ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.15/30.12.2019.T.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

САИДИВАЛИЕВ ШУХРАТ УМАРХОДЖАЕВИЧ

БЎЙЛАМА ЙЎНАЛИШДА КИЧИК ТЕЗЛИКДАГИ ШАМОЛ ТАЪСИРИДА САРАЛАШ ТЕПАЛИГИ ТОРМОЗ ПОЗИЦИЯЛАРИНИНГ УЧАСТКАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСЛУБИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.03– Темир йўл транспортини ишлатиш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)ДИССЕРТАЦИЯСИ

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент– 2020

УЎК 656.21

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

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

Саидивалиев Шухрат Умарходжаевич
Бўйлама йўналишда кичик тезликдаги шамол таъсирида саралаш тепалиги тормоз позицияларининг участкаларини ҳисоблаш услубини такомиллаштириш 3

Саидивалиев Шухрат Умарходжаевич
Совершенствование методики расчета участков тормозных позиции сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины 22

Saidivaliev Shukhrat Umarkhodjaevich
Improving the methodology for calculating sections of the brake positions of a sorting slide under the influence of a small tailwind ……. 40

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works…… 43

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.15/30.12.2019.T.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

САИДИВАЛИЕВ ШУХРАТ УМАРХОДЖАЕВИЧ

БЎЙЛАМА ЙЎНАЛИШДА КИЧИК ТЕЗЛИКДАГИ ШАМОЛ ТАЪСИРИДА САРАЛАШ ТЕПАЛИГИ ТОРМОЗ ПОЗИЦИЯЛАРИНИНГ УЧАСТКАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСЛУБИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.03– Темир йўл транспортини ишлатиш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)ДИССЕРТАЦИЯСИ

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент– 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестация комиссиясида B2019.2.PhD/T1212рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	**Туранов Хабибулла Туранович** техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Худайберганов Кобилжон Тахирович** техника фанлари доктори, профессор
	Махкамов Нурмухаммад Янгибоевич техника фанлари номзоди
Етакчи ташкилот:	**Тошкент автомобил йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент темир йўл муҳандислари институти ҳузуридаги PhD.15/30.12.2019.T.73.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «09» 07 соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100167, Тошкент, Одилхужаев кўчаси, 1 уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru.

Диссертацияси билан Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (010 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент, Одилхужаев кўчаси, 1 уй. Тел: (99871) 299-05-66

Диссертация автореферати 2020 йил «03» 07 куни тарқатилди.
(2020 йил «03» 07 даги 011 рақамли реестр баённомаси).

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

Я.О. Рузметов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.Темир йўл станцияларидаги саралаш тепалигининг асосий вазифаси таркибларни қайта ишлаш ҳамда янги таркибларни тузиш ҳисобланади. Бу эса кўп жиҳатдан оқилона лойиҳаланган саралаш тепаликдаги тушиш қисмининг профилига боғлиқ бўлади. Тепаликнинг тушиш қисми баландлигини ҳисоблаш ва лойиҳалаш ишлари мавжуд усул бўйича бажарилиб, бунга кўра саралаш тепалигининг қиялигидаги вагонни ҳаракат тезлиги, айланувчи массаларнинг инерциясини ҳисобга олган ҳолда жисмнинг вертикал бўйича тушиш тезлиги формуласи орқали аниқланади. Аммо вагоннинг вертикал тушиш вақтида, айланувчи массаларнинг инерцияси бўлмайди. Ривожланган давлатлар, жумладан АҚШ, Германия, Швеция, Хитой, Ҳиндистон, Россия каби мамлакатларда магистрал темир йўл транспорти ва маҳаллий тармоқларига таъсир кўрсатувчи саралаш станцияларининг тепаликларини механизациялаш ва автоматлаштириш каби усулларини ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда.

Саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалаш муаммоларининг тадқиқотига бағишланган бир қатор ишларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, тепалик қиялигидан якка вагон ҳаракатининг математик модели ва ҳисобий схемалари ишлаб чиқилмаганлигини тасдиқлаш имкониятини беради. Хусусан, тормоз позициялари участкасида вагоннинг тормозлаш вақти, йўли ва тезлигини аниқлаш усули шу вақтгача илмий асосда кўриб чиқилмаган. Ушбу ҳолатда, тўхтатиш жойига эга участкаларида вагон ҳаракатининг математик моделини тузиш асосидаги, кичик қийматдаги бўйлама шамол таъсирида саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалаш усулини такомиллаштириш темир йўл транспортининг долзарб амалий масалалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда транспорт тизимларини ривожлантириш, жумладан темир йўл транспортининг саралаш станцияларида вагон оқимларини қайта ишлаш жараёнларини ташкил этиш ва бошқаришни оптималлаштирувчи ва назорат қилиб баҳоловчи технологияларни ишлаб чиқиш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2018-2022 йилларда транспорт тузилмасини такомиллаштириш чора - тадбирларида, “... умуман темир йўл транспорти соҳасида — темир йўл транспорти хизматлари сифати ва хавфсизлигини ошириш, янги темир йўл магистралларини қуриш, темир йўлларни электрлаштириш даражасини ошириш, мамлакатнинг ташқи савдо юклари асосий жаҳон ва минтақа бозорларига олиб чиқилиши учун халқаро транспорт йўлакларини шакллантиришни давом эттириш ва уларнинг фаолиятини такомиллаштириш, мослашувчан тариф сиёсатини қўллаш, тармоқнинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш, логистика хизматларини такомиллаштириш ва ҳар хил транспорт турлари ўртасида ўзаро ҳамкорликни рационаллаштириш йўли билан Ўзбекистон Республикасининг темир йўл тармоғини жадал ривожлантириш учун зарур

шарт-шароитлар яратиш …”[1] вазифалари белгилаб қўйилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда саралаш станцияларининг тепаликларини энг мақбул баландликларини танлаш, вагонларни “турган вагон гуруҳларига” бориб урилиш тезликларини белгиланган меъёрини таъминлаш усулини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг “Темир йўл транспорти тўғрисида”ги Қонунида (1999 й.), Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 декабрдаги ПҚ-3422 сон “Транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорида, 2019 йил 1февралдаги “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5647-сон Фармонида 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 мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишига: VI. “Технологик жараёнларни комплекс механизациялаштириш ва автоматлаштириш” устувор йўналишига мос келади.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Саралаш станцияларини ривожлантириш ва ишини такомиллаштириш бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар етакчи мамлакатларнинг илмий марказлари, университет ва илмий-тадқиқот институтларида, жумладан: University of Baltimore (АҚШ), Technische Universität Berlin (Германия), Swedish national Railway Administration (Швеция), Петербург давлат темир йўл университети (Россия), Россия транспорт университети (Россия), Украина давлат темир йўл транспорт университети (Украина), Тошкент темир йўл муҳандислари институти (Ўзбекистон)да олиб борилмоқда.

Саралаш тепалигининг қиялигида вагоннинг думалаш динамикаси бўйича жаҳондаги йирик тадқиқотчилар, жумладан В.Н. Образцов, Н.И. Федотов, И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, В.М. Рудановский, И.П. Старшов, А.М. Устенко, Б.А. Родимов, Ю.А. Муха, Ю.И. Ефименко, С.А. Бессоненко, С.Н. Шмаль, J. Prokop, Sh. Myojin, C. Zhang, Y. Wei, G. Xiao, Z. Wang, C.T. Dick, J.R. Dirnberger ва бошқалар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Вагонни думалаш тезлигини ҳисоблашнинг такомиллашган усулни қўллаган ҳолда, саралаш тепалигидаги тўхтатиш жойларида вагоннинг сирпаниш тезлигини аниқлаш тадқиқот натижалари - Х.Т. Туранов, Е.Н. Тимухина, С.А. Ситников, Л.А. Рыкова, А.А. Гордиенко, А.В. Мягкова ва бошқалар томонидан келтирилган. Юртимизда поездлар ҳаракатини ташкил

[1]Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2декабрдаги ПҚ-3422 сон “Транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Қарори.

этишда техник-технологик ечимлар, саралаш станциялари иш кўрсаткичларини яхшилаш ва вагонларни қайта ишлаш технологик жараёнларини оптималлаштиришга қаратилган тадқиқотлар М.Х. Расулов, Н.Н. Ибрагимов, Р.З. Нурмухамедов, А.Ш. Шорустамов, К.Т. Худайберганов, С.К. Худайберганов, М.А. Ходжимухаметова, Ш.М. Суюнбаев, А.А. Светашев, У.Н. Ибрагимов, Ж.Р. Кабулов, К.А. Журабаев, Д.И. Илесалиев, Д.Б. Бутунов ва бошқалар томонидан олиб борилган.

Бироқ, саралаш станцияларининг тепаликлари тўхтатиш жойларида якка вагоннинг тезлиги, юриш йўли узунлиги ва вақтини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш бўйича бажарилган тадқиқотлар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий ўқув муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг №ЁБВ-Атех-2018-223-сон «Пакетланган юкларни ташишни ташкил этишнинг услубиётини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзусидаги ёш олимлар давлат грант режасига киритилган лойиҳа доирасида амалга оширилди.

Тадқиқот мақсади бўйлама йўналишда кичик тезликдаги шамол таъсирида саралаш тепалигининг тўхтатиш жойларида якка вагоннинг тезлиги, юриш йўли узунлиги ва вақтини ҳисоблаш усулларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

“вагон-йўл” тизимига кичик қийматдаги бўйлама шамол таъсирида, тўхтатиш жойига эга участкаларда якка вагоннинг ҳаракатида ва тормозлашдан кейинги ҳаракатида, “вагон-йўл” механик тизимининг соддалаштирилган ҳисобий схемасини ишлаб чиқиш;

тормозлашдан кейин тўхтатиш жойига эга участкадаги якка вагоннинг ҳаракатида “вагон-йўл” тизимининг соддалаштирилган математик моделини ишлаб чиқиш;

“вагон-йўл” тизимида ўзининг ўрнига эга бўлган, тормозлашдан кейинги участкада ва тўхтатиш жойига эга участкада кучларнинг боғлиқлик ифодаларини тузиш;

кичик қийматдаги бўйлама шамол таъсирида, тўхтатиш жойига эга участкаларда вагоннинг ҳаракат кўрсаткичларини ҳисоблаш имконини берувчи дастур ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида саралаш тепалигидаги тушиш қисмининг тўхтатиш жойига эга участкалари олинган.

Тадқиқот предмети саралаш тепалигидаги тушиш қисмининг тўхтатиш жойига эга участкаларида вагон тўхташининг асосий кўрсаткичларини ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Саралаш тепалигининг тушиш қисми баландлигини ҳисоблашга бағишланган адабиётлар манбаларининг таҳлили тадқиқотнинг методологик асоси ҳисобланади.

Ушбу ишда бажарилган назарий тадқиқотлар ва ҳисоб ишлари механиканинг асосий қоидаларига (алоқалардан ҳоли бўлиш тамойили, Кулон қонунлари, координата шаклдаги Даламбер тамойили, дифференциал ва интеграл ҳисобларнинг умумий тушунчаси) асосланган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

“вагон-йўл” тизимига бўйлама шамол таъсирида, тўхтатиш жойига эга участкада якка вагоннинг тормозланиш вақтида ва тормозланишдан кейинги ҳаракатида вагоннинг думалаш, “вагон-йўл” механик тизимининг соддалаштирилган ҳисобий схемалари ишлаб чиқилган;

тўхтатиш жойига эга участкасида тормозлашдан аввал ва кейин, якка вагоннинг ҳаракатида “вагон-йўл” механик тизимидаги кучларнинг боғлиқлик ифодалари тузилган;

“силжитувчи” ва “тутиб турувчи” кучларнинг қиймати бўйича, тўхтатиш жойига эга участкаларда вагон секинланиш ва тезланиш билан ҳаракатланганда, Даламбер тамойилига асосан вагоннинг чизиқли тезланишини ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган;

тўхтатиш жойларига эга участкаларида якка вагоннинг тормозлашдан аввал ва кейинги ҳаракатидаги вагоннинг тормозлаш йўли ва сирпаниш тезлигининг график боғлиқлиги қурилган;

айланувчи массаларнинг инерциясини ҳисобга олган ҳолда, тормозлашдан кейинги тўхтатиш жойининг қолган участкасида вагоннинг думалаш тезлиги ва ҳаракатланиш вақтини аниқлаш услуби яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

диссертация ишида таклиф этилган, тормозлашдан кейинги участкаларда вагоннинг думалаш тезлиги ва вақти, шунингдек тўхтатиш жойига эга участкаларида, вагоннинг тормозлаш вақти, йўли ва сирпаниш тезлигини ҳисоблашнинг аниқлаштирилган услуби ишлаб чиқилган;

бажарилган тадқиқот натижаларини, саралаш тепалигининг чўққисидан ҳисобий нуқтагача бўлган параметрларини ҳисоблаш учун, меъёрий-техник ҳужжатларда, илмий-тадқиқот ишларда ва лойиҳалаш ишларида қўллаш тартиби келтирилган;

саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалаш алгоритмлари ва уларнинг дастурий таъминоти ҳамда улардан фойдаланиш йўл-йўриқлари ишлаб чиқилган;

вагонларнинг вақт меъёридан кўпроқ туриб қолишини ва вагонларни улагичларини таъмирлаш ҳаражатларини камайтириш ҳисобига олинган иқтисодий самарадорликни аниқлаш тавсиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги, ўтказилган тадқиқотда замонавий услуб ва усуллардан фойдаланганлиги, Кулон қонунлари, координата шаклдаги Даламбер тамойили, дифференциал ва интеграл ҳисоблари асосида назарий тадқиқотлар олиб борилганлиги, саралаш тепалигининг тушиш қисмидан вагонларни тарқатиш, “вагон-йўл” тизимининг ҳисобий моделини тузишнинг маълум бўлган

тамойилларга тадқиқот натижаларининг амалиётга мувофиқлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг тормозлаш йўлини, тезлигини ва ҳаракатланиш вақтини ҳисоблашнинг таклиф этилган услуби шунингдек саралаш тепалигининг тушиш қисмида вагонни думалаш динамикасининг истиқболдаги ривожланиши ҳисобланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти бажарилган тадқиқот натижаларини, саралаш тепалигининг чўққисидан ҳисобий нуқтагача бўлган параметрларини ҳисоблаш учун, меъёрий-техник хужжатларда, илмий тадқиқот ишларда ва темир йўл транспорти олийгоҳларининг ўқув қўлланмаларида қўллаш имконияти мавжудлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши: Бўйлама йўналишда кичик тезликдаги шамол таъсирида саралаш тепалиги тормоз позицияларининг участкаларини ҳисоблаш услубини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалашга доир тузилган алгоритмлар ва дастурий таъминот ҳамда улардан фойдаланиш бўйича ишлаб чиқилган йўл-йўриқлари “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ тасарруфидаги “Тоштемирйўллойиҳа” МЧЖ ташкилотида жорий этиш учун қабул қилинган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг 2020 йил 2 мартдаги 01/876-20-сон маълумотнома). Жорий қилинган натижалар саралаш станцияларида вагонларни юқори тезликда ҳаракатланиб “турган вагон гуруҳига” урилиш тезлигини 2,5 бараварга камайтиришга хизмат қилади;

Бўйлама йўналишда кичик тезликдаги шамол таъсирида саралаш тепалигининг тўхтатиш жойларида якка вагоннинг тезлиги, юриш йўли узунлиги ва вақтини ҳисоблашнинг янги усули “Боштранслойиҳа” АЖ мутахассислари томонидан жорий этиш учун қабул қилинган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг 2020 йил 2 мартдаги 01/876-20-сон маълумотнома).Олинган натижалар вагон тезликларини меъёрга мос бўлиши ҳамда вагонларни бир бирига улагичларини таъмирлаш ҳаражатларини сезиларли даражада камайтириш имконини берган. Бундан ташқари, янги ишлаб чиқилган услуб, ҳисобланган саралаш тепалигининг мақбул баландлиги, яхши югуракли вагон ёмон югуракли вагонларни қувиб етиб олиш каби жараёнларини олдини олиш ва қўшимча манёвр ишларидан сақлаш имконини беради;

Саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалашга доир тузилган алгоритмлар ва дастурий таъминот ҳамда улардан фойдаланиш бўйича ишлаб чиқилган йўл-йўриқлари “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ тасарруфидаги “Тоштемирйўллойиҳа” МЧЖ ташкилотида жорий қилинган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖ нинг 2020 йил 2 мартдаги 01/876-20-сон маълумотнома).Тадқиқот натижаларига кўра,ушбу дастурдан фойдаланган

ҳолда, саралаш тепалигининг тўхтатиш жойларида вагоннинг тезлиги, босиб ўтган йўл узунлиги ва тормозланиш вақтини ҳисоблашга эришилган.

