари орқали қўйиш (чўзилиш);
- юклаш стендига ўрнатилган домкратлар ёрдамида бўйлама статик юкланишни 2,5 МН (чўзилиш) ва 3,5 МН (сиқиш) куч билан автотиркагич мосламасининг элементлари орқали қўйиш (7-расм).



**7-расм. 61-907-ДМ русумли динамометрик вагон тажрибали намунасини бўйлама статик юкламаларни қўйиш учун стендаги умумий кўриниши**

61-907-ДМ русумли динамометрик вагон тажрибали намунасини статик куч синовлари натижасида қуйидаги элементларда максимал кучланиш қийматлари олинди (8-расм): хребетли балканинг мустаҳкамланиши тугаши зонасида – 217,8 МПа; хребетли балканинг марказий қисмида – 180 МПа; шкворенли балкасида – 99 МПа; кузов элементларида – 93 МПа.



**Рис. 8. Динамометрик вагоннинг кузов элементларида олинган кучланишларнинг максимал қийматлари:**

*а* – 13 тензорезистор; *б* – 15 тензорезистор; *в* – 16 тензорезистор; *г* – 23 тензорезистор

Шундай қилиб, 61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг статик қўйиладиган бўйлама сиқиш ва чўзиш синов юкламалари таъсирида кенг қамровли синовлари бўйича олинган натижаларига асосланиб, таклиф этилаётган динамометрик вагон конструкцияси белгиланган талабларга ва мустақамлик шартларига жавоб бериши аниқланган, олинган кучланишлар рухсат этилган максимал қийматлардан ошмаган. Бундан ташқари, вагонда кўринадиган шикастланишлар ёки қолдиқ деформациялар аниқланмаган.

## ХУЛОСА

Диссертация ишида динамометрик вагоннинг параметрларини танлаш ва асосий техник ечимларини илмий асослашга қаратилган назарий ва тажрибавий кенг қамровли ўтказилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулосалар келтирилган:

1. Йўловчи вагонлари ва махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган вагонлар конструкцияларининг жорий ҳолатини шарҳи ва таҳлили асосида вагонсозликнинг маҳаллий ва хорижий тажрибасини ҳисобга олган ҳолда махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон асосий техник ечимлари танлаб олинган ва конструкциясига қўйиладиган талаблар белгиланган.

2. Назарий тадқиқотлар ўтказиш учун қабул қилинган конструктив ечимларнинг хусусиятларини ҳисобга олиш имконини берувчи йўловчи вагон кузовининг такомиллаштирилган чекли элементли модели ишлаб чиқилган.

3. Назарий жиҳатдан чекли элементлар усули ёрдамида вагонни мустаҳкамловчи элементларнинг мақбул қалинлигини асосли танлаш имконини берувчи йўловчи вагон кузови элементларининг кучланиш-деформация ҳолатининг унинг элементларининг (хребетли балкаси, ён бўйлама балкалар, тиргаклар ва бошқа элементлар) геометрик ўлчамларига боғлиқликлари аниқланган.

4. Чекли элементлар усулидан фойдаланган ҳолда кенг қамровли тадқиқотлар натижасида махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагонни янгидан жиҳозлаш учун бир қатор фарқларга эга бўлган такомиллаштирилган йўловчи вагон кузови конструкцияси таклиф этилган, бунда двутаврдан ишланган марказий хребетли балкаси икки томондан двутаврни юқори ва пастки полкаларини боғлайдиган пўлат пластиналар билан мустаҳкамланган, раманинг ён бўйлама балкаларига ички тарафдан ён бўйлама балкалар бутун узунлиги бўйлаб кўндаланг балкалар орасида тенг полкали уголоклар пайвандланган, рамканинг консол қисмида бир томондан хребет балкасига, бошқа томондан раманинг ён бўйлама балкаларига маҳкамланган тиргаклари мавжуд.

5. Такмиллаштирилган вагон конструкциясининг мустаҳкамлигини тадқиқ этиш ва баҳолаш учун махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг сиқилиш ва чўзилишда мустаҳкамликка синаш учун статик синовлар дастури ва услубиёти ишлаб чиқилган.

6. Махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагон тажрибали намунасининг статик қўйиладиган бўйлама сиқилиш ва чўзиш синов юкламалари таъсирида кенг қамровли синовлари шуни кўрсатдики, таклиф этилаётган вагон конструкцияси белгиланган талабларга тўлиқ жавоб беради. Бундан ташқари, вагонда кўринадиган шикастланишлар ёки қолдиқ деформациялар аниқланмаган.

Шундай қилиб, ўтказилган кенг қамровли назарий ва тажрибавий тадқиқотлар асосида 61-907-ДМ русумли махсус-техник мақсадлар учун мўлжалланган динамометрик вагоннинг конструкцияси мустаҳкамлик шартларига жавоб бериши ва йўловчи ва юк поездларининг таркибида фойдаланилиши мумкинлиги аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/31.08.2022.Т.73.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ХИКМАТОВ ФАРХОД ФАЗЛИДДИН УГЛИ**

**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ  
ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОГО ВАГОНА**

**05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация**

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

**Ташкент–2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.4.PhD/Т3207.**

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](http://www.ziyonet.uz)).

<b>Научные руководители:</b>	<b>Рахимов Рустам Вячеславович</b> доктор технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Третьяков Александр Владимирович</b> доктор технических наук, профессор <b>Зайниддинов Нуриддин Савранбекович</b> кандидат технических наук
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Джизакский политехнический институт</b>

Защита диссертации состоится 29 декабря 2022 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.15/31.08.2022.Т.73.02 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 - 074). (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871)299-05-66)

Автореферат диссертации разослан 17 декабря 2022 года.  
(протокол реестра № 001 от 17 декабря 2022 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,  
к.т.н., доцент

**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 уделяется особое внимание обеспечению безопасности движения поездов, разработке новых и совершенствованию существующих конструкций подвижного состава, улучшению их динамических качеств, увеличению скорости движения, уменьшению массы тары и повышению грузоподъемности. В настоящее время в развитых странах большое внимание уделяется моделированию и проектированию современных конструкций подвижного состава нового поколения с целью повышения их надежности, улучшения технико-экономических характеристик, уменьшения расходов на техническое обслуживание и ремонт за счет увеличения межремонтных пробегов. Для увеличения объемов грузовых перевозок, при имеющемся дефиците подвижного состава и отсутствии резервов увеличения провозной и пропускной способности грузонапряженных участков сети железных дорог, необходим поиск новых направлений развития железнодорожного транспорта, а именно совершенствование существующих и строительство новых железных дорог, внедрение в эксплуатацию подвижного состава с увеличенными осевыми нагрузками.

В мире ведутся различные научно-технические работы по разработке и совершенствованию современных методов теоретических расчетов и экспериментальных исследований с целью обеспечения безопасности движения и эффективного использования подвижного состава. В этом направлении, кроме того, приоритетными считаются научные исследования по улучшению технико-экономических характеристик подвижного состава, уменьшению его динамического воздействия на железнодорожный путь. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих конструкций подвижного состава специально-технического назначения является одним из наиболее актуальных вопросов, который не только обеспечит безопасность движения поездов при эксплуатации их на горных участках железнодорожного пути, но и позволит выбрать оптимальную тягу локомотива для эксплуатации поездов, определить продольно-динамические усилия сцепления вагонов и локомотивов, возникающие при подъеме и спуске, а также осуществить проверки критических норм массы и условий пропуска поездов.

