

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.15/31.08.2022.T.73.03 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**RAXMONOV AZIMJON SATTOROVICH**

**TOG‘DAN O‘TUVCHI AVTOMOBIL YO‘LLARIDA FALOKATLI  
HOLATLARDA TRANSPORT VOSITALARINING HARAKAT  
XAVFSIZLIGINI OSHIRISH (QAMCHIQ DOVONI MISOLIDA)**

**05.08.06 – G‘ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish**

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

**Toshkent - 2024**

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

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

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

Raxmonov Azimjon Sattorovich Tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish (Qamchiq dovoni misolida)...	3
Рахмонов Азимжон Сатторович Повышение безопасности движения транспортных средств в аварийных ситуациях на горных автомобильных дорогах (на примере перевала Камчик).....	22
Rakhmonov Azimjon Sattorovich Improving the safety of vehicles in emergency situations on mountain roads (on the example of the Kamchik pass).....	42
E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati Список опубликованных работ List of published works .....	46

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.15/31.08.2022.T.73.03 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**RAXMONOV AZIMJON SATTOROVICH**

**TOG'DAN O'TUVCHI AVTOMOBIL YO'LLARIDA FALOKATLI  
HOLATLARDA TRANSPORT VOSITALARINING HARA-KAT  
XAVFSIZLIGINI OSHIRISH (QAMCHIQ DOVONI MISOLIDA)**

**05.08.06 – G'ildirakli va gusenitsali mashinalar va ularni ishlatish**

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

**Toshkent - 2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/T3382 raqami bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portaliga ("[www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)") joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Fayzullayev Erkin Zikrullayevich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Bazarov Baxtiyor Imamovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Muxitdinov Nuriddin Fatxiddinovich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat  
texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi DSc.15/31.08.2022.T.73.03 raqamli Ilmiy kengashning 2024- yil "19" aprel soat 10<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01, faks: (99871) 293-57-54 e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz)).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 147 bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01, faks: (99871) 293-57-54 e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024- yil "04" aprel kuni tarqatildi.

(2024- yil "12" yanvardagi 11-raqamli reyestr bayonnomasi).

**A.A.Riskulov**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

**K.Z.Ziyayev**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD

**A.A.Muxitdinov**

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

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda aholi va transport vositalari sonining ortib borishi, tog‘li yo‘llarda yo‘l transport hodisalarining ko‘payishi bilan transport vositalarining harakat xavfsizligini ta‘minlashga katta ahamiyat berilmoqda. Hozirda rivojlangan xorijiy mamlakatlarda transport vositalaridan foydalanish oshib borgan sari, avtomobil - yo‘l - piyoda - muhit tizimida harakat xavfsizligini ta‘minlashga qaratilgan masalalar yetakchi o‘rinni egallagan. Bu borada, jumladan, transport vositalari harakat xavfsizligini oshirish, yo‘l-transport hodisalari sonini kamaytirish borasida ko‘plab ishlar amalga oshirilib kelinmoqda hamda avtotransport vositalaridan oqilona foydalanish masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda tog‘li yo‘llar o‘zining geografik joylashishi, dovonlardagi harakat xavfsizligi ta‘minlanganligi bo‘yicha bir-biridan ajralib turadi, tog‘li hududlardagi murakkab relief avtotransport harakati rejimi va xavfsizligiga katta ta‘sir ko‘rsatadi hamda tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida avtotransport vositalarini xavfsiz harakatlanish tezliklarini ta‘minlash, falokatli holatlarda transport vositalarining xavfsizligini oshirish masalalarida ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini ta‘minlash, yo‘l transport hodisalarini kamaytirish va uning oqibatlaridan himoyalani sh darajasini oshirish bo‘yicha tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, yuk avtomobilining falokat(avariya) holatlarida xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalarining o‘rnatilish oraliq masofasini aniqlash, tog‘ hududida davomli qiyaliklardan tushishda transport vositalarining harakat xavfsizligini ta‘minlash kabi masalalar dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda yo‘l harakati xavfsizligini ta‘minlash, yo‘l-transport hodisalari sonini kamaytirishga qaratilgan keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Buni yo‘l harakati xavfsizligini ta‘minlash va yo‘l transport hodisalarini kamaytirishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot va uslubiy ishlarni olib borishni rag‘batlantiruvchi qator me‘yoriy-huquqiy hujjatlarning qabul qilangani xam ko‘rsatib turibdi. Jumladan, 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida “... Rivojlangan mamlakatlar tajribasini inobatga olgan holda yo‘l infratuzilmasini takomillashtirish va xavfsiz harakatlanish sharoitlarini yaratish orqali yo‘llarda avariya va o‘lim holatlarini qisqartirish bo‘yicha dastur loyihasini ishlab chiqish. Bunda, yo‘l infratuzilmasini xalqaro standartlarga moslashtirish, harakatni boshqarish tizimini to‘liq raqamlashtirish, yo‘llarda xavfsiz harakatlanish uchun barcha ishtirokchilarga munosib sharoitlarni yaratish”<sup>1</sup> bo‘yicha vazifalari alohida belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni bajarishda tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish bilan bog‘liq tadqiqotlar olib borish dolzarb vazifadir.