Тадқиқот натижаларини апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та илмий-амалий анжуманлар, шу жумладан 3 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтган ва кафедранинг кенгайтирилган йиғилишида баён этилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 4 таси хорижий ва 4 таси маҳаллий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 118 бет.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги кўрсатилган, ишнинг мақсади шакиллантирилган ва тадқиқотчи томонидан ечиладиган масалалар белгиланган. Бундан ташқари ишнинг илмий ва амалий аҳамияти асослаб берилган.

Биринчи “Саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалаш услубиётининг замонавий ҳолати” бобида мавжуд усул билан саралаш тепалигининг баландлигини ҳисоблаш бўйича адабиёт манбалари таҳлил қилинган, диссертация тадқиқотининг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

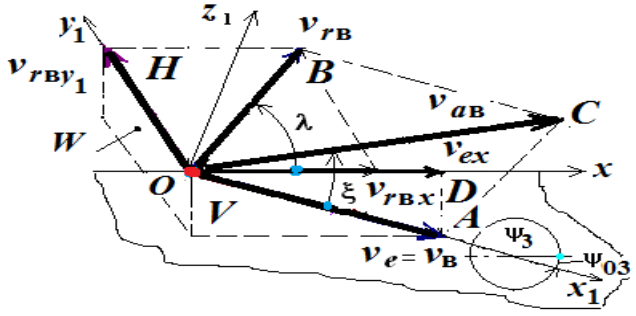
Саралаш тепалигининг қиялиги бўйлаб вагоннинг думалаш динамикаси бўйича бажарилган ишларнинг таҳлил натижалари, мавжуд усулга мувофиқ жисмга эркин тушишнинг бир хил тезланиши таъсир этиши кўрсатилган: ҳам вертикал бўйича тушишда, ҳам қия текисликда ҳаракатланишида. Бунда вертикал бўйича эркин тушиш жисмнинг тезланиши g ва қия текислик бўйича жисмнинг чизиқли тезланиши a – маъноси ҳар хил бўлган физик тушунчалар эканлигига эътибор берилмаган. Шунингдек мавжуд усулга мувофиқ тепаликнинг қиялиги бўйича ҳаракатланаётган вагоннинг чизиқли тезланиши, тадқиқ этилаётган участкага боғлиқ ҳолда, тенг тезлашган ёки тенг секинлашган бўлиши мумкин, яъни $a>0$ ёки $a< 0$. Кўриниб турибдики, саралаш тепалигининг баландлигини ҳисоблаш бўйича мавжуд услубининг бажарилган таҳлили, маъноси бўйича ҳар хил бўлган тепаликнинг қиялиги бўйича жисмнинг эркин тушиш тезланиши ва чизиқли тезланиш, физик тушунчаларини фаркланманлигини кўрсатди.

Шунингдек, вагоннинг думалаш динамикасига бағишланган тадқиқотларнинг таҳлили, мавжуд усулда саралаш тепалиги баландлигини ҳисоблашга бағишланган кўп сонли ишларга қарамай бўйлама шамол таъсирида тепаликнинг тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг вақти, тезлиги ва тормозлаш йўлини ҳисоблаш усули ҳозиргача

ўрганилмаганлигини кўрсатади. Бундан ташқари тепаликдаги тўхтатиш жойидан кейинги участкага вагоннинг кириш тезлигини аниқлаш тадқиқот этилмаганлиги бўйича қолмоқда.

Иккинчи “Тўхтатиш жойига эга участкаларда вагоннинг думалаш динамикасини тадқиқ қилиш ва уларнинг математик моделлари” бобида саралаш тепалигининг қиялигидаги биринчи тўхтатиш жойига эга участкасида вагоннинг секинланиш билан ҳаракатини математик моделлаштириш натижалари келтирилган бўлиб, бунинг натижасида вагоннинг тормозланишдаги тезланишини аниқлаш бўйича, содда кўринишдаги аналитик формуласи топилди. Тепаликнинг ушбу участкасидаги вагоннинг тезланиши, “вагон – йўл” тизимига таъсир этувчи барча кучларга (шамол таъсири, сирпанишдаги ишқаланиш, атроф – муҳит қаршилиги, қор, қиров) ва айланувчи массаларнинг (ғилдирак жуфтликларининг) инерциясини ҳисобга олмаган ҳолдаги юкли (ёки юксиз) вагоннинг массасига боғлиқ бўлиши аниқланди. Вагоннинг тормозланиш йўли, сирпаниш тезлиги ва чизиқли тезланишнинг қийматлари бўйича кўриб чиқилаётган участкада вагоннинг бошланғич тезлигига кўра тормозланиш вақтининг рационал қиймати аниқланди.

Диссертацияда қуйидаги дастлабки шартлар ва масаланинг шартлари қабул қилинган. Саралаш тепалигининг биринчи тўхтатиш жойига эга участкасида, тормозланиш ҳолатидаги ғилдирак жуфтликларининг илгарланма ҳаракатини ҳисобга олган ҳолда, саралаш тепалигининг қиялик қисмидан, вагон берилган бошланғич v_{03} (мисол учун 21,5 – 22,4 км/с ёки 5,967 – 6,211 м/с) тезлик билан тўғри чизиқ бўйлаб думалаш ҳолати кўриб чиқилган. Якка вагон саралаш тепалигининг қиялиги бўйлаб думалаётган вақтда, юкли ёки юксиз вагоннинг оғирлик кучи - $\overline{G}$ ва аэродинамик қаршиликларнинг кучлари $\overline{F}_{гв}$ (бу ерда $(\overline{F}_{гвх}, \overline{F}_{гву}) \in \overline{F}_{гв}$) кўринишдаги, асосан ташқи куч таъсирини вагон ўзида синайди. Вагон $v_e = v$ кўчма тезлик билан, вагон билан боғлиқ бўлган Ox_1yz ҳаракат координата системасига нисбатан саралаш тепалигидан тенг секинлашган тўғри чизиқли ҳаракат бажариши керак.



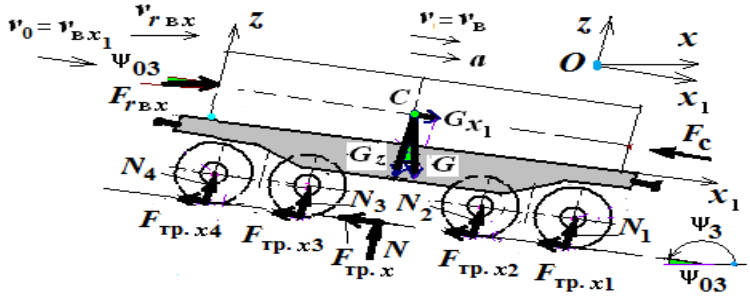
1-Расм. Тепаликнинг тўхтатиш жойига эга участкасида бўйлама шамол ва вагон тезлигининг вектор диаграммаси

1 расмда белгиланган: O – вагонга қатъий боғлиқ бўлган Ox_1yz координата ҳаракат системасининг бошланиши; Ox – горизонтал бўйича ўқ; ψ_{03} – тепаликнинг биринчи тўхтатиш жойи (келгусида 1ТЖ қўлланилган)

участканинг нишаблик бурчаги; H, V ва W – горизонтал, вертикал ва фронтал текисликлар; $\bar{v}_{r\text{в}}$ – Ox_1yz ҳисобнинг ҳаракат системасига нисбатан (вагон) шамолнинг нисбий тезлиги; λ – вагоннинг бўйлама ўқига нисбатан шамолни нисбий тезлиги векторнинг йўналтирувчи бурчаги; $\bar{v}_{a.\text{в}}$ – шамолнинг мутлоқ тезлиги бўлиб, қийин ҳаракатда тезликларнинг йиғиндисини олиш теоремасига мувофиқ топилади: $\bar{v}_{a.\text{в}} = \bar{v}_e + \bar{v}_r = \bar{v} + \bar{v}_r$, бу ерда $\bar{v}_e = \bar{v}$ - кўчма тезлик (вагон тезлиги), $\bar{v}_r$ – ҳавонинг нисбий тезлиги; ξ – Ox_1 ўқига нисбатан шамолни мутлоқ тезлиги векторининг йўналтирувчи бурчаги.

Саралаш тепалигини лойиҳалашда, унинг кинематик параметрлари ҳисобланган, горизонталга бўлган узунликнинг проекцияси $l_{\text{г}3}$ ва нишаблик бурчаги ψ_{03} қабул қилинган тавсияга мувофиқ, танлаш йўли билан 12 ‰ дан кам бўлмаган ва 15 ‰ дан кўп бўлмаган қийматлар қабул қилиниши назарда тутилган. Мисол учун, $l_{\text{г}3} \approx (30 – 40)$ м, $\text{tg}\psi_{03} = (0{,}012 – 0{,}015)$ (ёки $\psi_{03} = 0{,}688 – 0{,}859$) град.).

Диссертация ишида, назарий механикадаги алоқалардан ҳоли бўлиш тамойилига мувофиқ ҳолда тузилган саралаш тепалигининг тўхтатиш жойига эга участкасида вагон ҳаракатининг соддалаштирилган ҳисобий модели 2 расмда келтирилган.



2-Расм. Бўйлама шамол таъсирида тўхтатиш жойига эга участкасида вагон ҳаракатининг соддалаштирилган ҳисобий модели.

2 - расмдаги белгиланишлар 1 чи расмдаги каби бўлиб, алоқалар реакциясининг таркибий (рельс чизиғи) бўлган N нормал ва урунмавий $F_{\text{тр}.x}$ бундан мустаснодир. Бунда $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ ва $F_{\text{тр}.x} = F_{\text{тр}.x1} + F_{\text{тр}.x2} + F_{\text{тр}.x3} + F_{\text{тр}.x4}$ параллел кучлар сифатида кўрсатилган. Бунда, ишқаланиш кучи $F_{\text{тр}.x}$ (кейинчалик $F_{\text{тр}.x1}$) Ox_1 ўқи бўйича йўналтирилган (2 расм қаранг.). Бу ерда $F_{\text{тр}.x1}$ вагонни ёнбош томонидан бўйлама шамол кучининг проекцияси (ушбу таъсирни ҳисобга олган ҳолда) $F_{\text{гв}.y} = F_{\text{гв.б}}$ ни таъсири натижасидаги, рельс чизиғини думаланиш (ғилдираниш) юзасига ғилдиракнинг сирпанишдаги ишқаланиши $F_{\text{тр.ск}}$ ни ва ғилдирак гардишининг рель чизиғи ёнбош юзаси бўйлаб ишқаланишдаги сирпаниши $F_{\text{тр.б}}$. ни, шунингдек вагон секинлатгичнинг сиқилган тормоз шиналарига ғилдирак халқасининг ишқаланиши $F_{\text{торм}}$ ни инобатга олган, яъни $F_{\text{тр}.x1} = F_{\tau} + F_{\text{торм}}$, бунда $F_{\tau} = F_{\text{тр.ск}} + F_{\text{тр.б}}$ бўлишини ҳисоблаб олган ҳолда. Акс ҳолда, $F_{\text{тр}.x1} = F_{\text{тр.ск}} + F_{\text{тр.б}}. + F_{\text{торм}}.$.

Диссертация ишида тўхтатиш жойига эга участкасида кучлар мутаносиблигини қуйидаги кетма – кетликда топилади.

1. Вагонларнинг оралиқ – мўлжалли тезлигини ростлашини таъминлаш мақсадида, ғилдиракларнинг тормозланиши содир бўлади. Тормозланиш вақтида юзага келадиган, вагон секинлатгичининг сиқилган тормоз шиналарига ғилдирак халқасининг сирпанишдаги ишқаланиш кучи ҳисобига ғилдираклар рельс чизиғининг юзаси бўйлаб қисман сирпанишни бошлайди. Бунда пневмотизимидаги сиқилган ҳаво босимининг максимал бўлиши натижасида (0,75 МПа) тормоз кучи $F_{\text{торм}}$ юзага келади, бунинг оқибатида эса вагоннинг ҳаракатига қаршилик кучи $F_{\text{тр}.x1}$ ҳам юзага келади.

2. Умумий ҳолатда, тормозланиш билан тўхтатиш жойига эга участкасида ҳаракатланадиган вагонга бўлган қаршилик кучи $F_{\text{тр}.x1}$ қуйидагича топилади:

$$F_{\text{тр}.x1} = F_{\tau} + F_{\text{торм.}}, \text{ кН} \qquad (1)$$

бу ерда F_{τ} – алоқалар (рельс чизиғи) реакциясини урунмавий ташкил этувчиси бўлиб, Кулон қонунига мувофиқ $F_{\tau} = f_{\text{ск}}N$ га тенг. Бу ерда $f_{\text{ск}}$ – рельс чизиғининг ғилдираниш юзасига ғилдиракнинг думаланиш юзасига бўлган сирпанишидаги ишқаланиш коэффиценти (“металл бўйича” – $f_{\text{ск}} = 0{,}15 \div 0{,}4$); N – алоқалар реакциясини нормал ташкил этувчиси бўлиб, ҳар бир буксанинг тугунига тўғри келувчи, модул бўйича вертикал ўқига барча фаол кучларнинг проекциясини йиғиндисига тенг. Бунда $N = F_z = G_z + F_{\text{г}в.z} = G\cos\psi_{03} + F_{\text{г}в.x}\sin\psi_{03}$. Бу ерда $F_{\text{г}в.z} = F_{\text{г}в.x}\sin\psi_{03}$ вертикал бўйича (яъни Oz ўқи бўйича (2 расм қаранг) йўналтирилган бўйлама шамол кучининг проекцияси $F_{\text{г}в.x}$ дир. Шунинг учун ушбу кучни рельс чизиғига босим кўрсатувчи кучлар сонига киритиш мумкин;

$F_{\text{торм.}} = f_{\text{тп}}F_{\text{тк}}$ – вагон секинлатгичнинг сиқилган тормоз шиналари ва ғилдирак жуфтлигининг халқаси орасида ҳосил бўлувчи ишқаланиш кучи, бу ерда $f_{\text{тп}} = 0{,}14 \div 0{,}4$ – секинлатгич балкасидаги тормоз шиналарига ғилдирак халқасининг сирпанишнинг ишқаланиш коэффиценти.