В Республике с целью создания единой железнодорожной сети реализовывается ряд крупнейших проектов и осуществляются широкомасштабные мероприятия по строительству путей и совершенствованию инфраструктуры железнодорожного транспорта, оснащению парка подвижного состава вагонами и локомотивами с улучшенными технико-экономическими характеристиками. 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 ...»<sup>2</sup>. Для реализации этих задач, в частности, одним из важных направлений является совершенствование конструкции пассажирского вагона для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения, позволяющий эксплуатировать его в составе грузовых поездов для определения продольно-динамических усилий сцепления вагонов и локомотивов при движении их на горных участках республики.

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» и № ПП-4703 от 4 мая 2020 года «О мерах по кардинальному совершенствованию системы подготовки кадров в сфере транспорта», 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 решение актуальных задач, связанных с дальнейшим развитием и совершенствованием методов теоретических расчетов и экспериментальных исследований конструкции подвижного состава, а также методов их испытаний проводят в научных центрах, университетах и научно-исследовательских институтах ведущих стран мира, в том числе: Pennsylvania State University (США), Washington State University (США), Newcastle Centre for Railway Research (Newcastle University) (Великобритания), Griffith University (Австралия), Technische Universität München (Германия), Technische Universität Dresden (Германия), Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des reseaux (Франция), Rīgas Tehniskā universitāte (Латвия), Karabük University (Турция), Silesian University of Technology (Польша), Warsaw University of Technology (Польша), Shanghai Jiao Tong University (Китай), University of Science and Technology of China (Китай), Beijing Jiaotong University (Китай), Iran University of Science and Technology

---

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

(Иран), Российский университет транспорта (Россия), Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Россия), Уральский государственный университет путей сообщения (Россия), Ростовский государственный университет путей сообщения (Россия), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (Россия), Брянский государственный технический университет (Россия), Научно-исследовательский институт вагоностроения (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 и научные центры инженеров железнодорожного транспорта.

Существенный вклад в развитие и совершенствование конструкции подвижного состава внесли и вносят ученые и инженеры ведущих машиностроительных предприятий мира, в том числе: American Car and Foundry (США), FreightCar America (США), Amtrak (США), Alstom (Франция), Bombardier (Канада), Siemens (Германия), Talgo (Испания), Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (Испания), CRRC (Китай), Hyundai Rotem (Республика Корея), Stadler Rail (Швейцария), Kawasaki Heavy Industries (Япония), 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), Рузаевский завод химического машиностроения (Россия), Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов (Узбекистан), Литейно-механический завод (Узбекистан), Андижанский механический завод (Узбекистан) и ряд других предприятий.

Важные теоретические и практические исследования, направленные на развитие современной конструкции подвижного состава и улучшению их динамики, осуществляли известные зарубежные ученые, такие как: П.С. Анисимов, В.Д. Бехтерев, А.А. Битюцкий, Е.П. Блохин, М.М. Болотин, Ю.П. Бороненко, В.И. Варава, М.Ф. Вериго, С.В. Вершинский, М.В. Винокуров, О.А. Ворон, Н.М. Ершова, В.Г. Иноземцев, Л.А. Кальницкий, В.Н. Котуранов, Н.З. Криворучко, Н.Н. Кудрявцев, В.Ф. Лапшин, В.В. Лукин, А.А. Львов, Л.А. Манашкин, Е.Н. Никольский, А.М. Орлова, Н.А. Панькин, М.П. Пахомов, Ю.И. Першиц, Н.П. Петров, В.С. Плоткин, А.А. Попов, Ю.С. Ромен, И.Ф. Скиба, А.В. Смольянинов, М.М. Соколов, А.В. Третьяков, В.Н. Филиппов, В.Д. Хусидов, И.И. Челноков, Л.А. Шадур, Y. Bezin, M. Fartan, R.M. Goodall, S.D. Iwnicki, P.A. Jonsson, W. Kik, X. Liu, H. Scheffel и другие выдающиеся ученые.

В нашей стране исследованиями по разработке новых и совершенствованию существующих конструкций подвижного состава, улучшению их технико-экономических характеристик и динамических

качеств, уменьшению тары и повышению грузоподъемности, а также продлению их срока службы занимались такие ученые как Б.А. Абдуллаев, М.Ш. Валиев, Н.С. Зайниддинов, Р.М. Миноваров, Р.П. Нигай, Р.В. Рахимов, Я.О. Рузметов, О.Р. Хамидов, Г.А. Хромова, Ш.С. Файзибаев и другие.

Анализ зарубежного и отечественного опыта показал, что при всем многообразии имеющихся конструкций подвижного состава и выполненных теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию их конструкций, на данный момент в литературе не рассмотрено и не было изучено на достаточном уровне развитие и совершенствование конструкции динамометрических вагонов специально-технического назначения на базе пассажирских вагонов, предназначенных для эксплуатации их в составе грузовых поездов.

**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 хозяйственных договоров № 6 от 11.02.2021 г. «Расчеты на вагон специально-технического назначения – вагон динамометрический» (2021) и № 20 от 24.05.2021 г. «Статические испытания на сжатие-растяжение вагона динамометрического специально-технического назначения модели 61-907-ДМ» (2021-2022).

**Целью исследования** является выбор параметров и разработка научно обоснованных технических решений динамометрического вагона специально-технического назначения, который по конструкции и техническому состоянию должен отвечать необходимому уровню безопасного движения для эксплуатации его в составе грузовых и пассажирских поездов.

**Задачи исследования:**

проанализировать имеющиеся технические решения конструкций пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения;

выбрать перспективную конструкцию пассажирского вагона для дальнейших исследований, исходные данные и принятые допущения для расчетов;

разработать уточненную конечно-элементную модель кузова пассажирского вагона, позволяющую теоретически исследовать различные варианты несущих конструкций кузова пассажирского вагона;

провести теоретические исследования нагруженности конструкции кузова пассажирского вагона и на основе анализа результатов исследований выбрать параметры и оптимальные конструкторские решения основных несущих элементов кузова динамометрического вагона специально-технического назначения;

провести теоретические исследования по оценке прочности, устойчивости и ходовых динамических качеств динамометрического вагона специально-технического назначения для подтверждения достоверности разработанной конструкции;

разработать программу и методику проведения статических испытаний на прочность разработанной конструкции динамометрического вагона специально-технического назначения;

провести экспериментальные исследования динамометрического вагона специально-технического назначения по оценке прочности кузова для подтверждения достоверности разработанной конструкции;

сравнить полученные экспериментальным путем данные с расчетными и нормативными данными.

**Объектом исследования** является кузов пассажирского вагона.

**Предметом исследования** является нагруженность конструкции кузова пассажирского вагона при действии на него эксплуатационных сил.