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 4 apreldagi PQ–190-sonli “Avtomobil yo‘llarida inson xavfsizligini ishonchli ta’minlash va o‘lim holatlarini keskin kamaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”<sup>2</sup>gi qarori, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 11 iyuldagi PQ–3127-sonli “Yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”<sup>3</sup>gi qarori. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 5 dekabrda 990-sonli yildagi “2018–2022-yillarda O‘zbekiston Respublikasida yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash konsepsiyasini amalga oshirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar haqida”<sup>4</sup>gi qarori, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining 2018 yil 19 maydagi 377-sonli “O‘zbekiston Respublikasi yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”<sup>5</sup> gi qarori ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining III. “Energetika, energiya–resurstejamkorlik, transport, mashina va asbobsozlik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Tog‘li yo‘llarda transport vositalarining ekspluatatsiyasi, ularning harakat jarayonini modellashtirish va harakat xavfsizligiga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari bilan dunyoda bir qator olimlardan R.G.Elvinov, R.V. Nikolayeva, A.M.Badalyan, V.V.Chvanov, N.P.Ornatskiy, R.K.Axmedov, V.F.Babkov, A.R.Valentilovich, M.T. Alseitov, B. Sovetbekov, Ye.Y. Minenko, D.Y.Kuramshin, Voyevodin, Ye.V. Fomin, K.V. Pulyanova, A.M. Asxabov, A.S. Kashura, N.V. Golub, E.D. Moldaliyev, G.R. Lechishavili, V.F. Platonov, B.C. Ustimenko, G.K. Nazarov, G.B.Bezborodova, Y.Ye.Farobin, A.M.Ivanov V.Aliyev, S.K. Abduraxmanov, Shy Bassan, Ligang Vang, Rusdi Bin Rusli, Marco Montoya-Alcaraz, Alejandro Mungaray-Moctezuma, Julio Calderón-Ramírez, Leonel García, Cynthia Martinez-Lazcano, Zihao Wen, Hui Zhang, Ronghui Zhang, Nguen Txan Fong, Le Txi Kue An va boshqalar shug‘ullanishgan.