3. $F_{\tau} = f_{\text{ск}}(G\cos\psi_{03} + F_{\text{г}в.x}\sin\psi_{03})$ ни ҳисобга олган ҳолда, (1) ифодасини қайта ёзиш натижасида, тормозлаш кучининг ифодаси – $F_{\text{тр}.x}$ топилади. Бу куч, тормоз шиналарига нисбатан ғилдирак жуфтлигининг соф сирпаниш ҳолати учун вагонни секинланган ҳаракатига сабаб бўлиб, қуйидагича кўринишда бўлади:

$$F_{\text{тр}.x1} = F_{\text{тр.ск}} + F_{\text{торм.}} + F_{\text{тр.ск0}}, \text{ кН} \qquad (2)$$

бу ерда $F_{\text{тр.ск}}$ – вагон ғилдирак жуфтлигининг думаланиш (ғилдираниш) юзасининг рельс чизиғининг ғилдираниш юзасига сирпанишдаги ишқаланиш кучи

$$F_{\text{тр.ск}} = f_{\text{ск}}\left(G\cos(\psi_{03}) + F_{\text{г}вx}\sin(\psi_{03})\right), \text{ кН} \qquad (3)$$

бу ерда $F_{\text{г}в.x}$ – Ox бўйлама ўқи бўйича, бўйлама шамолни вагонга таъсир кучининг проекцияси ($A_{\text{т}} = 6{,}384$ м^2 да $F_{\text{г}в.x} = 3{,}192$ кН – юкли вагонни этак томонининг юзаси). Ишда белгилаб қўйилдики, вертикалга бўйлама шамол кучининг проекциясидан $F_{\text{г}в.z} = F_{\text{г}в.x}\sin\psi_{03}$ келиб чиқган ишқаланиш кучи $f_{\text{ск}}F_{\text{г}в.x}\sin\psi_{03}$ нинг қиймати жуда кичик, бор йўғи 0,0089 кН бўлганлиги

сабабли инобатга олинмаса ҳам бўлади. Чунки $f_{ск} = 0{,}2$, $F_{гв.х} = 3{,}192$ кН, $\sin\psi_{03} = 0{,}014$;

$F_{тр.ск0}$ – ғилдирак гардишининг рельс чизиғини ёнбош юзасига сирпанишидаги ишқаланиш кучи:

$$F_{тр.ск0} = f_{ск0} F_{гвб}., \text{ кН} \quad (4)$$

бундаги $f_{ск0}$ – ғилдирак гардишининг рельс чизиғини ёнбош юзасига бўлган сирпанишдаги ишқаланиш кучи эканлигини ҳисобга олган ҳолда (одатда $f_{ск0} = 0{,}25$ қабул қилинади); $F_{гвб} = F_{гв.\,у}$ – вагонни ёнбош томонига бўйлама шамол таъсири кучининг проекцияси ($A_б = 27{,}36$ м^2 да $F_{гвб} = F_{гв.\,у} = 13{,}68$ кН юкли вагоннинг ёнбош юзасининг майдони).

4. “силжитувчи” ва “тутиб турувчи” куч тушунчасини қўллаган ҳолда, тўхтатиш жойига эга участкасида думалаётган вагонга таъсир этувчи барча кучлар ҳисобланади, кН:

- $F_{сд.х1}$ “силжитувчи” кучлар (яъни юкли вагонни оғирлик кучининг проекцияси ($G_{х1} = G\sin\psi_{03}$) ва вагонни думалаш йўналишига (яъни Ox_1 ўқи бўйича) бўйлама шамолни аэродинамик қаршилигининг кучлари ($F_{гв.х1} = F_{гв.х}\cos\psi_{03}$)):

$$F_{сд.х1} = G\sin(\psi_{03}) + F_{гвх}\cos(\psi_{03}) \text{ ; кН} \quad (5)$$

- “тутиб турувчи” $F_{уд.х1}$ кучлар яъни, вагоннинг этак юзасига бўйлама шамол таъсир кучи кўринишидаги вагоннинг ҳаракатига қаршилик кучи $F_{гв.х}$, вагонни ёнбош томонидан шамол таъсири $F_{тр.б}$ ни ҳисобга олгандаги ғилдирак жуфтлигининг сирпанишдаги ишқаланиш кучи $F_{тр.ск}$, вагон секинлатгичнинг тормозлаш кучи $F_{торм}$ ва ҳаракатга бўлган турли ҳил қаршилик кучлари $F_с$:

$$F_{уд.х1} = F_{тр.х1} + F_{с.}, \text{ кН} \quad (6)$$

бу ерда $F_{тр.х1}$ – сирпанишдаги ишқаланиш кучи (бу асосий қаршилик);

$F_{с.}$ – қуйидаги кўринишда бўлган турли ҳил турдаги қаршилик кучи:

$$F_{с.} = F_{ср.} + F_{с.и.}, \text{ кН} \quad (7)$$

бунда $F_{ср.}$ ва $F_{с.и.}$ – атроф-муҳитдан, қордан ва қировдан бўлган вагон ҳаракатига қаршилик кучи деб ҳисобланган ҳолда (улар қўшимча қаршиликларни ифодалайди):

$$F_{ср.} = k_{ср.}G;\ F_{с.и.} = k_{с.и.}G., \text{ кН} \quad (8)$$

бу ерда $k_{ср.}$ – атроф-муҳит қаршилигини ҳисобга олган ҳолда G оғирлик кучининг улушини инобатга олувчи коэффициент (бўйлама шамолнинг тезлиги 2 дан 4 м/с гача бўлганда одатда 0,0001÷0,0005 чегарасида бўлади);

$k_{с.и.}$ – вагон ҳаракатига қор ва қировдан бўлган қаршиликларни ҳисобга олганда G оғирлик кучининг улушларини кўрсатувчи коэффициент.

Диссертация ишида $F_{уд.х1}$ кучи қуйидаги кўринишда келтирилган:

$$F_{уд.х1} = f_{ск}\left(G\cos(\psi_{03}) + F_{гвх}\sin(\psi_{03})\right) + F_{торм.} + \\ + (k_{ср.} + k_{с.и.})G + f_{ск0}F_{гвб}., \text{ кН} \quad (9)$$

Аввалги фикрларнинг натижаларини умумлаштирган ва (5), (9) ларни ҳисобга олган ҳолда, бўйлама шамол таъсирида 12 <*i*< 15 ‰ ёки 0,688÷0,859 градус қияликдаги 1ТЖ участкасида (1 расм қаранг.) секинланиш билан вагон ҳаракатининг шарти аниқланди:

$$F_{\text{сд.}x1} << F_{\text{уд.}x1}\cdot, \text{ кН} \qquad (10)$$

(11) ифоданинг шартига риоя этган ҳолда тепаликнинг тўхтатиш жойларида вагоннинг тўлиқ тўхташи юзага келиши мумкин. Бу эса амалиётда ҳам содир бўлиш эҳтимоли катта.

Тўхтатиш жойига эга участкасида вагоннинг кескин секинланишини таъминловчи кучларнинг ифодаси диссертация ишида топилди, яъни

$$\Delta F_{\text{тпl}} = -(F_{\text{сд.}x1} - F_{\text{уд.}x1}) = -F_{03}\cdot, \text{ кН} \qquad (11)$$

(11) ифоданинг таҳлили, тўхтатиш жойига эга участкасида юзага келадиган $\Delta F_{\text{тпl}}$ кучи, “тутиб турувчи” куч бўлиб, бўйлама шамол таъсирида берилган оғирлик *G* кучдаги вагоннинг ҳаракатини кескин секинлашишини ва ҳатто тўхташини таъминловчи куч эканлигини кўрсатади.

Диссертация ишида “вагон-йўл” тизимининг айнан бир хил (ўхшаш) кучларнинг мутаносиблиги, тормозлашдан кейинги қолган участкалардаги (ТҚУ) тўхтатиш жойига эга участкаси учун тақдим этилган.

Диссертацияда секинланиш билан вагон ҳаракатининг соддалаштирилган математик модели қуйидаги кўринишда тақдим этилган.

Тўхтатиш жойига эга участкасида вагоннинг тўғри чизиқли тенг секинлашган ҳаракатида юзага келадиган вагоннинг чизиқли тезланиши, координата шаклдаги Даламбер тамойили асосида аниқланди:

$$a_3 = \frac{|F_{03}|}{M}, \text{ м/с}^2 \qquad (12)$$

бу ерда *M* – айланувчи қисмларнинг массаларини (ғилдирак жуфтликларни) ҳисобга олмаган ҳолда юкли вагон массаси, кг;

$F_{03} = F_{\text{сд.}x1} - F_{\text{уд.}x1}$ – тўхтатиш жойига эга участкасида $F_{\text{сд.}x1}<F_{\text{уд.}x1}$, Н бўлганлиги сабабли, вагоннинг ҳаракатига қаршилик кучи.

(12) ифодани таҳлил қилган ҳолда, берилган участкада вагоннинг чизиқли тезланиши a_3 “вагон-йўл” тизимига таъсир этувчи барча кучларга ($F_{\text{сд.}x1} = f(G)$, $F_{\text{уд.}x1} = f(F_{\text{гв.}x}, F_{\text{тр.}}, F_{\text{с.}}, F_{\text{гв.б}})$ ва ғилдирак жуфтлигининг массасини ҳисобга олмаган ҳолда юкли (ёки юксиз) вагон массасига боғлиқ бўлади, яъни $a_3 = f(M, F_{\text{сд.}x1}, F_{\text{уд.}x1})$.

Тормозлашдаги вагоннинг сирпаниш тезлиги, координата шаклидаги Даламбер тамойили асосида тузилган, тўхтатиш жойи участкасида ҳаракатнинг дифференциал тенгламасини ечиш натижасида топилган (Коши масаласининг бошланғич шартини инобатга олган ҳолда - $t = 0$: $v(0) = v_0$, бу ерда v_0 – тўхтатиш жойи участкасига вагоннинг кириш тезлиги), м/с:

$$v = v_{03} - a_3 t\cdot, \text{ м/с} \qquad (13)$$

(13) - ифода - физиканинг элементар курсидан маълум бўлган тенг секинлашган ҳаракатдаги жисмнинг тезлик формуласи эканлиги аниқдир.

Кўриниб турибдики, t мобайнидаги вақтда вагоннинг тезлиги $v_e(t)$ бошланғич тезлик v_{03} га ва вагоннинг чизиқли тезланиши a_3 га боғлиқ бўлади, яъни $v_e(t) = f(v_{03}, a_3, t)$. Тормозланиш вақти $t_т$ номаълум эканлигини эътиборга оламиз. Шунинг учун $t_т$ ни шундай танлаш лозимки, $t_т > t_{ср}$ бўлиши керак, бу ерда $t_{ср.}$– вагонсекинлатгичнинг ишга тушиш вақти (секинлатгичнинг конструкциясига кўра одатда 0,7 ёки 0,8 с). Шунинг учун (13) бўйича тўхтатиш жойига эга участкасида тормозлашнинг охирида вагоннинг тезлигини $v(t_т)$ бевосита аниқлаш мумкин.

Сўнгра, (13) ифодани вагоннинг секинлашгандаги ҳаракатининг дифференциал тенгламаси кўринишида қайта ёзиш натижасида (Коши масаласининг бошланғич шартини ҳисобга олган ҳолда $t = 0$: $x(0) = 0$), тўхтатиш жойига эга участкасида t вақт давомидаги тормозланиш йўли (юз) узил-кесил топилади:

$$x(t) = v_{03}t - \frac{1}{2}a_3t^2 \cdot, \text{ м} \qquad (14)$$

(14) ифодани таҳлил қилган ҳолда, t вақт мобайнидаги $x(t)$, вагоннинг бошланғич тезлиги v_{03} га ва чизиқли тезланиши a_3 га боғлиқ эканлигига ишонч ҳосил қиламиз, яъни $x(t) = f(v_{03}, a_3, t)$.

Тормозланиш вақти $t_т$ ни $t_т > t_{ср}$ шартга риоя этган ҳолда танлаб олиш усули билан топилганлиги сабабли, бевосита (13) ва (14) ифодалардан, тўхтатиш жойига эга участкасида вагон ҳаракатининг исталган лаҳзасидаги вагоннинг тормозланиш йўли $x(t_т) = l_т$ ва тезлиги $v(t_т)$ аниқланади.

Ушбу тарзда, координата шаклдаги Даламбер тамойилини, ўзгарувчиларни ажратиш усулини ва оддий интеграл жадвалларини қўллаш билан, t вақт мобайнида вагоннинг чизиқли тезланиши a_3 ни, унинг тўхтатиш жойига эга участкасидаги тезлиги $v_e(t)$ ни ва тормозланиш йўли $x(t)$ ни аниқлаш учун якуний аналитик формулалари топилди. Шунингдек вагонни тормозланиш вақти $t_т$ нинг қабул қилинган қиймати бўйича, тормозланиш йўли $x(t_т) = l_т$ ни ва тезлиги аниқлаш мумкинлиги аҳамиятга олинди.

(13) ва (14) бўйича t вақтини вариациялаш ва уларни бирлаштирган ҳолда, тузилган $v_e(t)$ ва $x(t)$ график боғлиқлиги орқали, $t_{ср}$ ни ҳисобга олган ҳолдаги вагоннинг тормозланиш вақти $t_т$ ни оқилона қийматини топиш мумкинлиги диссертацияда белгилаб қўйилган.