**Методы исследования.** При выполнении исследований использованы статистические, аналитические и экспериментальные методы исследований. В теоретических исследованиях по оценке нагруженности конструкции кузова пассажирского вагона применены аналитические методы и метод конечных элементов, а также программные комплексы ANSYS Workbench и SolidWorks. Экспериментальные исследования по оценке прочности при сжатии/растяжении опытного образца кузова динамометрического вагона специально-технического назначения проведены в лабораторных и производственных условиях.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана конечно-элементная модель пассажирского вагона для совершенствования его кузова, позволяющая осуществлять выбор технических решений на основе изменения конструктивных характеристик;

определены зависимости напряженно-деформированного состояния элементов кузова пассажирского вагона от их геометрических размеров, которые с учетом действующих нагрузок на кузов позволили обоснованно выбрать оптимальные размеры усиливающих элементов;

разработан кузов динамометрического вагона специально-технического назначения посредством совершенствования конструкции пассажирского вагона на основе изменений геометрических размеров его элементов;

разработана программа и методика проведения статических испытаний для оценки прочности опытного образца динамометрического вагона с учетом воздействия на него различных сил.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана научно-обоснованная конструкция кузова динамометрического вагона специально-технического назначения на базе усовершенствованной конструкции кузова пассажирского вагона модели 61-907 производства АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов», позволяющая эксплуатировать его в составе грузовых и пассажирских поездов;

разработана программа и методика проведения статических испытаний на прочность при сжатии/растяжении опытного образца динамометрического вагона специально-технического назначения с применением многоканальной тензоизмерительной тензостанции МІС-185 и специального стенда для

нагружения вагонов продольными статическими нагрузками, который позволяет осуществлять нагружение конструкции вагона при ее оценке на прочность усилиями сжатия 3,5 МН и растяжения 2,5 МН.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается использованием в теоретических исследованиях современных численных методов, апробированных и общепризнанных в инженерной практике программных комплексов, в экспериментах и испытаниях – сертифицированных и калиброванных средств измерений; сходимостью результатов теоретических исследований с проведенными натурными экспериментальными данными.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость полученных результатов исследования заключается в создании уточненной конечно-элементной модели кузова пассажирского вагона, позволяющей учитывать особенности принятых конструктивных решений, а также в установлении зависимостей напряженно-деформированного состояния элементов кузова пассажирского вагона от геометрических размеров его элементов (хребтовой балки, боковых продольных балок и раскосов), которые позволили обоснованно выбрать оптимальные толщины усиливающих элементов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке усовершенствованной конструкции кузова пассажирского вагона для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения для эксплуатации в составе грузовых и пассажирских поездов, а также соответствующей программы и методики проведения статических испытаний на прочность при сжатии/растяжении опытного образца динамометрического вагона специально-технического назначения.

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных научных исследований по разработке основных технических решений динамометрического вагона специально-технического назначения:

разработанная конструкция кузова динамометрического вагона специально-технического назначения на базе усовершенствованной конструкции кузова пассажирского вагона модели 61-907 внедрена на АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» (справка Министерство Транспорта Республики Узбекистан № 2/5466 от 13 сентября 2022 г.) при строительстве динамометрического вагона специально-технического назначения модели 61-907-ДМ. В результате увеличилась вероятность оптимального выбора тяги локомотива для эксплуатации поездов на горных участках железнодорожного пути, определения продольно-динамических усилий сцепления вагонов и локомотивов, возникающих при подъеме и спуске, а также осуществления проверки критических норм массы и условий пропуска поездов;

разработанная программа и методика проведения статических испытаний на прочность при сжатии/растяжении динамометрического вагона специально-технического назначения внедрена на АО «Ташкентский завод по

строительству и ремонту пассажирских вагонов» (справка Министерство Транспорта Республики Узбекистан № 2/5466 от 13 сентября 2022 г.) при проведении статических испытаний на прочность опытного образца динамометрического вагона специально-технического назначения модели 61-907-ДМ. В результате ожидаемая экономическая эффективность составила 840 млн.сум за счет снижения затрат на проектирование и строительство вагонов.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 6 научных конференциях, в том числе на 1 научной конференции, индексируемой в международной реферативной базе данных Scopus, на 4 международных и 1 республиканской научной конференции.

**Опубликованность результатов исследования.** Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 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 зарегистрировано 3 программных продукта 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, раскрывается 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.

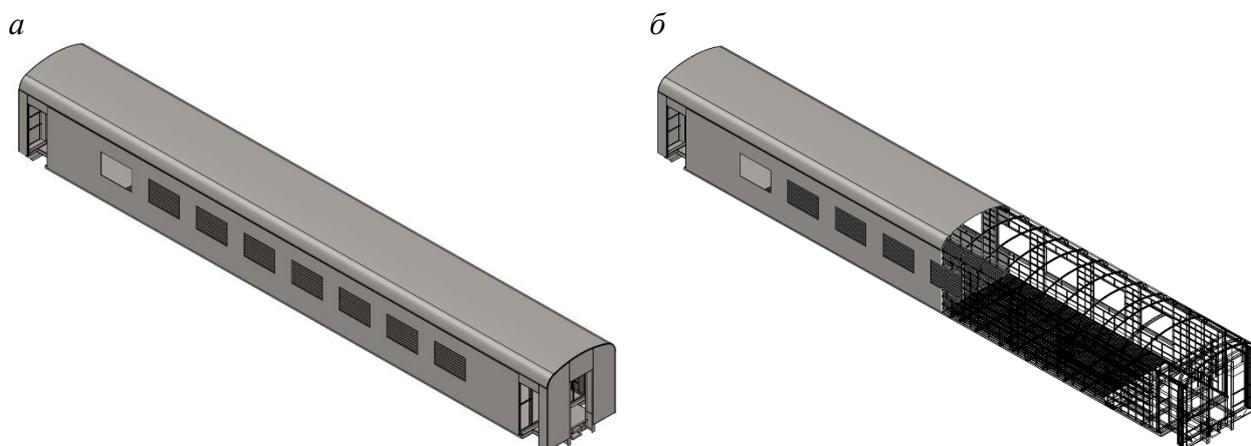
В первой главе диссертации **«Обзор и анализ конструкций пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения. Постановка цели и задач исследования»** выполнен анализ современного состояния имеющихся технических решений конструкций пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения. Для определения основных проблем, текущего состояния и перспективных направлений развития парка вагонов подробно проанализированы конструкции отечественных и зарубежных пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения.

В результате анализа несущих элементов кузова современного подвижного состава определено, что конструкция кузова пассажирского вагона складывается из трех составляющих несущих элементов: основные, вспомогательные и ненесущие элементы. По характеру устройства этих несущих элементов конструкции кузовов разделяются на три основных типа: *подкрепленные листовые системы*, в которых несущими элементами являются гофрированные листы из алюминия, нержавеющей или обычной стали и связанный с ними набор стержней; *каркасные несущие системы*, в которых нагрузки воспринимаются и передаются массивными коробчатыми стержнями; *панельные системы*, нагрузки в конструкциях воспринимаются несущими панелями, состоящими из наружных и внутренних пластин, которые соединяются для совместной работы.

На основе выполненного обзора и анализа конструкций пассажирских вагонов, исследований по совершенствованию их конструкции для дальнейших теоретических расчетов и экспериментальных исследований была выбрана конструкция кузова пассажирского вагона модели 61-907 производства АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» с целью совершенствования и переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения для эксплуатации в составе как пассажирских, так и грузовых поездов.