Mamlakatimiz olimlaridan A.A.Mutalibov, O.U.Salimov, S.M.Kadirov, A.A. Muxitdinov, K.X.Azizov, A.A.Nazarov, B.I.Bazarov, Sh.P.Alimuxamedov, A.A.Shermuxamedov, J.R.Kulmuxamedov, N. Ilyosov, A.F. Shaxidov, I.S. Sadikov, M.M. Miraxmedov, A.X. Urokov, J.I. Sodiqov, B.Sottivoldiyev, E.Z.Fayzullayev, A.S.Xalmuxamedov Sh.K.Xakimov, A.M.Baboyev, M.S. Mirzabekov va boshqalar tomonidan tog‘li yo‘llarda transport vositalarining ekspluatatsiyasi va harakat xavfsizligi bo‘yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar

---

<sup>2</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 4 apreldagi PQ-190-sonli “Avtomobil yo‘llarida inson xavfsizligini ishonchli ta’minlash va o‘lim holatlarini keskin kamaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori

<sup>3</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 11 iyuldagi PQ-3127-sonli “Yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori

<sup>4</sup> O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 5 dekabrda 990-sonli yildagi “2018–2022-yillarda O‘zbekiston Respublikasida yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash konsepsiyasini amalga oshirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar haqida”gi qarori

<sup>5</sup> O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining 2018 yil 19 maydagi 377-sonli “O‘zbekiston Respublikasi yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori

o'tkazilgan. Bu tadqiqotlarning tahlili shuni ko'rsatdiki, tog'li yo'l sharoitida transport vositalarining tormozlash tizimida nosozliklar bo'lganda, ularni to'xtatish uchun o'rnatiladigan falokatli holatlar uchun kirish yo'lining (FHUKY) yo'lining bo'ylama qiyaliklariga va transport vositalarining harakat tezligiga bog'liq ravishda o'rnatilish oraliq masofasi qiymatlarini aniqlashning ilmiy asoslangan usullari ishlab chiqilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.**

Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent avtomobil-yo'llari institutining DITD №A-13-100 Qamchiq dovoni sharoitida neft mahsulotlarini tashish uchun avtopoyezdning oqilona turini tanlash (2006–2008), DITD №P-18.40 MAZ-642208-020 va KamAZ-6460-001 Istanbul–Fruehauf avtopoyezdlarining Qamchiq dovonida harakatlanayotganda tortish imkoniyatlari va tormoz tizimlarining samaradorligini qiyosiy tahlil qilish (2007) bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarining davomi sifatida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** tog'dan o'tuvchi avtomobil yo'llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

tog'dan o'tuvchi avtomobil yo'llarida transport vositalarining harakat xavfsizligiga ta'sir etuvchi omillar tahlili;

hisob yo'li bilan davomli qiyaliklarda yuk avtomobilining falokat(avariya) holatlarida xavfsiz to'xtatish yo'lakchalarining o'rnatilish oraliq masofasini aniqlash uslubini ishlab chiqish;

MATLAB/Simulink immitatsion model asosida avtomobillarning falokatli(avariyal) harakatlanish holatlarida ularning kinetik energiyasini xavfsiz so'ndirishni ta'minlovchi kirish yo'lining uzunligi va qiyaligini aniqlash uslubini takomillashtirish;

nazariy tadqiqot natijalari ishonchliligini asoslash bo'yicha sinov uslubini ishlab chiqish va o'tkazish;

davomli qiyalikda pastga harakatlanishda avtopoyezdlarning yordamchi tormoz tizimlari samaradorligini eksperimental tahlil qilish;

tog' hududida davomli qiyaliklardan tushishda transport vositalarining harakat xavfsizligini ta'minlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obykti** sifatida dovonda harakatlanayotgan transport vositalari qabul qilingan.

**Tadqiqotning predmeti** tog'li yo'llarning xavfli bo'laklarida transport vositalarining harakat xavfsizligi tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida matematik statistika va tahlil, matematik modellash, eksperimental tadqiqotlar, regression tahlil usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

g'ildirakning g'ildirashga qarshilik koeffitsiyentini avtomobil massasi va tezligiga empirik bog'liqligi asosida avtomobil harakatiga qarshilik yo'lagining uzunligini aniqlash usuli ishlab chiqilgan;