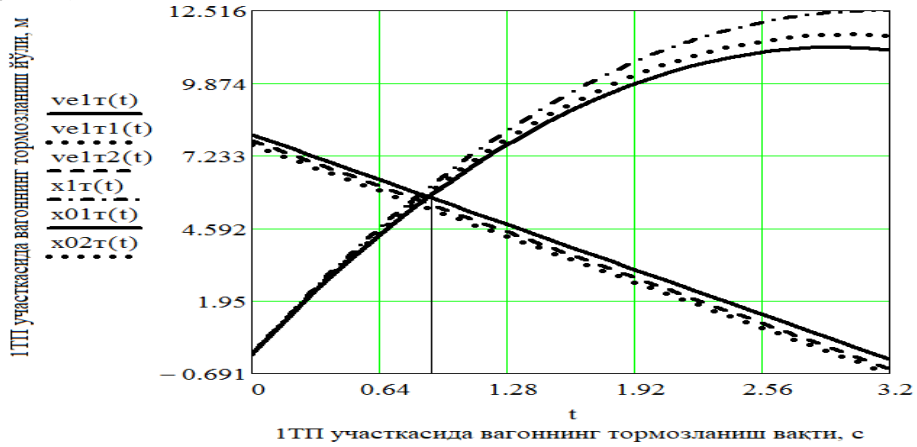
“Тўхтатиш жойига эга участкаларда вагоннинг ҳаракат кўрсаткичлари ҳисобларини аниқлаш” учинчи бобда тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг ҳаракатланиш вақти, тезлиги ва тормозланиш йўли ҳисобларининг натижалари келтирилган.

Маълумки (13) чи чизма (график) чизиқли-камаювчи функцияси кўринишида бўлса, (14) чи чизма (график) эса параболик тавсифга эгадир. Мисол учун, 1ТЖ да $v_e(t)$ нинг боғлиқлиги, t = 2,0 с вақт даврида вагон тезлигининг сезиларли камайишини (7,9 м/с дан 2,8 м/с гача, яъни 5,12 м/с га), вагонни ёнбош томонидан бўйлама шамол $v(t_{1т})$ нинг таъсирида ҳам сезиларли камайишини (7,6 дан 2,4 м/с гача, яъни 5,196 га) кўрсатади. Тормозланишдан кейин 1ТЖ участкасида секинланиш билан

ҳаракатланадиган вагон $v(t_{1т})$ тезлигининг ҳисобларини таққослаш таҳлили, ($v(t_{1т})$ = 2,887 ва $v(t_{1т})$ = 2,427 м/с) вагоннинг ёнбош томонидан бўлган бўйлама шамол, вагон ҳаракатига бир мунча аҳамиятсиз таъсир этишини кўрсатди (яъни 0,46 м/с дан кам ёки 1,44 км/с). $x(t)$ график боғлиқлигининг таҳлили ҳам, $t_{1т}$ = 2,0 с вақт даврида вагон $l_{1т}$ = 10,886 м масофани босиб ўтишини, бўйлама шамол проекцияси $F_{гв.б}$ нинг вагонни ёнбош томонига таъсирида эса, босиб ўтилган йўл бир мунча аҳамиятсиз $l_{1т}$ = 10,05 м га камайишини (яъни 0,836 м қийматга) кўрсатди.

Ишда белгиланганки, агар $t_{1т} \geq t_{ср}$ бўлса, шартга риоя этган ҳолда, вагоннинг тормозланиш йўли ва тезлиги қийматларининг бошқа натижалар келиб чиқади. Мисол учун, берилган бошланғич маълумотларида вагон $t_{1т} \leq$ 3,2 с да тўхтатилиши мумкин. Ҳисоблар натижасининг таҳлили, $t_{1т}$ ни 3,2 с гача бўлганда, вагоннинг ҳаракатланиш тезлиги манфий ишорага эга бўлиб, бунда босиб ўтилган йўл деярли ўзгармаганлигини кўрсатди.

Диссертацияда t вақт бўйича вагоннинг тормозланиш йўли $x(t)$ нинг ва ҳаракат тезлиги $v_e(t)$ нинг график боғлиқлигини бирлаштирган ҳолда, мисол учун 1ТЖ участкасида вагонни тормозланиш вақти $t_т$ нинг мақбул қиймати топилди. (3 расм).



3 расм. 1ТЖ участкаси бўйича вагон тезлигининг ва тормозланиш йўлининг биргаликдаги вақтдан бўлган график боғлиқлиги.

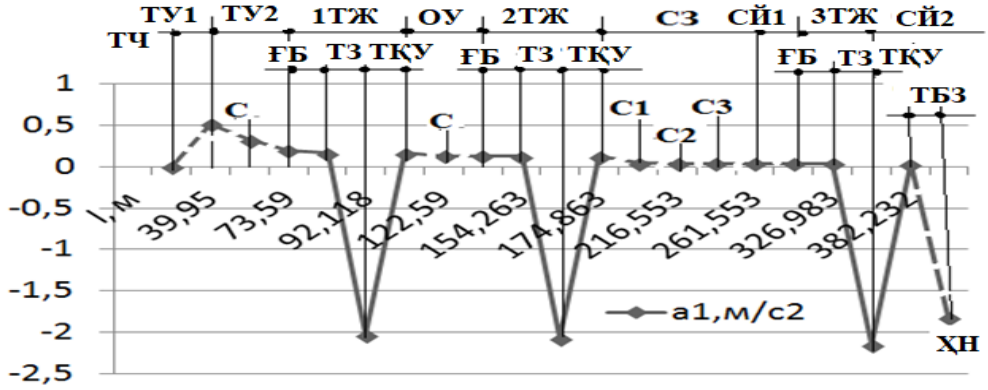
3 расмда белгиланган: ve1т(t), ve1т1(t), ve1т2(t) ва x1т(t), x01т(t), x02т(t) – 1ТЖ участкасида t вақтининг исталган лаҳзасидаги вагоннинг тормозланиш йўли $x(t)$ ва тезлиги $v(t)$ мувофиқ равишда, фақат атроф-муҳит қаршилиги кучи F_c ни таъсирида вагоннинг ёнбош томонига бўлган шамол проекцияси $F_{гв.б}$ нинг таъсирини ҳисобга олган ҳолдаги, атроф-муҳитнинг қаршилик кучи F_c ни таъсирида ва тепаликнинг иккинчи тезланиш участкасида вагоннинг якуний (сўнгги) тезлигини ҳисобга олгандаги, F_c ва $F_{гв.б}$ кучларнинг бир вақтдаги таъсирида, м/с.

3 расмдаги график боғлиқликнинг таҳлили $t_т$ = 0,84 с да $v(t_т)$ = 5,852 ва $x(t_т) = l_т$ = 5,817 қийматлари деярли мос келишини кўрсатади. Шундай қилиб, агар вагон секинлатгичининг конструкциясига кўра унинг ҳаракатга келиш вақти мисол учун, $t_{ср}$ = 0,8 с бўлса, уни юргизиш ондан тормозланиш вақти $t_{зат} = t_{ср} + t_т$ = 0,8 + 0,84 = 1,6 с га тенг бўлади.

Диссертацияда ўхшаш натижалар, иккинчи ва паркли механизациялашган тўхтатиш жойи (2ТЖ ва 3ТЖ) учун олинган.

Тўртинчи “Саралаш тепалиги тушиш қисмида вагон ҳаракатини бошқариш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш” бобида саралаш тепалигининг тушиш қисмидаги тўхтатиш жойига эга барча участкаларида вагон ҳаракатининг тадқиқот натижалари келтирилган.

Диссертацияда MathCAD дастуридан олинган, вагоннинг ғилдирак базаси узунлигига вагонни киришини ҳисобга олган ҳолда, тормозланиш билан, тўхтатиш жойига эга биринчи, иккинчи ва учинчи участкаларида (кейинчалик – 1ТЖ, 2ТЖ ва 3ТЖ) вагоннинг ҳаракат тезлиги ва босиб ўтилган масофаси ҳисобларининг натижалари баён этилган. Мисол учун, турли қаршиликлар (атороф-муҳит, стрелка, эгрилик, қор ва қиров) F_c ни ҳисобга олган ҳолда, кичик қийматдаги кўнгдаланг шамол кучи проекцияси $F_{гвх}$ нинг таъсирида, саралаш тепалигининг тушиш қисми узунлиги l_j бўйича вагон тезланиши a_k ни ўзгаришининг график боғлиқлиги тузилди (4 расм).

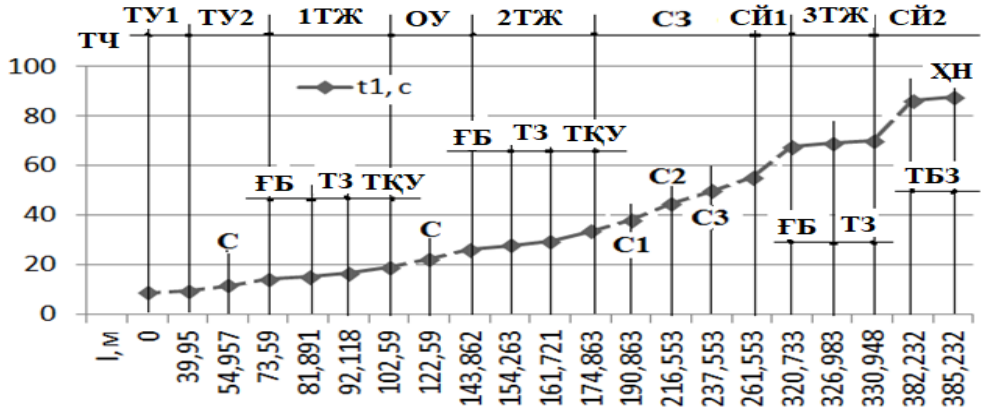


4 расм. F_c кучини ҳисобга олгандаги $a_k = f(l_j)$ нинг график ўзгариши

Бу ерда ва кейинчаликдаги белгилар: ТЧ – тепалик чўққиси; ТУ1 ва ТУ2 – тепаликнинг биринчи ва иккинчи тезланиш участкалари; 1ТЖ, 2ТЖ ва 3ТЖ – тепаликнинг биринчи, иккинчи ва учинчи тўхтатиш жойлари; ОУ – тепаликнинг оралиқ участкаси; СЗ – тепаликнинг стрелкали зонаси; СЙ1, СЙ2 – саралаш йўлининг биринчи ва иккинчи участкалари; С – ажратувчи стрелкали ўтказгич (стрелка); С1, С2 ва С3 – биринчи, иккинчи ва учинчи стрелкалар; ҒБ – вагоннинг ғилдирак базаси узунлигини ҳисобга олувчи ҳолат; ТЗ – вагоннинг тормозлаш зонаси ва ТҚУ – тўхтатиш жойининг қолган участкалари; ТБЗ – саралаш паркининг тормоз башмакларини ўрнатиш зонаси ва ҲН– ҳисобий нуқта; саралаш тепалигининг тушиш қисмидан тўхтатиш жойларининг барча зоналари пунктир билан белгиланган.

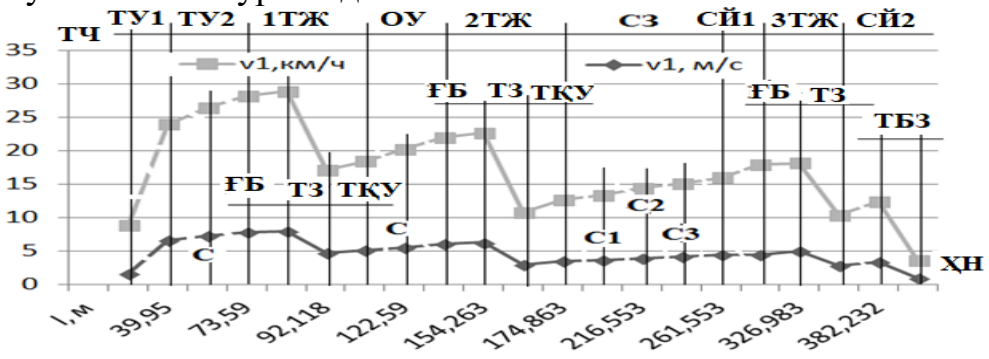
4 расмдан аниқ бўлдики, чизиқли тезланишнинг қийматлари манфий ишорага эга бўлган тормозлаш зоналарида (ТЗ), вагон тенг секинлашган ҳолатда ҳаракатланса, тўхтатиш жойининг қолган участкаларида (ТҚУ) тормозлашдан кейин тенг тезлашган ҳолатда ҳаракатланади.

Шунингдек ишда $t_k = f(l_j)$ (5 расм) ва $v_k = f(l_j)$ (6 расм) график боғлиқликлари тузилди.



5 расм. $F_{c.}$ кучини ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда $t_k = f(l_j)$ нинг графикли ўзгариши

5 расмнинг таҳлили, агар ЗТ да тормозлаш вақти секинлик билан ортса, бунда тормозлашдан кейин ОТ участкаларида вагоннинг ҳаракат вақтини сезиларли кўпайишини кўрсатади.



6 расм. $F_{c.}$ кучини ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда $v_k = f(l_j)$ нинг графикли ўзгариши

6 расмдан, чизиқли тезланишнинг ишораси манфий бўлганда, тормозлаш зоналарида (ЗТ) вагонни сирпаниш тезлигининг камайиши содир бўлишини (3 расмга қаранг), тормозлашдан кейин (ОТ) участкаларида эса вагонни думалаш тезлигининг сезиларли кўпайиши аниқ бўлди.

Хулоса

Бажарилган тадқиқотлар натижасида саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблаш ва лойиҳалашнинг соддалаштирилган ёндошуви ишлаб чиқилган.

Мазкур ишда илк маротаба қуйидаги натижалар олинган.

1. Мавжуд усулда саралаш тепалигининг баландлигини ҳисоблаш натижаларининг таҳлили, тўхтатиш жойига эга участкаларидаги вагоннинг тенг секинлашган ҳаракатида, рельс чизиғининг думаланиш юзаси бўйлаб ғилдирак жуфтлигининг фақат сирпаниши содир бўлганлиги сабабли, чизиқли тезланишни айланувчи қисмларининг массасини ҳисобга олган ҳолда аниқлаб бўлмасликни имконини берди. Бу эса, кичик қийматдаги бўйлама шамол таъсирида саралаш тепаликнинг тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг чизиқли тезланишини, сирпаниш тезлигини, тормозланиш вақти ва йўлини аниқлаш масаласи ҳали ҳанузгача ечилмаганлигини белгилаш имконини беради. Шунингдек, тўхтатиш жойига

эга участкасида тормозлашдан кейин, вагоннинг думалаш тезлигини аниқлаш усули ҳам мавжуд эмас.

2. Вагон ғилдирак жуфтлигининг сирпанишдаги ишқаланишини ҳисобга олувчи, бўйлама шамол кучининг таъсирида саралаш тепалигининг тўхтатиш жойига эга участкаларидаги “вагон-йўл” тизимига таъсир этувчи кучларнинг соддалаштирилган моделини тузишга ёрдам берувчи, бўйлама шамолнинг ва вагон тезлигининг вектор диаграммаси тузилган.

3. Саралаш тепалигини ҳисоблаш ва лойиҳалашнинг аввал маълум бўлмаган соддалаштирилган ёндошуви ишлаб чиқилган. Ушбу ёндошувнинг моҳияти шундан иборатки, вагоннинг чизиқли (тенг тезлашган ёки тенг секинлашган) тезланиши a, координата шаклдаги Даламбер тамойили ва “вагон-йўл” механик тизимининг кучлар мутаносиблиги асосида аниқланган.