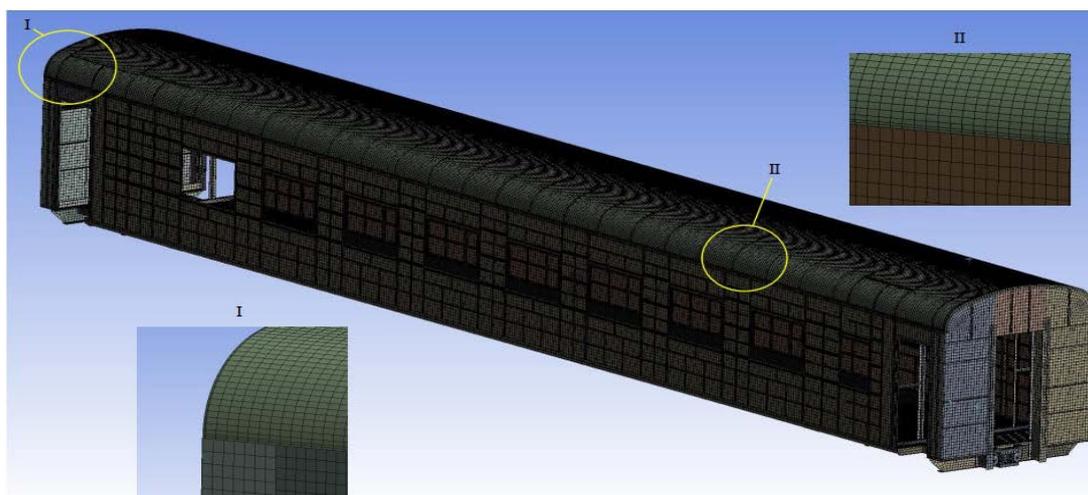
Исходя из результатов выполненного анализа современного состояния и перспектив развития конструкций пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Исследования нагруженности конструкции кузова пассажирского вагона»** с целью исследования нагруженности конструкции кузова пассажирского вагона модели 61-907 для совершенствования и переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения была разработана трехмерная модель кузова с использованием программного комплекса SolidWorks 2021 (рис. 1).



**Рис. 1. Общий вид пространственной модели конструкции кузова пассажирского вагона (а) и его металлоконструкция (б)**

Для выполнения теоретических исследований разработанная в программном комплексе SolidWorks 2021 пространственная модель кузова вагона была импортирована в программное обеспечение ANSYS Workbench 2021, на основе которой была разработана уточненная конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона (рис. 2), позволяющая учитывать особенности вариантов принимаемых конструктивных решений при расчетах. А именно изменение геометрических размеров элементов кузова и рамы (хребтовой балки, боковых продольных и поперечных балок, раскосов и других элементов), что позволит обоснованно выбрать оптимальные толщины усиливающих элементов пассажирского вагона в зависимости от условий эксплуатации.

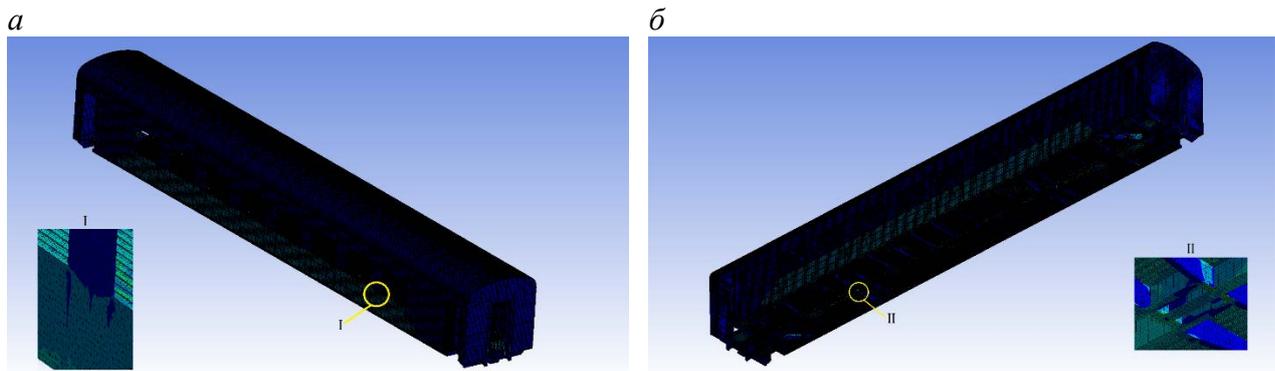


**Рис. 2. Расчетная конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона**

Элементы кузова имитировались объемными конечными элементами типа Solid 186. Указанный трехмерный твердотельный элемент имеет квадратичные формы с двадцатью узлами, имеющими три степени свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  узловой системы координат.

Для определения нагруженности конструкции кузова вагона, распределения напряжений в элементах кузова и зон усиления в расчетной модели кузова были предусмотрены несколько поперечных измерительных сечений с установленными на них виртуальными точками замеров для получения индивидуальных значений напряжений в каждой из точек.

В результате выполненных прочностных расчетов с использованием метода конечных элементов в программном обеспечении ANSYS Workbench 2021, проводимых согласно требованиям «Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)», ГОСТ 33211-2014 и ГОСТ 34093-2017 под воздействием продольных сил, приложенных к передним и задним упорам автосцепного оборудования кузова вагона, получены значения максимальных напряжений в виртуальных точках замера. Эпюры распределения напряжений по теории Мизеса на элементах кузова вагона при первом расчетном режиме представлены на рис. 3.

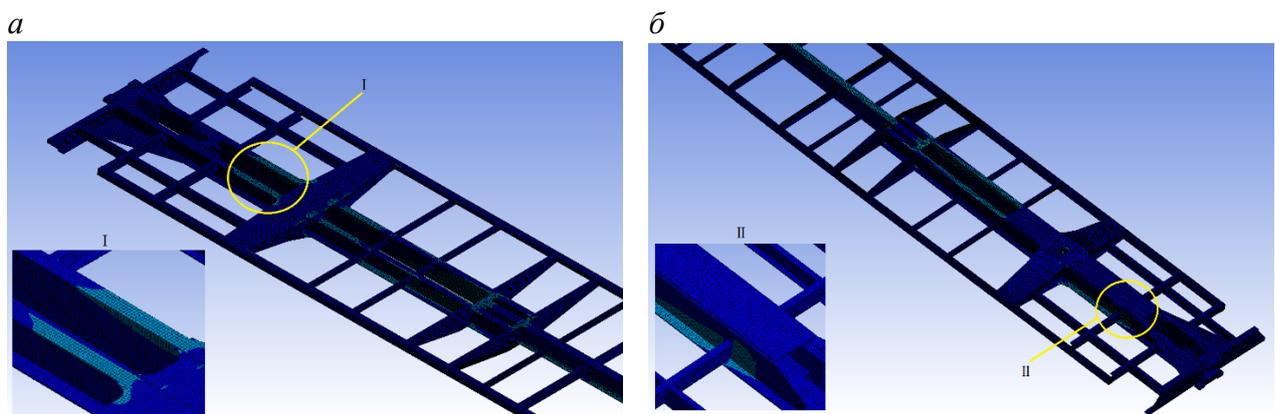


**Рис. 3. Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах кузова вагона при I расчетном режиме (при центральном взаимодействии автосцепок, сжатие силой 3,5 МН):**

*a* – вид сверху; *б* – вид снизу

Полученные зависимости максимальных эквивалентных напряжений, возникающих в элементах кузова вагона, позволили определить, что изменения напряжений на элементах боковых стен и крыши при увеличении продольных сил незначительны, и величины их не превышают установленных допускаемых значений. При этом напряжения, возникающие в элементах рамы вагона, в некоторых частях превышают установленные допускаемые значения, в связи с этим для определения мест требующих усиления в дальнейшем исследовании проводились непосредственно на раме вагона.

По выполненным исследованиям нагруженности рамы вагона при действии продольных сил в зависимости от расчетного режима значением от 1 до 3,5 МН, приложенных к передним и задним упорам автосцепного оборудования, получены максимальные значения напряжений в каждой из виртуальных точек замеров. Эпюры распределения напряжений по теории Мизеса на элементах рамы вагона при центральном взаимодействии автосцепок представлены на рис. 4.



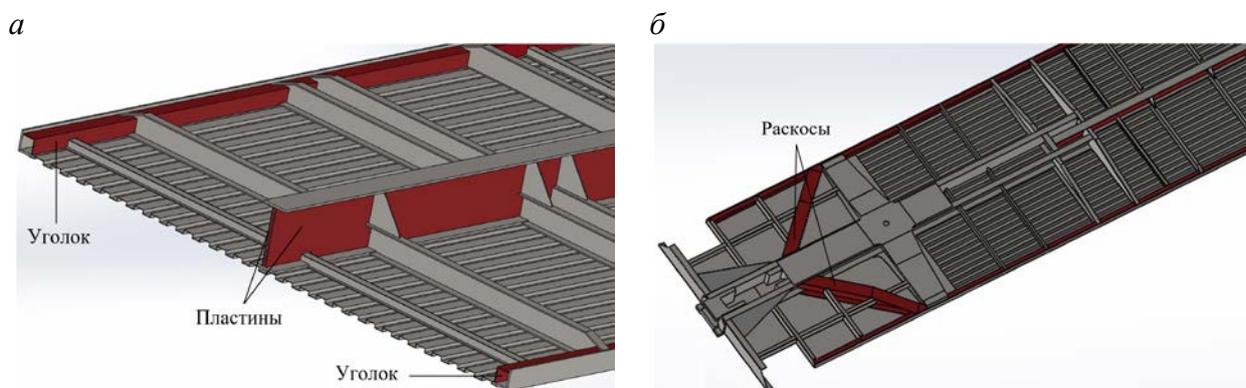
**Рис. 4. Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах рамы вагона при I расчетном режиме (сжатие силой 3,5 МН):**

*a* – вид сверху; *б* – вид снизу

Анализ результатов исследований показывает, что максимальное значение напряжения в элементах рамы, в основном в хребтовой балке, составляет 523,62 МПа, что по первому расчетному режиму превышает

установленное допускаемое напряжение 276,3 МПа. Следовательно, для эксплуатации разрабатываемого вагона в составе грузовых поездов при увеличенных продольных нагрузках необходимо предусмотреть усиление наиболее нагруженных элементов рамы пассажирского вагона модели 61-907 для совершенствования его металлоконструкции с целью переоборудования в динамометрический вагон специально-технического назначения.

На основе выполненных теоретических исследований методом конечных элементов определено, что для выполнения установленных требований хребтовую балку рамы разрабатываемого динамометрического вагона специально-технического назначения в центральной части, выполненную из двутавра № 30, необходимо усилить с двух сторон по всей длине стальными пластинами толщиной 8 мм (рис. 5), соединяющими верхние и нижние полки двутавра с двух сторон стенки.



**Рис. 5. Рама вагона с усиливающими элементами**

Для снижения напряжений на хребтовой балке в консольной части рамы необходимо предусмотреть специальные балки (раскосы) из двутавра, закрепленные с одной стороны к хребтовой балке, а с другой к боковым продольным балкам рамы, что позволит часть продольных сил, действующих через упоры автосцепного оборудования распределить на каждую из боковых продольных балок рамы. При этом балка должна иметь сужение в местах присоединения к обвязке без изменения профиля поперечного сечения.

Кроме того, боковые продольные балки рамы, расположенные между дверными проемами, по всей длине необходимо усилить с внутренней стороны в местах между поперечными балками равнополочным угольником размером 75×75×5 мм.

Таким образом, в результате комплексных исследований с применением метода конечных элементов предложена усовершенствованная конструкция кузова пассажирского вагона для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения, отличающаяся тем, что центральная хребтовая балка, выполненная из двутавра усилена с двух сторон стальными пластинами, соединяющими верхние и нижние полки двутавра с двух сторон стенки, к боковым продольным балкам рамы с внутренней стороны приварены равнополочные уголки между поперечными балками по всей длине боковых продольных балок, консольная часть рамы имеет раскосы,

закрепленные с одной стороны к хребтовой балке, а с другой к боковым продольным балкам рамы.

В третьей главе диссертации **«Теоретические исследования конструкции динамометрического вагона специально-технического назначения»** выполнены теоретические исследования с целью оценки прочности и устойчивости предложенной конструкции кузова динамометрического вагона специально-технического назначения на базе усовершенствованной конструкции кузова пассажирского вагона, а также его ходовых динамических качеств и воздействия на железнодорожный путь.

Прочность кузова динамометрического вагона оценивалась в соответствии с «Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» и в результате выполненного расчета по методу конечных элементов были получены эквивалентные напряжения, по теории Мизеса, возникающие в элементах кузова динамометрического вагона при первом, втором и третьем расчетных режимах. Установлено, что прочность предлагаемой конструкции динамометрического вагона удовлетворяет установленным требованиям. При этом получены следующие результаты:

При I расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах рамы составили 209 МПа (75,7 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса боковых стен – 130 МПа (58,9 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса торцевых стен – 112 МПа (43,9 % от допускаемых напряжений) и в элементах каркаса крыши – 125 МПа (51 % от допускаемых напряжений).

При II расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах рамы составили 137 МПа (49,6 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса боковых стен – 118 МПа (53,5 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса торцевых стен – 99 МПа (44,9 % от допускаемых напряжений) и в элементах каркаса крыши – 118 МПа (48,2 % от допускаемых напряжений).

При III расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах рамы составили 120 МПа (60 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса боковых стен – 130 МПа (78,8 % от допускаемых напряжений), в элементах каркаса торцевых стен – 39 МПа (23,6 % от допускаемых напряжений) и в элементах каркаса крыши – 151 МПа (91,5 % от допускаемых напряжений).

С целью оценки устойчивости элементов кузова динамометрического вагона в соответствии с установленными требованиями выполнены расчеты, где устойчивость сжатых элементов проверяется путем сравнения расчетного коэффициента запаса устойчивости с допускаемым. В результате расчета были получены формы и коэффициенты запаса устойчивости элементов кузова (таблица 1). Полученные расчетные коэффициенты запаса устойчивости элементов кузова динамометрического вагона превышают допускаемые значения, следовательно, кузов динамометрического вагона удовлетворяет требованиям по устойчивости.