4. Вагон ғилдирак базасининг узунлигида тенг тезлашган ҳаракатдаги вагоннинг чизиқли тезланиши, бошланғич тезликнинг, тезланишнинг ва тўхтатиш жойига эга участка узунлигининг қийматлари бўйича вагоннинг ҳаракатланиш вақтини аниқлаш имконини берди.

5. Вагоннинг тормозланишида тенг секинлашган ҳаракатидаги чизиқли тезланиши, бошланғич тезликга (тормозлаш участкасига вагоннинг кириш тезлиги), вагоннинг секинлашган ҳаракатидаги чизиқли тезланишига ва вагон секинлатгичнинг тормозланиш вақтига боғлиқ ҳолда вагоннинг тормозланиш йўлини ва тезлигини аниқлаш имконини берди, яъни $v = f(v_{03},a,t_т)$ ва $l_т = f(v_{03},a,t_т)$.

6. Вақт бўйича вагоннинг ҳаракат тезлиги ва тормозланиш йўлининг график боғлиқлигини бирлаштиргандан сўнг, вагоннинг чизиқли тезланиши $a_т$ нинг олинган аналитик формуласи, тепаликнинг тўхтатиш жойига эга участкасида вагоннинг тормозланиш вақтини рационал қийматини аниқлаш имконини берди.

7. Тўхтатиш жойига эга участкасининг қолган узунлигида вагоннинг тенг тезлашган ҳаракатдаги чизиқли тенг тезланиши, бошланғич тезлик $v_{0от}$ нинг, тезланиш $a_т$ нинг ушбу участка узунлигининг қийматлари бўйича вагоннинг ҳаракатланиш вақтини топиш имконини берди.

8. Саралаш тепалигининг тушиш қисмини вариациялаш натижасида тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг чизиқли тезланиши $a_k = f(l_j)$ нинг, вақти $t_k = f(l_j)$ нинг ва ҳаракатланиш тезлиги $v_k = f(l_j)$ нинг график боғлиқлиги тузилди.

9. Вагоннинг олд томонидаги ғилдирак жуфтлигини вагон секинлатгичи участкасига бевосита киришини ва вагоннинг ғилдирак базаси узунлигини ҳисобга олган ҳолда, тўхтатиш жойига эга участкаларида вагоннинг ҳаракатланишидаги маълумотлар ҳисобининг кенг тўплами бажарилди. Ушбу ҳисобларда, саралаш тепалигининг тушиш қисмидан вагонни думалаш динамикасини ҳисоблашда соддалаштирилган усулининг асосий қоидалари инобатга олинган. Тадқиқот натижаларини саралаш тепалигининг тушиш қисмини ҳисоблашда ва лойиҳалашда қўллаш мумкин.

10. Таклиф этилаётган янги усул ёрдамида, саралаш тепалигининг исталган нуқтасидан тушаётган якка вагоннинг тезлиги, босиб ўтган йўли ва юриш вақтларини топиш, келгусида саралаш тепалигининг мақбул баландлигини танлашга ёрдам беради. Вагонларни турган вагон гуруҳларига бориб урилиш тезликларини меъёрга келтириш орқали вагон улагичларни таъмирлаш учун кетадиган ҳаражатларни камайтиради, юклар бутлиги ва сифати таъминланади, қўшимча манёвр ишларини қисқартириш орқали умумий йиллик иқтисодий самарадорлик битта саралаш станцияси учун 346 млн сўмни ташкил этади.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/30.12.2019.T.73.01 ПОПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

САИДИВАЛИЕВ ШУХРАТ УМАРХОДЖАЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЧАСТКОВ ТОРМОЗНЫХ ПОЗИЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОПУТНОГО ВЕТРА МАЛОЙ ВЕЛИЧИНЫ

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2019.2.PhD/T1212.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

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

Научный руководитель:	**Туранов Хабибулла Туранович** доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	**Худайберганов Кобилжон Тахирович** доктор технических наук, профессор
	Махкамов Нурмухаммад Янгибоевич кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	**Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог**

Защита диссертации состоится «09» 07 2020 г. в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.15/30.12.2019.T.73.01 при Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта (Адрес: 100167, г Ташкент, ул. Одилхужаев, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (регистрационный номер - 010). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Одилхужаев, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан «03» 07 2020 года.
(протокол рассылки № «011» от «03» 07 2020 года).

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

Я.О. Рузметов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, к.т.н.

Н.Н. Ибрагимов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Основной задачей сортировочной горки железнодорожных станций является переработка составов, а также формирование новых составов. Это во многом зависит от рационально спроектированного профиля спускной части сортировочной горки. Расчёт и проектирование высоты спускной части горки выполняется по существующему методу, согласно которому скорость движения вагона по уклону сортировочной горки определяют по формуле скорости падения тела по вертикали с учётом инерции вращающихся масс. Хотя при вертикальном падении вагона и речи не должно быть об инерции вращающихся масс. В развитых странах таких как США, Германия, Швеция, Китай, Индия и Россия обращено большое внимание на разработку методов механизации и автоматизации сортировочных горок на сортировочных станциях, которые в свою очередь влияют на местные отрасли и транспортную магистраль.

Подробный анализ работ, посвящённых исследованию проблем расчёта и проектирования спускной части сортировочной горки, позволяет утверждать, что до настоящего времени не разработаны расчётные схемы и математические модели движения одиночного вагона по уклону горки. В частности, до сих пор не разработан способ определения скорости, пути и времени торможения вагона на участках тормозных позиции. Таким образом, совершенствование методики расчёта и проектирование спускной части сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины на основе построения математических моделей движения вагона на участках тормозных позиции является актуальной прикладной задачей железнодорожного транспорта.

В нашей Республике осуществляются мероприятия по развитию транспортной системы, включая разработку технологий контроля и оптимизации по организации процесса переработки и управления вагонопотоков на сортировочных станциях железнодорожного транспорта. В 2018-2022 гг. в мероприятиях по совершенствованию транспортной структуры, “... в целом в сфере железнодорожного транспорта поставлены задачи по-повышению безопасности и качества услуг железнодорожного транспорта, строительству новой железнодорожной магистрали, повышению уровня электрофикации железнодорожного транспорта, продолжению формирования международных транспортных каридоров и совершенствованию их деятельности в целях внедрения государственных внешне-торговых грузов на основной мировой рынок, применению гибкой тарифной политики, повышению инвестиционной привлекательности сферы, совершенствованию логистических услуг а также путём рационализации сотрудничества между различными видами транспорта, создать необходимые условия для интенсивного развития железнодорожной сферы Республики

Узбекистан”[2] . Реализация поставленных задач считается одним из главных для разработки методики обеспечения скорости сооударения “стоящих групп вагонов” с вагонами а также расчёта самой подходящей высоты сортировочной горки.

Данная диссертационная работа в определённой степени служит осуществлению поставленных задач, которые указаны в Законе Республики Узбекистан «О железнодорожном транспорте» (1999 г.), в Постановлении Президента Республики Узбекистан номера ПП-3422 от 2 декабря 2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов», в Указе Президента Республики Узбекистан номер УП-5647 от 1 февраля 2019 года«О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта» а также в ряде других нормативно-правовых документах касательно данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления VI. «Комплексная механизация и автоматизация технологических процессов» важных направлений развития науки и технологии республики.

Степень изученности проблемы. Теоретические и практические исследования по совершенствованию работы и развитию сортировочных станций ведутся в ряде ведущих научных центрах, университетах и научно-исследовательских институтах, в том числе: в University of Baltimore (США), Technische Universität Berlin (Германия), Swedish national Railway Administration (Швеция), в Петербургском государственном университете путей сообщения (Россия), в Российском транспортном университете (Россия), в Украинском государственном железнодорожном университете (Украина) а также в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта (Узбекистан).

Было выполнено множество научно-исследовательских работ по динамике скатывания вагона по спускной части сортировочной горки крупными мировыми исследователями в том числе такими как: В.Н. Образцов, Н.И. Федотов, И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский, В.Д. Никитин, В.П. Парфёнов, Е.А. Сотников, В.М. Рудановский, И.П. Старшов, А.М. Устенко, J. Prokop, Sh. Myojin, Б.А. Родимов, В.Е. Павлов, В.Я. Болотный, В.Д. Прокинова, Ю.А. Муха, И.А. Харланович, В.П. Шейкин, Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Ю.И. Ефименко, М.Н. Луговцев, В.Я. Негрей, В.А. Кобзев, С.А. Бессоненко, C. Zhang, Y. Wei, G. Xiao, Z. Wang, О.Н. Числов, А.А. Климов, О.М. Огар, В.В. Журавель, C.T. Dick, J.R. Dirnberger, С.А. Поджидаев, Е.Е. Москвичёва, П.С. Бурдяк, С.Н. Шмаль, В.А. Кобзев, А.М. Долженко и другие. Х.Т. Турановым, Е.Н. Тимухиной, С.А. Ситниковым, Л.А. Рыковой, А.А. Гордиенко, А.В. Мягковой и другими

[2]Постановление Президента республики Узбекистан О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018 — 2022 годы.

приведены результаты исследований определения скольжения вагона на тормозной позиции сортировочной горки использовав усовершенствованный метод расчёта скатывания вагона. В нашей стране исследования направленные на технико-технологические решения по организации движения поездов, улучшение показателей работы сортировочных станций и оптимизацию технологических процессов переработки вагонов, были проведены М.Х. Расуловым, Н.Н. Ибрагимовым, Р.З. Нурмухамедовым, А.Ш. Шорустамовым, К.Т. Худайбергановым, С.К. Худайбергановым, М.А. Ходжимухаметовой, Ш.М. Суюнбаевым, А.А. Светашевым, У.Н. Ибрагимовым, Ж.Р. Кабуловым, К.А. Журабаевым, Д.И. Илесалиевым, Д.Б. Бутуновым и другими.

Однако, исследования по совершенствованию методов расчёта скорости, времени и длины пути одиночного вагона на тормозной позиции сортировочной горки сортировочной станции не были изучены на достаточном уровне.

Взаимосвязанность исследования диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего учебного заведения где была выполнена диссертация. Исследования диссертации выполнены в рамках проекта внесённый в план государственного гранта молодых учёных Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (2018-2020) № ЁБВ-Атех-2018-223 по теме «Разработка методологии организации перевозок пакетированных грузов»

Целью исследования является совершенствование методики расчёта времени, скорости и длины пройденного пути одиночного вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины.

Задачи исследования:

разработать упрощённые расчетные схемы механической системы «вагон–путь» при движении одиночного вагона на участке тормозной позиции и после торможения при воздействии на систему попутного ветра малой величины;

разработать упрощённые математические модели системы «вагон–путь» при движении одиночного вагона на участке тормозной позиции и после торможения:

составить силовые соотношения, которые имеют место в системе «вагон-путь» на участке тормозных позиций и на участке после торможения;

разработать программы, позволяющие возможность расчёта движения вагона на участках тормозных позиции, при воздействии попутного ветра малой величины

Объектом исследования является участки тормозных позиций спускной части сортировочной горки.

Предметом исследования являются основные показатели торможения вагона на участках тормозных позиций спускной части сортировочной горки.

Методы исследований. Методологической основой исследования является анализ литературных источников, посвященных расчёту высоты спускной части сортировочной горки.

Теоретические исследования и приведённые примеры расчётов, выполненные в работе, базируются на основные положения теоретической механики (принцип освобождаемости от связей, законы Кулона, принцип Даламбера в координатной форме и общие понятия дифференциального и интегрального исчисления).

Научная новизна исследования заключается в:

разработке упрощённых расчетных схем механической системы «вагон–путь» при движении одиночного вагона на участке тормозной позиции, как при торможении, так и после торможения, при воздействии на систему попутного ветра;

составлении силовых соотношений механической системы «вагон–путь» при движении одиночного вагона на участке тормозной позиции, как при торможении, так и после торможения;

расчёте линейных ускорений вагона на участках тормозных позиций при его движении с замедлением и ускорением, по величинам разности «сдвигающих» и «удерживающих» сил, согласно принципу Даламбера;

построении графической зависимости скорости скольжения и пути торможения одиночного вагона на участках тормозных позиции при движении одиночного вагона торможении и после него;

создании методики определения времени движения и скорости скатывания вагона на оставшемся участке тормозной позиции после торможения с учётом инерции вращающихся масс.

Практические результаты исследования заключаются в:

предложенной в диссертационной работе уточненной методике расчетов скорости скольжения, пути и времени торможения вагона на участке тормозных позиции, а также времени и скорости скатывания вагона на участке после торможения;

приведённой последовательности возможности использования результатов выполненных исследований для расчета параметров сортировочной горки – от её вершины до расчётной точки в нормативно-технических документах, в научно-исследовательских работах а также в проектных работах;

составлении алгоритма и программного обеспечения по расчету и проектированию спускной части сортировочной горки, а также разработке последовательности их использования;

разработке рекомендаций по определению экономического эффекта полученного от сокращения простоя вагонов и расходов на ремонт автосцепки вагонов.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследованийпоясняется использованием в исследовании современной методики и методов, проведением теоретических исследований на основе дифференциальных и интегральных расчётов, принципа Даламбера в

координатной форме и закона Кулона, а также сооответствием результатов исследований с практикой роспуска вагона по спускной части сортировочной горки, известным принципам построения расчетных моделей системы «вагон–путь».

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследованияопределяется перспективным развитием предложенной методики расчета скорости, пути и времени торможения вагона на участках тормозных позиции, а также динамики скатывания вагона по спускной части сортировочной горки.

Практическая значимость результатов исследования определяется возможностью использования результатов выполненных исследований для расчета параметров сортировочной горки – от её вершины до расчётной точки в нормативно-технических документах, в научно-исследовательских работах и в учебных пособиях для вузов железнодорожного транспорта.

Реализация результатов работы. На основе полученных научных результатов по совершенствованию методологии расчета участков тормозных позиций сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины приведены следующие заключения:

Со стороны специалистов ООО «Тоштемирйўллойиҳа» при АО «Узбекистон темир йуллари» были приняты для внедрения алгоритм и программное обеспечение, а также инструкция их использования по расчёту и проектированию спускной части сортировочной горки (Справка номер 01/876-20 от 2 марта 2020 года АО «Узбекистон темир йуллари»).Внедрение результатов служит для уменьшения в 2,5 раза скорости соударения «стоящих в группе вагонов» с вагонами движущимися с большой скоростью на сортировных станциях;

Новый метод расчета скорости, времени и пройденного пути одиночного вагона на тормозных позициях сортировочной горки при воздействии попутного ветра, был принят для внедрения специалистами АО «Боштранслойиҳа»(Справка номер 01/876-20 от 2 марта 2020 года АО «Узбекистон темир йуллари»). Полученные данные дали возможность значительно сократить расходы на ремонт автосцепок вагона, а также соответствие нормам скорости вагонов. Кроме того, разработанная новая методика, расчитанная оптимальная высота сортировочной горки дает возможность предотвратить набег плохого бегуна хорошим бегуном и дополнительные маневровые работы;

Разработанные программы и алгоритмы, а также инструкция их использования по расчету и проектированию спускной части сортировочной горки внедрены в организацию ООО “Тоштемирйўллойиҳа” при АО «Узбекистон темир йуллари» (Справка номер 01/876-20 от 2 марта 2020 года АО «Узбекистон темир йуллари»). По результатам исследования, использовав эту программу были достигнуты расчеты времени торможения, длины пройденного пути и скорости вагона на тормозных позициях сортировочной горки.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования прошли апробацию на 10 ми научно-практических конференциях, из них, 3 международных и 7 республиканских научно-практических конференций, а также изложены на расширенных заседаниях кафедры.