Таблица 1

## Полученные коэффициенты запаса устойчивости элементов кузова

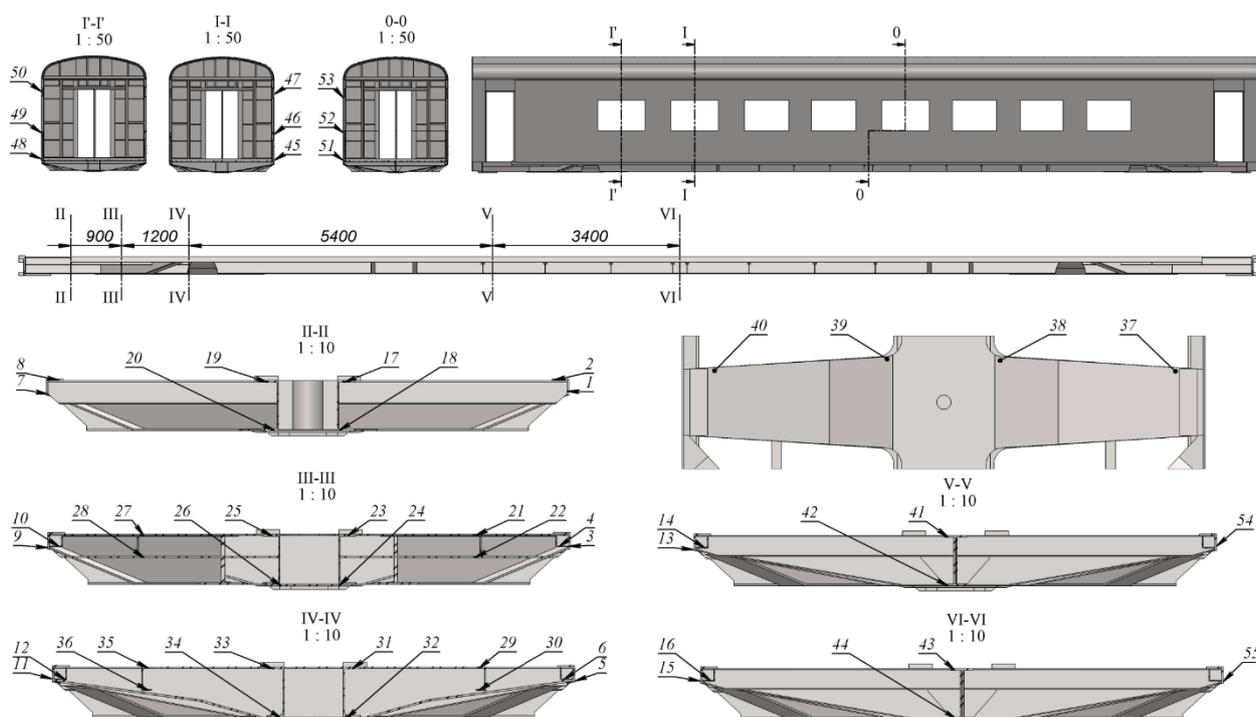
Режим расчета	Зона возникновения первой формы потери устойчивости	Коэффициент запаса устойчивости	
		расчетный	допускаемый
I режим (сжатие)	Лист пола в концевой части вагона	1,13	1,1
I режим (удар)	Лист пола в концевой части вагона	1,16	1,1
II режим (растяжение)	Обшива крыши в средней части вагона	1,35	1,3
II режим (рывок)	Обшива крыши в концевой части вагона	2,38	1,3
III режим (сжатие)	Лист пола в концевой части вагона	1,52	1,5
III режим (удар)	Лист пола в средней части вагона	1,61	1,5
III режим (растяжение)	Штаны рамы	1,52	1,5
III режим (рывок)	Обшива крыши в концевой части вагона	3,9	1,5

Кроме того в данной главе выполнены исследования по оценке ходовых качеств динамометрического вагона и его воздействию на железнодорожный путь, по результатам которых установлено, что разработанный динамометрический вагон соответствует нормативным требованиям.

В четвертой главе диссертации «**Экспериментальные исследования динамометрического вагона специально-технического назначения**» разработана программа и методика статических испытаний на прочность при сжатии/растяжении динамометрического вагона специально-технического назначения. По разработанной программе и методике опытный образец динамометрического вагона специально-технического назначения модели 61-907-ДМ подвергался статическим испытаниям на прочность, согласно ГОСТ 33788-2016, целью которых являлась оценка напряженно-деформированного состояния элементов кузова вагона при действии на него статически приложенных продольных сжимающих и растягивающих испытательных нагрузок.

При проведении испытаний на базе АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» для создания продольных усилий на раму использовался стенд нагружения вагонов продольными статическими нагрузками, для регистрации деформаций применялись тензорезисторы ВВF200-10АА-А(11)-ВХ30, измерения осуществлялись аппаратно-программным комплексом МІС-185 с записью процессов на жестком диске персонального компьютера.

Перед приложением продольных нагрузок для сжатия и растяжения вагона производилась наклейка тензорезисторов на исследуемые точки несущих элементов кузова вагона (рис. 6), полученные по результатам расчетов.



**Рис. 6. Схема наклейки тензорезисторов на кузове и раме опытного образца вагона**

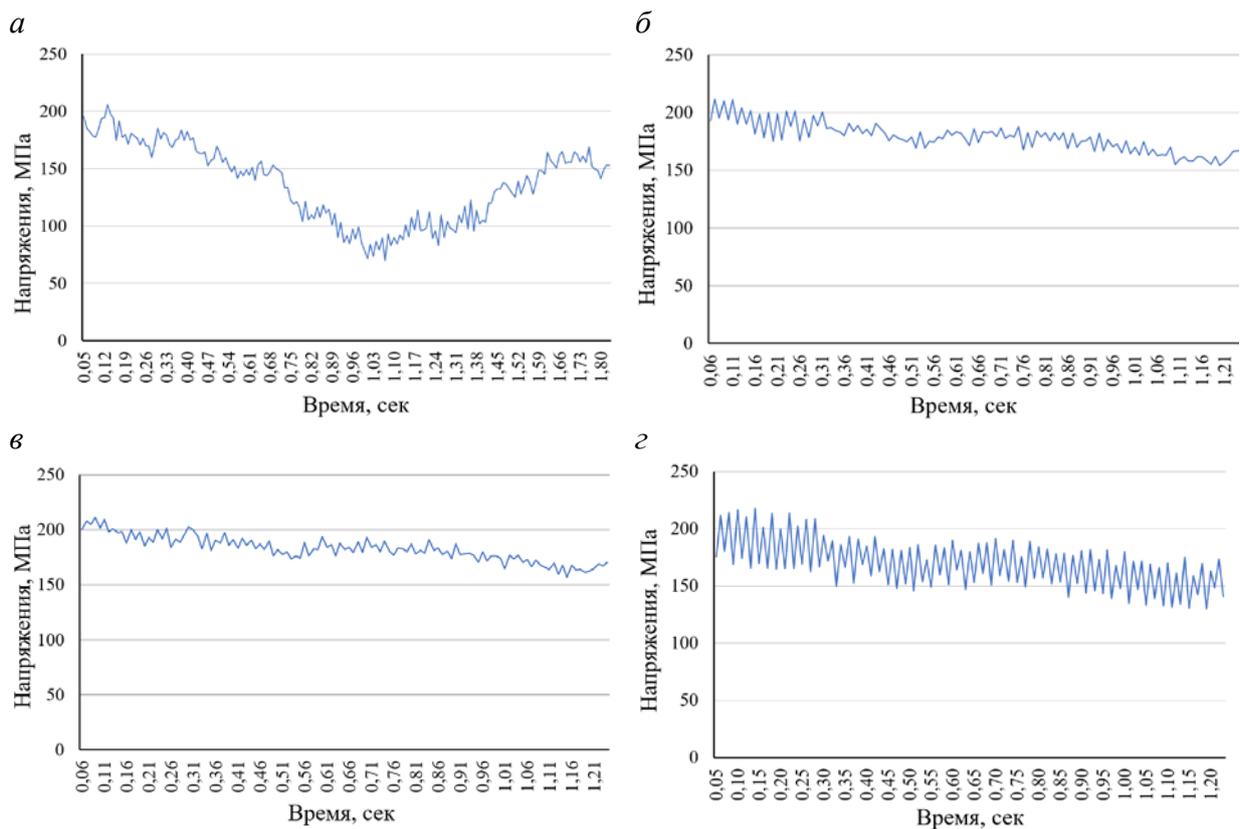
Испытания проводились в следующей последовательности:

- приложение продольной статической нагрузки через элементы автосцепного устройства силой 1,0 МН и 2,5 МН (растяжение);
- приложение продольной статической нагрузки через элементы автосцепного устройства силой 2,5 МН (растяжение) и 3,5 МН (сжатие) с помощью домкратов, установленных на стенд для нагружения (рис. 7).



**Рис. 7. Общий вид опытного образца динамометрического вагона модели 61-907-ДМ на стенде для нагружения продольными статическими нагрузками**

В результате выполненных статических испытаний на прочность опытного образца динамометрического вагона модели 61-907-ДМ получены максимальные значения напряжений на следующих элементах (рис. 8): на хребтовой балке в зоне окончания усиления – 217,8 МПа; на хребтовой балке в центральной части – 180 МПа; на шкворневой балке – 99 МПа; на элементах кузова – 93 МПа.



**Рис. 8. Максимальные значения полученных напряжений на элементах кузова динамометрического вагона:**

*а* – тензорезистор № 13; *б* – тензорезистор № 15; *в* – тензорезистор № 16;  
*г* – тензорезистор № 23

Таким образом, на основании полученных результатов комплексных испытаний опытного образца динамометрического вагона специально-технического назначения модели 61-907-ДМ при действии на него статически приложенных продольных сжимающих и растягивающих испытательных нагрузок, определено, что предлагаемая конструкция динамометрического вагона соответствует установленным требованиям и удовлетворяет условиям прочности, полученные напряжения не превышают максимально допустимых значений. Кроме того, видимых повреждений и остаточных деформаций в конструкции опытного образца вагона не было обнаружено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на выбор параметров и научное обоснование основных технических решений динамометрического вагона, при этом:

1. На основании выполненного обзора и анализа современного состояния имеющихся конструкций пассажирских вагонов и вагонов специально-технического назначения выбраны основные технические решения и установлены требования к конструкции динамометрического вагона

специально-технического назначения, учитывающие отечественный и зарубежный опыт вагоностроения.

2. Для выполнения теоретических исследований разработана уточненная конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона, позволяющая учитывать особенности принятых конструктивных решений.

3. Теоретически с использованием метода конечных элементов определены зависимости напряженно-деформированного состояния элементов кузова пассажирского вагона от геометрических размеров его элементов (хребтовой балки, боковых продольных балок, раскосов и других элементов), которые позволили обоснованно выбрать оптимальные толщины усиливающих элементов.

4. В результате комплексных исследований с применением метода конечных элементов предложена усовершенствованная конструкция кузова пассажирского вагона для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения, отличающаяся тем, что центральная хребтовая балка, выполненная из двутавра усилена с двух сторон стальными пластинами, соединяющими верхние и нижние полки двутавра с двух сторон стенки, к боковым продольным балкам рамы с внутренней стороны приварены равнополочные уголки между поперечными балками по всей длине боковых продольных балок, консольная часть рамы имеет раскосы, закрепленные с одной стороны к хребтовой балке, а с другой к боковым продольным балкам рамы.

5. С целью исследования и оценки прочности усовершенствованной конструкции вагона разработана программа и методика проведения статических испытаний на прочность при сжатии/растяжении опытного образца вагона динамометрического специально-технического назначения.

6. В результате комплексных испытаний опытного образца динамометрического вагона специально-технического назначения, при действии на нее статически приложенных продольных сжимающих и растягивающих испытательных нагрузок, показали, что предлагаемая конструкция вагона полностью соответствует установленным требованиям. Кроме того, видимых повреждений и остаточных деформаций в конструкции опытного образца вагона не было обнаружено.

Таким образом, на основании выполненных комплексных теоретических и экспериментальных исследований определено, что конструкция разработанного динамометрического вагона специально-технического назначения модели 61-907-ДМ удовлетворяет условиям прочности и может эксплуатироваться в составе как пассажирских, так и грузовых поездов.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY  
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDED  
SCIENTIFIC DEGREES PhD.15/31.08.2022.T.73.02**

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**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–2022**

**The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2022.4.PhD/T3207.**

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](http://www.tstu.uz)) and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Rahimov Rustam Vyacheslavovich</b> doctor of technical sciences, docent
<b>Official opponents:</b>	<b>Tretyakov Alexander Vladimirovich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Zayniddinov Nuriddin Savranbekovich</b> candidate of technical sciences
<b>Leading organization:</b>	<b>Jizzakh Polytechnic Institute</b>

The defense will be take place at 10<sup>00</sup> on December 29, 2022 at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.15/31.08.2022.T.73.02 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](mailto:rektorat@tdtu.uz)).

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Centre of the Tashkent state transport university (Registered number - 074). (Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent, 100167, Uzbekistan. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on December 17, 2022.  
(mailing recort No 001 on December 17, 2022).

**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,  
candidate of technical sciences, docent

**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** is to select parameters and develop scientifically based technical solutions for a dynamometric wagon for technology-specific purposes, which design and technical condition must satisfy the necessary level of safety of operation as part of freight and passenger trains.

### **Tasks of the research:**

analysis of existing technical solutions for the designs of passenger wagons and technology-specific wagons;

selection of advanced design of a passenger wagon for further research, initial values and assumptions for calculations;

to develop a refined finite-element model of the passenger wagon body, which allows theoretically exploring various variants of the supporting structures of the passenger wagon body;

to undertake theoretical researches of the loading of the passenger wagon body design and based on the analysis of the research results, to select the parameters and optimal design solutions of the main supporting elements of body of a dynamometric wagon for technology-specific purposes;

to confirm the reliability of the developed design, it is necessary to conduct research on the assessment of the solidity, stability and dynamic qualities of the dynamometric wagon of special-technical purposes;

to undertake theoretical researches of strength assessment, stability and riding dynamic qualities of a dynamometric wagon for technology-specific purposes to confirm the reliability of the developed design;

to develop a program and methodology for undertake static solidity tests of the developed design of a dynamometric wagon for technology-specific purposes;

to undertake experimental researches of strength assessment of the body of a dynamometric wagon for technology-specific purposes to confirm the reliability of the developed design;

compare the data obtained experimentally with the calculated and normative data.