Оглашение (объявление) результатов исследования. По теме диссертации было опубликовано 22 научные работы, из них 8 статей в изданиях рекомендованные Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для издания основных научных результатов докторских диссертаций, из которых 4 статьи в зарубежных журналах и 4 статьи в местных научных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Объём диссертации 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении показана актуальность темы исследования, сформулирована цель работы, обозначены задачи, решаемые соискателем. Кроме того, обоснована научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Современное состояние методологии расчёта и проектирования спускной части сортировочной горки» выполнен анализ литературных источников по расчёту высоты сортировочной горки существующим методом, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Результаты анализа известных работ по динамике скатывания вагона по уклону сортировочной горки дали возможность отметить, что согласно существующему методу на тело действует одно и то же ускорение свободного падения: как при падении по вертикали, так и при движении по наклонной плоскости. При этом не обращено внимание на то, что ускорение свободного падения тела по вертикали g и линейное ускорение тела по наклонной плоскости a – это различные по смыслу физические понятия. Согласно существующему методу также не учитывается, что линейное ускорение вагона при движении по уклону горки в зависимости от исследуемого участка может быть равноускоренным или равнозамедленным, т. е. $a>0$ или $a<0$. Как видно, выполненный анализ существующей методики расчёта высоты сортировочной горки показывает, что она не различает разные по смыслу физические понятия – ускорение свободного падения и линейное ускорение тело по уклону горки.

Анализ исследований, посвященных динамике скатывания вагона по уклону горки, также показал, что, несмотря на значительное количество работ, посвященных расчету высоты сортировочной горки существующим методом, до сих пор остается неизученной способ расчёта времени, скорости и пути торможения вагона на участках тормозных позиции горки при воздействии попутного ветра. Помимо того, остаётся также исследованной

нахождение скорости входа вагона на следующий за тормозной позицией участок горки.

Во второй главе «Исследование динамики скатывания вагона на участках тормозных позиций и их математические модели» приведены результаты математического моделирования движения вагона с замедлением на участке первой тормозной позиции на уклоне сортировочной горки, в результате которого получена простой на вид аналитическая формула для определения ускорения вагона при затормаживании. Установлено, что ускорение вагона на данном участке горки зависит от всех сил (воздействие ветра, трения скольжения, сопротивления среды, снега и инея), воздействующих на систему «вагон–путь» и от массы вагона с грузом (или без груза) без учёта инерции вращающихся масс (колёсных пар). По величине линейного ускорения, скорости скольжения и пути затормаживания вагона определено рациональное значение времени затормаживания в зависимости от начальной скорости вагона на рассматриваемом участке.

В диссертации приняты следующие условия задачи и предпосылки. Учитывая, что в заторможенном состоянии колёсных пар на участке первой тормозной позиции сортировочной горки поступательно движется кузов вагона с тележками совместно с колесными парами, рассмотрен случаи, когда вагон по уклону сортировочной горки скатывается прямолинейно с заданной начальной скоростью v_{03} (например, 21,5 – 22,4 км/ч или 5,967 – 6,211 м/с). При скатывании одиночного вагона по уклону сортировочной горки, вагон будет испытывать воздействие в основном внешних сил в виде сил тяжести вагона с грузом или без груза – $\overline{G}$ и силы аэродинамического сопротивления – $\overline{F}_{гв}$ (где $(\overline{F}_{гвх}, \overline{F}_{гву}) \in \overline{F}_{гв}$). Пусть вагон совершает прямолинейное равнозамедленное движение с переносной скоростью $v_e = v$ с сортировочной горки относительно подвижной системы координат Ox_1yz, связанной с вагоном (рис. 1).

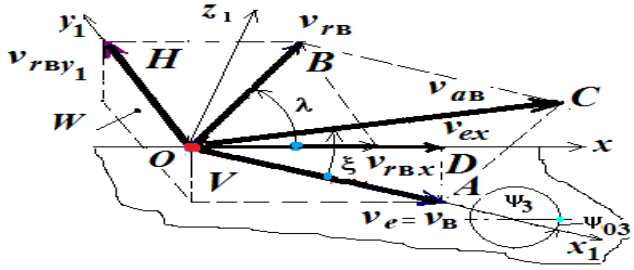


Рисунок 1 – Векторная диаграмма скорости вагона и попутного ветра на участке тормозной позиции горки

На рис. 1 обозначено: O – начала подвижной системы координат Ox_1yz, жёстко связанной с вагоном; Ox – ось по горизонтали; ψ_{03} – угол уклона участка 1ТП горки; H, V и W – горизонтальная, вертикальная и фронтальная плоскости; $\overline{v}_{гв}$ – относительная скорость ветра по отношению к подвижной системе отсчётаOx_1yz (вагон); λ – направляющий угол вектора относительной скорости ветра по отношению к продольной оси вагона; $\overline{v}_{а.в}$ – абсолютная

скорость ветра, которая определяется согласно теореме о сложении скоростей при сложном движении: $\bar{v}_{a.в} = \bar{v}_e + \bar{v}_r = \bar{v} + \bar{v}_r$, где $\bar{v}_e = \bar{v}$ – переносная скорость (скорость вагона), $\bar{v}_r$ – относительная скорость воздуха; ξ – направляющий угол вектора абсолютной скорости ветра относительно оси Ox_1.

Имели в виду, что при проектировании сортировочной горки такие её кинематические параметры, как проекция длины на горизонталь $l_{г3}$ и угол уклона (спуска) ψ_{03} принимают методом подбора согласно принятой рекомендации не менее 12 и не более 15 ‰. Например, $l_{г3} \approx (30 – 40)$ м, $\mathrm{tg}\psi_{03} = (0{,}012 – 0{,}015)$ (или $\psi_{03} = 0{,}688 – 0{,}859$) град.).

В диссертации упрощённая расчётная модель движения вагона на участке тормозной позиции сортировочной горки, составленная согласно принципу, освобождаемый от связей теоретической механики, представлена на рис. 2.

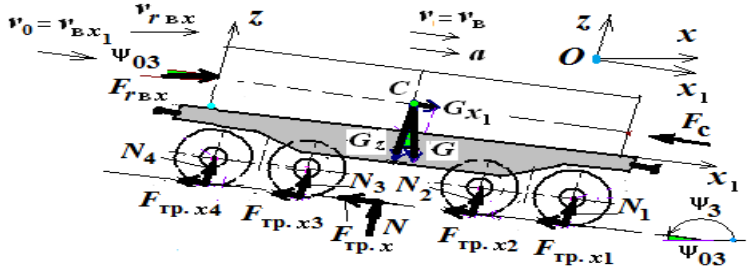


Рисунок 2 – Упрощённая расчётная модель движения вагона на участке тормозной позиции при воздействии попутного ветра

Все обозначения на рис. 2 такие же, как и на рис. 1, за исключением нормальной N и касательной $F_{тр.x}$ составляющей реакции связей (рельсовых нитей). Причём $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ и $F_{тр.x} = F_{тр.x1} + F_{тр.x2} + F_{тр.x3} + F_{тр.x4}$, как параллельные силы. Причём, сила трения $F_{тр.x}$ (в дальнейшем $F_{тр.x1}$) направлена по оси Ox_1 (см. рис. 2). Здесь $F_{тр.x1}$ учитывает трение скольжения колёс о поверхности катания рельсовых нитей $F_{тр.ск}$, и трение скольжения гребней колёс по боковым поверхностям рельсовых нитей $F_{тр.б}$ вследствие воздействия проекции силы ветра с боковой стороны вагона $F_{гв.y} = F_{гв.б}$ (при учёте этого воздействия), трение обода колёс о сжатые тормозные шины вагонного замедлителя $F_{торм.}$, т. е. $F_{тр.x1} = F_τ + F_{торм.}$ с учётом того, что в ней $F_τ = F_{тр.ск} + F_{тр.б}$. Иначе, $F_{тр.x1} = F_{тр.ск} + F_{тр.б.} + F_{торм.}$.

В диссертации силовые соотношения на участке тормозной позиции находят в следующей последовательности.

1. Принимают во внимание, что, в целях обеспечения интервально-прицельного регулирования скорости вагонов, производится торможение колёс и за счёт появляющейся силы трения скольжения обода колёс о сжатые тормозные шины вагонных замедлителей колеса начинают частично скользить по поверхностям рельсовых нитей. При этом вследствие значительного максимального давления сжатого воздуха в пневмосистеме (0,75 МПа) получают тормозную силу $F_{торм}$, а, следовательно, и силы сопротивления движению вагона$F_{тр.x1}$.

2. В общем случае сила сопротивления движению вагона $F_{\text{тр.}x1}$ при его прохождении по участку тормозной позиции с затормаживанием находят:

$$F_{\text{тр.}x1} = F_{\tau} + F_{\text{торм.}}, \text{ кН} \quad (1)$$

где F_{τ} – касательная составляющая реакции связи (рельсовых нитей), которая согласно закону Кулона, равна$F_{\tau} = f_{\text{ск}}N$ с учётом того, что $f_{\text{ск}}$ – коэффициент трения скольжения поверхностей катания колёс о поверхности катания рельсовых нитей («металл по металлу» – $f_{\text{ск}} = 0{,}15 \div 0{,}4$); N – нормальная составляющая реакции связи, которая по модулю равна сумме проекций всех активных сил на вертикальную ось, приходящейся на каждый буксовый узел, причём $N = F_z = G_z + F_{\text{гв.}z} = G\cos\psi_{03} + F_{\text{гв.}x}\sin\psi_{03}$. Здесь $F_{\text{гв.}z} = F_{\text{гв.}x}\sin\psi_{03}$ является проекцией силы попутного ветра $F_{\text{гв.}x}$, направленной по вертикали (т.е. по оси Oz (см. рис. 2)). Поэтому данную силу можно включить в число сил, оказывающих давление на рельсовые нити;

$F_{\text{торм.}} = f_{\text{тп}}F_{\text{тк}}$ – сила трения, возникающая между ободами колёсных пар и сжатыми тормозными шинами вагонного замедлителя, где $f_{\text{тп}} = 0{,}14 \div 0{,}4$ – коэффициент трения скольжения обода колёс о тормозные шины балок замедлителя.

3. Переписывая выражение (1) с учётом $F_{\tau} = f_{\text{ск}}(G\cos\psi_{03} + F_{\text{гв.}x}\sin\psi_{03})$, получают выражение силы торможения $-F_{\text{тр.}x}$, которая является причиной движения вагона с замедлением для случая чистого скольжения колёсных пар относительно тормозных шин, в виде:

$$F_{\text{тр.}x1} = F_{\text{тр.ск}} + F_{\text{торм.}} + F_{\text{тр.ск0}}, \text{ кН} \quad (2)$$

где $F_{\text{тр.ск}}$ – сила трения скольжения поверхностей катания колёсных пар вагона о поверхности катания рельсовых нитей:

$$F_{\text{тр.ск}} = f_{\text{ск}}\left(G\cos(\psi_{03}) + F_{\text{гв}x}\sin(\psi_{03})\right)., \text{ кН} \quad (3)$$

где $F_{\text{гв.}x}$ – проекция силы воздействия попутного ветра на вагон по продольной Ox ($F_{\text{гв.}x}$ = 3,192 кН при $A_{\text{т}}$ = 6,384 м^2– площадь торцевой поверхности вагона с грузом). В работе отмечено, что силу трения $f_{\text{ск}}F_{\text{гв.}x}\sin\psi_{03}$ от проекции силы попутного ветра на вертикаль $F_{\text{гв.}z} = F_{\text{гв.}x}\sin\psi_{03}$ из-за малости её значения можно было бы и пренебречь – составляет всего на всего 0,0089 кН, поскольку $f_{\text{ск}} = 0{,}2$, $F_{\text{гв.}x} = 3{,}192$ кН, $\sin\psi_{03} = 0{,}014$;

$F_{\text{тр.ск0}}$ – сила трения скольжения гребней колёс о боковые поверхности рельсовой нити:

$$F_{\text{тр.ск0}} = f_{\text{ск}0}F_{\text{гвб}}\cdot, \text{ кН} \quad (4)$$

с учётом того, что в ней $f_{\text{ск0}}$ – коэффициент трения скольжения гребней колес о боковую поверхность рельсовой нити (обычно принимают $f_{\text{ск0}} = 0{,}25$); $F_{\text{гвб}} = F_{\text{гв.}y}$ – проекция силы воздействия попутного ветра на боковую сторону вагона ($F_{\text{гвб}} = F_{\text{гв.}y}$ = 13,68 кН при $A_{\text{б}}$ = 27,36 м^2– площадь боковой поверхности вагона с грузом).

4. Используя понятия «сдвигающих» и «удерживающих» сил, вычисляют все силы, воздействующие на скатывающийся вагон на участке тормозной позиции, кН:

– «сдвигающие» силы $F_{\text{сд.}x1}$ (т. е. проекции силы тяжести вагона с грузом (G_{x1}= $G\sin\psi_{03}$) и силы аэродинамического сопротивления попутного ветра ($F_{\text{гв.}x1}$= $F_{\text{гв.}x}\cos\psi_{03}$) на направление скатывания вагона (т.е. по оси Оx_1):

$$F_{\text{сд.}x1} = G\sin(\psi_{03}) + F_{\text{гв}x}\cos(\psi_{03}), \text{ кН} \quad (5)$$

– «удерживающие» $F_{\text{уд.}x1}$ (т. е. силы сопротивления движению вагона в виде силы воздействия попутного ветра на торцевую поверхность вагона $F_{\text{гв.}x}$, силы трения скольжения $F_{\text{тр.ск}}$ колёсных пар с учётом воздействия ветра с боковой стороны вагона $F_{\text{тр.б}}$, силы торможения вагонного замедлителя $F_{\text{торм.}}$ и силы сопротивления движению всякого рода $F_{\text{с.}}$:

$$F_{\text{уд.}x1} = F_{\text{тр.}x1} + F_{\text{с.}}, \text{ кН} \quad (6)$$

где $F_{\text{тр.}x1}$ – сила трения скольжения (это основное сопротивление);

$F_{\text{с.}}$ – силы сопротивления всякого рода в виде:

$$F_{\text{с.}} = F_{\text{ср.}} + F_{\text{с.и.}}, \text{ кН} \quad (7)$$

с учётом того, что в ней $F_{\text{ср.}}$, $F_{\text{с.и.}}$ – силы сопротивления движению вагона от среды, снега и инея (они представляют собой дополнительные сопротивления):

$$F_{\text{ср.}} = k_{\text{ср.}}G;\ F_{\text{с.и.}} = k_{\text{с.и.}}G., \text{ кН} \quad (8)$$

Здесь $k_{\text{ср.}}$ – коэффициент, учитывающий долю силы тяжести G при учёте сопротивления среды (обычно в пределах 0,0001÷0,0005 при скорости попутного ветра от 2 до 4 м/с);$k_{\text{с.и.}}$ – коэффициент, показывающий доли силы тяжести G при учёте сопротивления движению вагона от снега и инея.

В работе сила $F_{\text{уд.}x1}$ представлена в виде:

$$F_{\text{уд.}x1} = f_{\text{ск}}\left(G\cos(\psi_{03}) + F_{\text{гв}x}\sin(\psi_{03})\right) + F_{\text{торм.}} + \\ + (k_{\text{ср.}} + k_{\text{с.и.}})G + f_{\text{ск}0}F_{\text{гвб}}., \text{ кН} \quad (9)$$

Обобщая результаты предыдущих рассуждений, с учётом (5) и (9), найдено условие движения вагона с замедлением на участке 1ТП с уклонами 12 <i< 15 ‰ или 0,688÷0,859 градусов (см. рис. 1) при воздействии попутного ветра:

$$F_{\text{сд.}x1} << F_{\text{уд.}x1}., \text{ кН} \quad (10)$$

При соблюдении условия (11) может произойти полная остановка вагона на горочных тормозных позициях, что вполне возможно на практике.

В работе найдено выражение сил, обеспечивающего резкое замедление вагона на участке тормозной позиции (ЗТ) в виде

$$\Delta F_{\text{тп1}} = -(F_{\text{сд.}x1} - F_{\text{уд.}x1}) = -F_{03}., \text{ кН} \quad (11)$$

Анализ (11) показывает, что сила $\Delta F_{\text{тп1}}$, которая появляется на участке тормозной позиции, является удерживающей силой, обеспечивающей резкое замедление движения вагона заданной силы тяжести G при воздействии попутного ветра малой величины вплоть до остановки.

В работе аналогичные силовые соотношения системы «вагон-путь» представлены для участка тормозных позиции на оставшихся её участках (ОТ) после торможения.

В диссертации упрощённые математические модели движения вагона с замедлением представлены в следующем виде.

Линейное ускорение вагона, при котором происходит прямолинейное равнозамедленное движение вагона на участке тормозной позиции, определено на основе принципа Даламбера в координатной форме:

$$a_3 = \frac{|F_{03}|}{M},\ \text{м/с}^2 \qquad (12)$$

где M – масса вагона с грузом без учёта массы вращающихся частей (колёсных пар), кг; $F_{03} = F_{\text{сд.}x1} - F_{\text{уд.}x1}$ – сила сопротивления движению вагона, поскольку на участке тормозной позиции $F_{\text{сд.}x1} < F_{\text{уд.}x1}$, Н.

Анализируя (12), замечено, что на данном участке линейное ускорение вагона a_3 зависит от всех сил, воздействующих на систему «вагон-путь» ($F_{\text{сд.}x1} = f(G)$, $F_{\text{уд.}x1} = f(F_{\text{гв.}x}, F_{\text{тр.}}, F_{\text{с.}}, F_{\text{гв.б}})$ и от массы вагона с грузом (или без груза) M без учёта массы колёсных пар, т. е. $a_3 = f(M, F_{\text{сд.}x1}, F_{\text{уд.}x1})$.

Скорость скольжения вагона при торможении найдена в результате решения дифференциального уравнения движение на участке тормозной позиции, составленное на основе принципа Даламбера в координатной форме (с учётом начального условия задачи Коши – при $t = 0$: $v(0) = v_0$, где v_0 – скорость входа вагона на участок тормозной позиции):

$$v = v_{03} - a_3 t.,\ \text{м/с} \qquad (13)$$

Ясно, что (13) – известная формула скорости тела при равнозамедленном движении из элементарного курса физики.

Как видно, скорость вагона $v_{\text{е}}(t)$ с течением времени t зависит от начальной скорости v_{03} и линейного ускорения вагонаa_3, т. е. $v_{\text{е}}(t) = f(v_{03}, a_3, t)$. Заметим, что время затормаживания $t_{\text{т}}$ является неизвестным. Поэтому $t_{\text{т}}$ следует подбирать так, чтобы выполнялось условие $t_{\text{т}} > t_{\text{ср.}}$, где $t_{\text{ср.}}$– время срабатывания вагонного замедлителя (обычно 0,7 или 0,8 с в зависимости от конструкции замедлителей). Поэтому по (13) можно непосредственно определить скорость вагона в конце торможения на участке тормозной позиции $v(t_{\text{т}})$.

Далее, переписывая (13) в виде дифференциального уравнения движения вагона при его замедленном движении (с учётом начальных условии задачи Коши – при $t = 0$: $x(0) = 0$), окончательно получают путь затормаживания (юз) вагона с течением времени t на участке тормозной позиции:

$$x(t) = v_{03} t - \frac{1}{2} a_3 t^2.,\ \text{м} \qquad (14)$$

Анализируя (14), убеждаемся, что $x(t)$ с течением времени t зависит от начальной скорости v_{03} и линейного ускорения вагонаa_3, т. е. $x(t) = f(v_{03}, a_3, t)$.

Поскольку время затормаживания $t_{\text{т}}$ находят методом подбора, соблюдая условие $t_{\text{т}} > t_{\text{ср.}}$, то из выражений (13) и (14) непосредственно определяют

скорость $v(t_т)$ и путь затормаживания вагона $x(t_т) = l_т$ в любой момент его движения на участке тормозной позиции.

Таким образом, с использованием принципа Даламбера в координатной форме, метода разделения переменных и таблиц простых интегралов выведены конечные аналитические формулы для определения линейного ускорения вагона $a_З$, его скорости на участке тормозной позиции $v_e(t)$ и пути затормаживания $x(t)$ с течением времени t. Также замечено, что по принятой величине времени затормаживания вагона $t_т$ можно определить скорость $v(t_т)$ и путь затормаживания $x(t_т) = l_т$.

В диссертации отмечено, что построив графические зависимости $v_e(t)$ и $x(t)$ при вариации времени t по (13) и (14) и объединяя их, можно найти рациональное значение времени затормаживания вагона $t_т$ с учётом $t_{ср.}$.

В третьей главе «Определение расчётов показателей движения вагона на участках тормозных позиции» приведены результаты расчётов времени, скорости и пути затормаживания вагона на участках тормозных позиции.

Общеизвестно, что график (13) представляет собой линейно-убывающую функцию, а график (14) носит параболический характер. Анализ зависимости $v_e(t)$, например, на участке 1ТП показал, что в течение времени t = 2,0 с скорость вагона заметно уменьшается (с 7,999 м/с до 2,887 м/с, т. е. на 5,12 м/с), а с учетом воздействия ветра с боковой стороны вагона $v(t_{1т})$ также значительно уменьшается (с 7,623 до 2,427 м/с, т. е. на 5,196 м/с). Сравнительный анализ вычислений скорости $v(t_{1т})$, с которой движется вагон с замедлением на участке 1ТП после затормаживания ($v(t_{1т})$ = 2,887 и $v(t_{1т})$ = 2,427 м/с) показал, что воздействие ветра с боковой стороны вагона $F_{гв.б}$ оказывает незначительное влияние на его движение (т. е. меньше, чем 0,46 м/с или 1.44 км/ч). Анализ графической зависимости $x(t)$ также показал, что в течение времени $t_{1т}$ = 2,0 с вагон пройдёт расстояние $l_{1т}$ = 10,886 м, а с учетом воздействия проекции ветра с боковой стороны вагона $F_{гв.б}$ пройденный путь вагона уменьшится незначительно до $l_{1т}$ = 10,05 м (т. е. на величину 0,836 м).

В работе отмечено, что при соблюдении условия $t_{1т} \geq t_{ср.}$ будут получены другие результаты величин скорости и пути затормаживания вагона. Например, при заданных исходных данных вагон может быть остановлен при $t_{1т} \leq 3{,}2$ с. Анализ результатов вычислений показал, что скорость движения вагона $v(t_{1т})$ при $t_{1т}$ до 3,2 с имеет отрицательное значение, а пройдённый путь при этом практически не изменяется.

В диссертации, объединяя графические зависимости скорости движения $v_e(t)$ и пути затормаживания $x(t)$ вагона по времени t найдено рациональное значение времени затормаживания вагона $t_т$, например, на участке 1ТП (рис. 3).

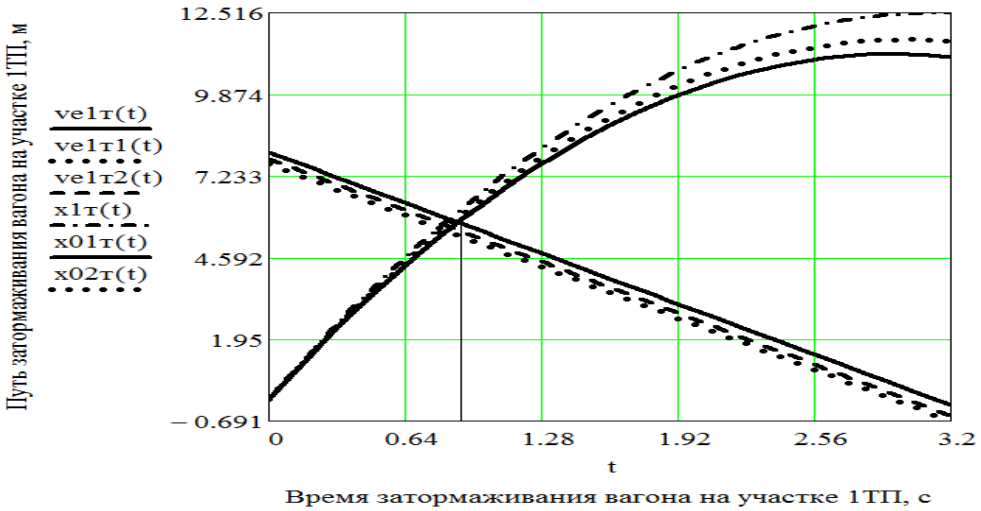


Рисунок 3 – Совместная графическая зависимость скорости вагона и пути затормаживания вагона по участку 1ТП от времени

На рис. 3 обозначено: ve1т(t), ve1т1(t), ve1т2(t) и x1т(t), x01т(t), x02т(t) – скорость $v(t)$ и путь торможения $x(t)$ вагона в любой момент времени t на участке 1ТП, соответственно, при воздействии только силы сопротивления среды $F_{с.}$; при воздействии силы сопротивления среды $F_{с.}$ с учётом воздействия проекции ветра с боковой стороны вагона $F_{гв.б}$ и при одновременном воздействии сил $F_{с.}$ и $F_{гв.б}$ с учётом конечной скорости вагона на втором скоростном участке горки, м/с.

Анализ графической зависимости на рис. 3 показывает, что при $t_т$ = 0,84 с значения $v(t_т)$ = 5,852 и $x(t_т)$ = $l_т$ = 5,817 практически совпадают.

Таким образом, если в зависимости от конструкции вагонного замедлителя время его срабатывания, например, $t_{ср}$ = 0,8 с, то с момента его включения время затормаживания равна $t_{зат} = t_{ср} + t_т$ = 0,8 + 0,84 = 1,6 с.

В диссертации аналогичные результаты получены также для второй и парковой механизированной тормозной позиции (2ТП и 3ТП).

В четвертой главе «Разработка рекомендаций по управлению движения вагона на спускной части сортировочной горки» приведены результаты исследований движения вагона на всех участках тормозных позиции спускной части сортировочной горки.

В диссертации изложены результаты вычислений скорости движения и пройдённого расстояния вагона на участках первой, второй и третьей тормозных позиции (в дальнейшем – 1ТП, 2ТП и 3ТП) с затормаживанием с учётом входа вагона на длину колёсной базы вагона, полученные в программе MathCAD. Так, например, построена графическая зависимость изменения ускорения вагона a_k по длине l_j спускной части сортировочной горки при воздействии проекции силы встречного ветра малой величины $F_{гвх}$с учётом силы сопротивлений всякого рода (среды, стрелки, кривых, снега и инея) $F_{с.}$(рис. 4).

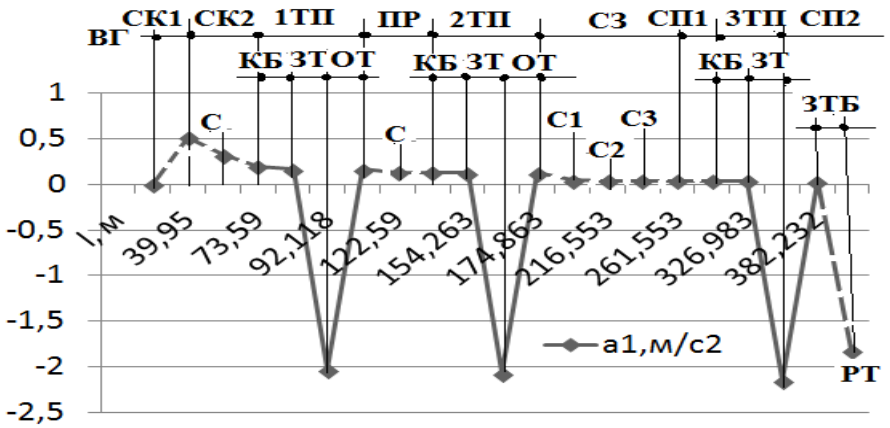


Рисунок 4 – Графические изменения $a_k = f(l_j)$ при учёте силы F_c.

Здесь и далее обозначено: ВГ – вершина горки; СК1 и СК2 – первая и вторая скоростные участки горки; 1ТП, 2ТП и 3ТП – первая, вторая и третья тормозные позиции горки; ПР – промежуточный участок горки; СЗ – стрелочная зона горки; СП1, СП2 – первый и второй участки сортировочного пути; С – разделительный стрелочный перевод (стрелка), С1, С2 и С3 – первая, вторая и третья стрелки; КБ – случай учёта длины колёсной базы вагона; ЗТ – зона торможения вагона и ОТ – оставшийся участки тормозных позиции; ЗТБ – зона установки тормозных башмаков сортировочного парка и РТ – расчётная точка; пунктиром обозначены вне зоны тормозных позиции спускной части сортировочной горки

Из рис. 4 ясно, что в зонах торможения (ЗТ), где значения линейных ускорений имеют отрицательные значения, вагон движется равнозамедленно, а на оставшихся участках тормозных позиции (ОТ) после торможения – равноускоренно.

В работе также построены графические зависимости $t_k = f(l_j)$ (рис. 5) и $v_k = f(l_j)$ (рис. 6).