### **The scientific novelty of the research** consists of:

a finite-element model of a passenger wagon body has been developed to improve its body, allowing the choice of technical solutions based on changes in design characteristics;

the dependences of the stress-strain state of the elements of the passenger wagon body on their geometric dimensions were determined, which, taking into account the existing loads on the body, made it possible to reasonably select the optimal dimensions of the reinforcing elements;

the body of a dynamometric wagon for sechnology-specific purposes was developed by improving the design of a passenger wagon based on changes in the geometric dimensions of its elements;

a program and methodology for conducting static tests was developed to assess the strength of a prototype dynamometric wagon, taking into account the impact of various forces on it.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four 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 бўлим (I часть; I part)**

1. Хикматов Ф.Ф. Оценка устойчивости элементов кузова динамометрического вагона специально-технического назначения / Ф.Ф. Хикматов // Машиностроение. – 2022. – № 3. – С. 70 – 83 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2021 йил 30 декабрдаги 310/14.2-сон қарори).

2. Рахимов Р.В. Модернизация металлоконструкции кузова динамометрического вагона специально-технического назначения / Р.В. Рахимов, Ф.Ф. Хикматов, Ю.Б. Житков // Железнодорожный транспорт: актуальные задачи и инновации. – 2022. – № 2. – С. 160 – 170 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сон қарори).

3. Khikmatov. F.F. Development of a program and methodology for static strength tests of a dynamometer wagon for special technical purposes / F.F. Khikmatov, R.V. Rahimov // Technical science and innovation. – 2022. – № 3. – P. 170 – 174 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 июлдаги 283/7.1-сон қарори).

4. Khikmatov F.F. Assessment of stability of the body elements of a dynamometric car for special technical purpose / F.F. Khikmatov, Y.O. Ruzmetov. // Technical science and innovation. – 2022. – № 3. – P. 174 – 180 (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 июлдаги 283/7.1-сон қарори).

5. Zairova D.N. Running quality assessment of a passenger car produced in the Republic of Uzbekistan / D.N. Zairova, M.N. Kadirov, N.K. Khojiev, F.F. Khikmatov, K.S. Shokuchkorov, G.S. Mustaeva // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Vol. 264. – 05058. – P. 1 – 6 (Scopus IF = 2,16).

**II бўлим (II часть; II part)**

6. Рахимов Р.В. Совершенствование конструкции пассажирского вагона для переоборудования его в динамометрический вагон специально-технического назначения / Р.В. Рахимов, Ф.Ф. Хикматов // Труды РГУПС. – 2021. – № 4 (57). – С. 91 – 95.

7. Рахимов Р.В. Динамометрический вагон специально-технического назначения для железных дорог Республики Узбекистан / Р.В. Рахимов, Ф.Ф. Хикматов // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте»: в 2 ч. Ч. 1. – Гомель: БелГУТ, 2021. – С. 143 – 144.

8. Хикматов Ф.Ф. Исследования по оценке ходовых качеств пассажирского вагона производства Республики Узбекистан / Ф.Ф. Хикматов, Д.Д. Султоналиев // Молодой ученый. – 2021. - №39 (381). – С. 29 – 33.

9. Rahimov R.V. O‘zbekiston Respublikasi temir yo‘llari uchun maxsus texnik maqsaddagi dinamometrik vagon konstruktiv yechimlarini tanlash / R.V. Raximov,

F.F. Hikmatov, M.D. Gulamova // “Transportda resurs tejankor texnologiyalar” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari. – Toshkent: TDTU, 2021. – B. 168 – 172.

10. Хикматов Ф.Ф. Оценка ходовых качеств пассажирского вагона производства Республики Узбекистан / Ф.Ф. Хикматов, О.Б. Нигматов, М.К. Абдуллоев, Б.Ш. Жумабеков, Х.Х. Отажонов, М.Н. Кадиров // Материалы международной научно-методической конференции «Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики». – Самара-Оренбург-Нижний Новгород: СамГУПС, ОрИПС, Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде, 2021. – С. 112 – 117.

11. Нигай Р.П. Йўловчи вагонлари тележкаларини такомиллаштириш йўллари ва ривожланиш истиқболлари / Р.П. Нигай, Ф.Ф. Хикматов, Д.Ш. Зафаров, С.Б. Намозов, Ф.Ф. Музаффаров, П.К. Абдурахмонов, О.О. Рахимов // Молодой ученый. – 2022. – №13 (408). – С. 350 – 353.

12. Рахимов Р.В. Исследования нагруженности кузова динамометрического вагона специально-технического назначения для железных дорог Республики Узбекистан / Р.В. Рахимов, Ф.Ф. Хикматов // Материалы Первой Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Т.: ТГТрУ, 2022. – С. 106 – 113.

13. Нигай Р.П. Универсал контейнерлар конструкциясини такомиллаштириш / Р.П. Нигай, Ф.С. Галимова, Ф.Ф. Хикматов, Х.Х. Отажонов, С.Б. Намозов, Ф.Ф. Музаффаров, П.К. Абдурахмонов, О.О. Рахимов // Молодой ученый. – 2022. – №15 (410). – С. 381 – 383.

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

15. Нигай Р.П. Депо шароитида юк вагонларини таъмирлаш технологиясини такомиллаштириш / Р.П. Нигай, Ф.С. Галимова, Ф.Ф. Хикматов, Р.М. Йулдошов, С.Б. Намозов, Ф.Ф. Музаффаров, П.К. Абдурахмонов, О.О. Рахимов // Молодой ученый. – 2022. – №19 (414). – С. 553 – 555.

16. Рахимов Р.В. Программа для определения величины относительного вертикального смещения автосцепок при проходе сцепом вагонов перелома профиля аппаратного съезда: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021680512 от 10.12.2021 Российская Федерация / Р.В. Рахимов, Ш.Х. Султонов, М.К. Абдуллоев, Ф.Ф. Хикматов, Д.Д. Султоналиев, Ф.С. Галимова; заявл. № 2021669613 от 30.11.2021; опубл. 10.12.2021; бюл. № 12. – 1 с.

17. Рахимов Р.В. Программа для определения мощности тормозных позиций на спускной части сортировочной горки: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616753 от 15.04.2022 Российская Федерация / Р.В. Рахимов, М.А. Хаджимухаметова,

Ш.Х. Султонов, Д.Ш. Зафаров, П.К. Абдурахмонов, Ф.Ф. Хикматов, О.О. Рахимов; заявл. № 2022615333 от 28.03.2022; опубл. 15.04.2022; бюл. № 4. – 1 с.

18. Хикматов Ф.Ф. Программа для определения боковых сил взаимодействия между вагонами в кривых участках пути: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № DGU 18683 от 08.10.2022 Республика Узбекистан / Ф.Ф. Хикматов, Р.В. Рахимов; заявл. № DGU 2022 4498 от 10.09.2022; опубл. 08.10.2022; бюл. № 10. – 1 с.

Автореферат “ТДТрУ хабарномаси” илмий-амалий журнали  
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди  
(1.11.2022 й).

Қоғоз бичими: 84x60-1/16. Ризограф босма усули Times New Roman гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 2,7 б.т. Адади 100 нусха. Буюртма №43-13/2022.  
Нашрга рухсат этилди: 16.11.2022 й.

Гувоҳнома № 851684.  
“Тірограф” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.