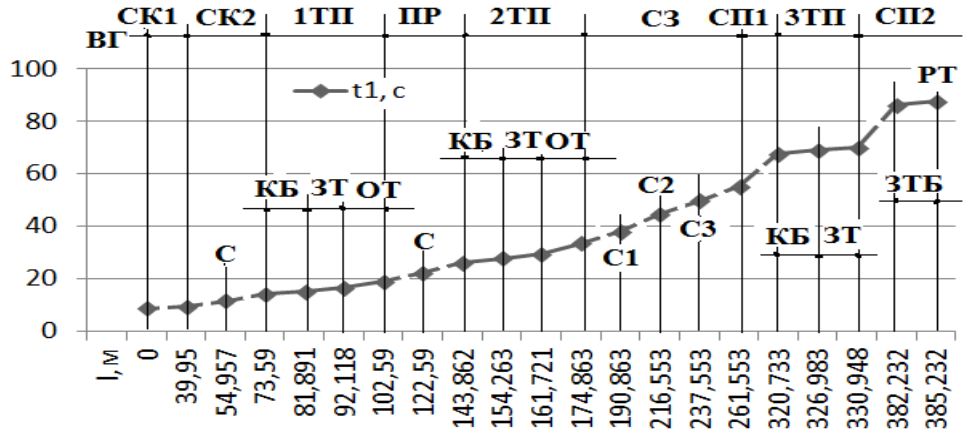


Рисунок 5 – Графические изменения $t_k = f(l_j)$ при учёте силы F_c.

Анализ рис. 5 показывает, что, если в ЗТ время торможения растёт медленно, то на ОТ участках после торможения происходит заметное увеличение времени движения вагона.

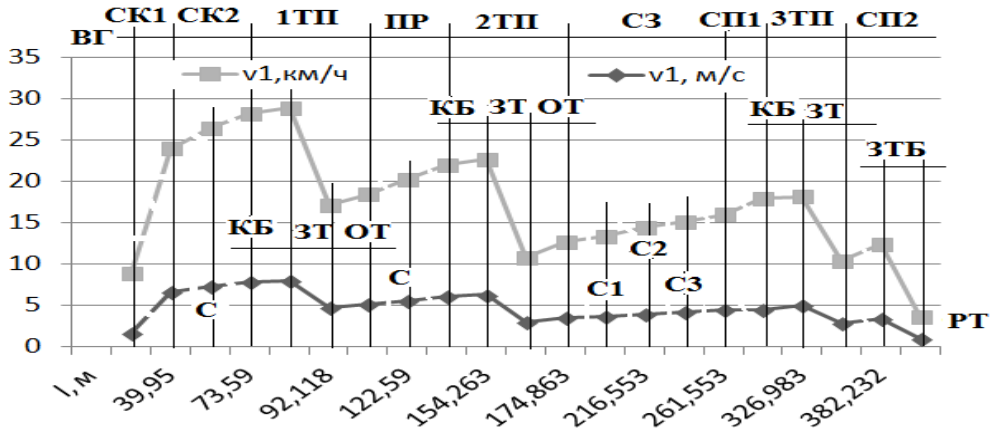


Рисунок 6 – Графические изменения $v_k = f(l_j)$ при учёте силы F_c.

Из рис. 6 ясно, что в зонах торможения (ЗТ) происходят уменьшения скорости скольжения вагона, где значения линейных ускорений имеют отрицательные значения (см. рис. 3), а на ОТ участках после торможения происходит заметное увеличение скорости скатывания вагона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования разработан упрощённый подход к расчёту и проектированию спускной части сортировочной горки.

В данной работе впервые получены следующие результаты.

1. Анализ результатов расчёта высоты сортировочной горки существующим методом дали возможность установить, что при равнозамедленном движении вагона на участках тормозных позиций линейное ускорение не может быть определено с учётом массы вращающихся частей, поскольку происходят только скольжение колёсных пар по поверхности катания рельсовых нитей. Это позволяет отметить, что до сих пор не решена задача определения линейного ускорения, скорости скольжения, пути и времени затормаживания вагона на участках тормозных позиции сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины. Также нет способа определения скорости скатывания вагона на участке тормозной позиции после торможения.

2. Построена векторная диаграмма скорости вагона и попутного ветра, позволившая составить упрощённую модель воздействия сил на систему «вагон – путь» на участке тормозных позиции сортировочной горки при воздействии силы попутного ветра, учитывающая трение скольжения колёсных пар вагона.

3. Разработан ранее неизвестный упрощённый подход к расчёту и проектированию сортировочной горки. Суть нового подхода заключается в том, что линейное ускорение (равноускоренное и/или равнозамедленное) вагона a определено на основе силовых соотношений механической системы «вагон-путь» и принципа Даламбера в координатной форме.

4. Линейное ускорение при равноускоренном движении вагона на длине колёсной базы вагона позволило по величине начальной скорости, ускорения

и длины этого участка тормозной позиции определить время движения вагона.

5. Линейное ускорение при равнозамедленном движении вагона при торможении дала возможность определить скорость и путь затормаживания вагона в зависимости от начальной скорости (скорости входа вагона на участок затормаживания), линейного ускорения вагона при замедленном движении и времени затормаживания вагонного замедлителя, т. е. $v = f(v_{03}, a, t_т)$ и $l_т = f(v_{03}, a, t_т)$.

6. Полученная аналитическая формула линейного ускорения вагона$a_т$, после объединения графических зависимостей скорости движения и пути затормаживания вагона по времени дала возможность определить рациональное значение времени затормаживания вагона на участке тормозной позиции горки.

7. Линейное ускорение при равноускоренном движении вагона на длине оставшегося участка тормозной позиции позволило по величине начальной скорости $v_{0от}$, ускорения $a_т$ и длины этого участка, найти время движения вагона.

8. Построены графические зависимости линейного ускорения$a_k = f(l_j)$, времени $t_k = f(l_j)$ и скорости движения $v_k = f(l_j)$ вагона на участках тормозных позиции от вариации длины спускной части сортировочной горки.

9. Выполнен широкий набор расчётных данных при движении вагона на участках тормозных позиции с учётом длины колёсной базы вагона и при непосредственном входе передней колёсной пары вагона на участок вагонного замедлителя. В этих расчётах учитываются основные положения упрощённой методики расчета динамики скатывания вагона по спускной части сортировочной горки. Результаты исследований могут быть использованы для расчёта и проектирования спускной части сортировочной горки.

10. Предложенная новая методика даёт возможность определить время, скорость и длину пройденного пути одиночного вагона скатываемого с любой точки сортировочной горки, а также помогает выбрать оптимальную высоту сортировочной горки. С помощью нормирования скорости соударения вагона с «группой стоящих вагонов», значительно сократятся затраты на ремонт автосцепок вагонов, обеспечиться сохранность и качество грузов, а также в следствии сокращения маневровых работ общая годовая экономическая эффективность по одной сортировочной станции составит 346 млн сум.

TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERS
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES PhD.15/30.12.2019.T.73.01

TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERS

SAIDIVALIEV SHUKHRAT UMARKHODJAEVICH

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR CALCULATING SECTIONS OF THE BRAKE POSITIONS OF A SORTING SLIDE UNDER THE INFLUENCE OF A SMALL TAILWIND

05.08.03 – Operation of railway transport

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

Tashkent – 2020

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2019.2.PhD/T1212.

The dissertation has been prepared at Tashkent Instituteof Railway Engineers.

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

Scientific supervisor:	**Turanov Khabibulla Turanovich** doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	**KhudaiberganovKobildjonTahirovich** doctorof technical sciences, professor
	Makhkamov Nurmukhammad Yangiboevich candidateof technical sciences
Leading organization:	**Tashkent institute of design, construction and maintenance of automotive roads**

The defense will be take place «09» 07 2020 at 15.00 at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.15/30.12.2019.T.73.01 Tashkent institute of railway engineering. Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan.Phone:(+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information–Resource Center of the Tashkent institute of railway engineering (Registration number – 010). (Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66)

Abstract of dissertation was distributed on «03» 07 2020 year.
(mailing record № 011 on «03» 07 2020 year)

A.E. Adilkhodjaev
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

N.N. Ibragimov
Chairman of thescientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to improving the methodology for calculating sections of the brake positions of a sorting slide under the influence of a small tailwind. Determination of linear accelerations of a car with deceleration on the basis of force relationships that take place in the car-way system in areas of braking positions when a small tail wind is applied.

Tasks oftheresearch:

– to develop simplified calculation schemes of the “car-way” mechanical system when a single car moves in the brake position and after braking when a small tail wind is applied to the system;

– to develop simplified mathematical models of the car-way system during the movement of a single car on a portion of the braking position and after braking;

– draw up power relations that take place in the car-way system in the area of brake positions and in the area after braking;

– development of a program allowing the possibility of calculating the movement of a car in sections of the brake position, when exposed to a small tailwind.

Scientific novelty of the research is as following:

– developed of simplified design schemes for the "car-way" mechanical system when driving a single car in the zone of braking position, both during braking and after braking, when the system is affected by a tailwind;

– drawing up power relations of the “car-to-rail” mechanical system when a single car is moving in the area of the brake position, both during braking and after braking;

– calculation of linear accelerations of the car in areas of brake positions during its movement with deceleration and acceleration, according to the difference between the “shear” and “holding” forces, according to the Alembert principle;

– the construction of a graphical dependence of the sliding speed and braking path of a single car on sections of the braking position during the movement of a single braking car and after it;

– the creation of a methodology for determining the time of movement and speed of rolling a car in the remaining area of the brake position after braking, taking into account the inertia of the rotating masses.

The structure and volume of the research work. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Саидивалиев Ш.У. К движению вагона на участке первой тормозной позиций сортировочной горки// Научно-технический журнал ВЕСТНИК, Ташкент: ТашИИТ, 2019.№2. С.72 – 83 (05.00.00; №11)
2. Саидивалиев Ш.У. О некорректности формулы горочных конструктивных и технологических расчетов проектируемых участков сортировочной горки // Научно-технический журнал ВЕСТНИК, Ташкент: ТашИИТ, 2019.№3. С.218 – 226 (05.00.00; №11)
3. Саидивалиев Ш.У., Эргашева З.В. Вагоннинг саралаш тепалигининг тезлаштирадиган қиялиги бўйлаб сирпаниб тушиш динамикаси// Илмий-техник журнал. ТошТЙМИ ахбороти, 2019 й, №4, 102-111 б. (05.00.00; №11)
4. Саидивалиев Ш.У., Эргашева З.В. Саралаш тепалигининг биринчи тормоз позицияси участкасида вагон ҳаракатланиши //Илмий-техник журнал. ТАЙИ хабарномаси, 2019 й, №2, 64-74 б. (05.00.00; №15)
5. СаидивалиевШ.У.,Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок // Научно-технический журнал Транспорт: наука, техника, управление, №5 2019 г., С.26-31(05.00.00; №82)
6. СаидивалиевШ.У.,Туранов Х.Т., Гордиенко А.А.О математическом описании торможения вагона на сортировочной горке // Научно-технический журнал Транспорт: наука, техника, управление, №7 2019 г., С.27-30(05.00.00; №82)
7. СаидивалиевШ.У.,Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Молчанова О.В. О методе решения задачи движения вагона на участках тормозных позиции сортировочной горки // Научно-технический журнал Транспорт: наука, техника, управление, №11 2019 г., С.34-38(05.00.00; №82)
8. СаидивалиевШ.У.,Туранов Х.Т., Гордиенко А.А. К движению вагона на участках тормозных позиции сортировочной горки //Научно-технический журнал Транспорт: наука, техника, управление, №3 2020 г., С.24-30(05.00.00; №82)
9. S. Saidivaliev, K. Turanov, A. Gordienko, S. Djabborov. Designing the height of the first profile of the marshalling hump // E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03038 (2020), (SCOPUS).
10. S. Saidivaliev, K. Turanov, A. Gordienko, S. Djabborov. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind // E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03041 (2020), (SCOPUS).

II бўлим (II часть; IIpart)

11. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б., Джалилов Х.Х. О динамике скатываниявагона по ускоряющему уклону сортировочной горки // Сборник докладовреспубликанской научно-практическойконференции и“механика деформируемоготвердого тела” 2018, Том II, С. 10-18.

12. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. О движения вагона по профилю сортировочной горки // Сборник докладовреспубликанской научно-практическойконференции и“механика деформируемоготвердого тела” 2018, Том II, С. 62-72.

13. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. О динамике скольжения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки // Сборник докладовреспубликанской научно-практическойконференции и“механика деформируемоготвердого тела” 2018, Том II, С. 72-80.

14. Саидивалиев Ш.У. Саралаш тепалигининг биринчи тормоз позицияси участкасида вагон ҳаракатланишининг таҳлили // Ёш илмий-тадқиқотчи бакалавриат, магистратура талабалари, стажер-тадқиқотчилар ва докторантура изланувчиларининг XVII институтлараро илмий-амалий анжумани материаллари 2019 йил 2-3 апрел. 60-61 б.

15. Саидивалиев Ш.У. Об одном методе решения задачи движения вагона на участках тормозных позиции сортировочной горки // Сборник научных статей по итогам одиннадцатой международной научной конференции. Казань, 2019. С. 12-15.

16. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т. О проблеме расчёта и проектирования спускной части сортировочной горки // Сборник материалов научно-технической конференции “Транспортная логистика, мультимодальные перевозки” Ташкент: ТашИИТ. 17-18 мая 2019 года. С.42-44.

17. Саидивалиев Ш.У. Вагоннинг саралаш тепалигинннг киялиги бўйлаб тушиш динамикаси // Сборник материалов научно-технической конференции “Транспортная логистика, мультимодальные перевозки” Ташкент: ТашИИТ. 17-18 мая 2019 года. С. 40-42.

18. Саидивалиев Ш.У. Об одном методе решения задачи движения вагона на участках тормозныхпозиции сортировочной горки // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» – Ташкент: ТашИИТ. 2019-йил 20-21 декабрь. С.59-62.

19. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А. О подходе к определению некоторых кинематических параметров движения вагона на тормозных позициях сортировочных горок // International Journal of Advanced Studies. 2018, Vol 8, №4. С. 122 – 136

20. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т. Определение кинематических параметров движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2019. Т.9. №1. С. 21-26

21. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. Овычислении профильной высоты головного участка сортировочной горки // Бюллетень транспортной информации. 2019. №12 (294). С. 15-20.

22. Саидивалиев Ш.У., Туранов Х.Т., Гордиенко А.А. О некорректности формулы для определения скорости движения вагона в зонах торможения на участках тормозных позиций сортировочной горки // Бюллетень транспортной информации. 2019. №9 (291). С. 34-40

Автореферат «ТошТЙМИ ахборотномаси» илмий-амалий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди (02.07.2020 йил).

Қоғоз бичми 84x60-1/16 Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табоғи: 3 б.т. Адади: 100 нусха. Буюртма № 19-5/2020
Нашрга рухсат этилди: 03.07.2020 й.

Тошкент темир йўл муҳандислари институтида чоп этилган.
Манзил: 100167, Тошкент шаҳар, Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.