avtomobilning davomli qiyaliklarda harakatlanishida falokat (avariya) holatlarida xavfsiz to'xtatish yo'lakchalarining o'rnatilish oraliq masofasini aniqlash uslubi avtomobilning nishablikda harakatlanish matematik modeli orqali takomillashtirilgan;

avtomobillarning falokatli harakatlanish holatlarida kinetik energiyasini so'ndiruvchi qarshilik yo'lagi parametrlari asoslash usuli ishlab chiqilgan;

turli ob-havo sharoitlari uchun xavfli yo'l uchastkalarida avtomobil tezligining chegaraviy qiymatini aniqlash uslubi yo'lining bo'ylama nishabligini hisobga oluvchi koeffitsiyentlarini tanlash usuli orqali takomillashtirilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

tog'dan o'tuvchi avtomobil yo'llarida falokatli holatlarda harakat xavfsizligini ta'minlash bo'yicha FHUKYni o'rnatilish oraliq masofalarini aniqlash uslubi ishlab chiqilgan.

yo'lining relefiga qarab gravitatsion yoki katta qarshilikli falokatli holatlar uchun kirish yo'llari parametrlarini avtomobil yo'lining bo'ylama qiyaligi, transport vositalarining massasi, tezliklariga mos ravishda o'zgarishi qonuniyatlari aniqlangan;

eksperiment uslubi orqali yuqori qarshilikka ega materiallardan foydalanib FHUKY parametrlari aniqlangan;

davomli qiyalikda pastga harakatlanishda avtopoyezdlarning yordamchi tormoz tizimlarini eksperimental tahlil natijalariga asosan, ulardan samarali foydalanish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

transport vositalarining Qamchiq dovonidagi yo'l va iqlim sharoitlariga mos holda xavfsiz harakatlanish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalarining o'zaro adekvatligi va ularning ishonchliligi jahondagi soha bo'yicha yetakchi ilmiy nashrlarda chop etilgan natijalarga mos kelishi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot bo'yicha olingan natijalarning ilmiy ahamiyati tog'dan o'tuvchi avtomobil yo'lining bo'ylama qiyaligi, transport vositalarining tezliklariga mos ravishda falokatli holatlar uchun kirish yo'lining o'rnatilish oraliq masofalarini, falokatli holatlar uchun kirish yo'lining parametrlarini aniqlash uslublari hamda yuk avtomobilining massasi va tezligini hisobga olib, eksperimental sinov yo'li bilan, cheklangan yotoq tipdagi falokatli holatlar uchun kirish yo'lining uzunligi va avtomobil g'ildiragining g'ildirashiga qarshilik koeffitsiyentini aniqlashning imperik tenglamalari ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.,

Olingan natijalarning amaliy ahamiyati Qamchiq dovonida transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish, transport vositalarining tormoz tizimi va tezligi bilan bog'liq bo'lgan yo'l-transport hodisalarini kamaytirish, ob-havo sharoitini hisobga olib intellektual tizimni qo'llash orqali xavfli yo'l bo'laklarida avtomobillarning xavfsiz harakatlanishini ta'minlash va yo'l usti qurilmalarini qurishda sezilarli mablag'larni tejash bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish bo‘yicha olingan natijalar asosida:

avtomobilning davomli qiyaliklarda harakatlanishida falokat (avariya) holatlarida xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalarining o‘rnatilish oraliq masofasini aniqlash uslubi “Qamchiqavtoyoyol” ixtisoslashtirilgan yo‘llardan foydalanish unitar korxonasida joriy etilgan (Transport vazirligining 2023 yil 17 fevraldagi №2/970-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada davomli qiyaliklarda yo‘lning nishabligi 5–12 % bo‘lganida xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalarining o‘rnatilish oraliq masofasi 250–800 metr oralig‘ida o‘zgarishi aniqlangan;

avtomobillarning falokatli harakatlanish holatlarida kinetik energiyasini so‘ndiruvchi qarshilik yo‘lagi parametrlari “Qamchiqavtoyoyol” ixtisoslashtirilgan yo‘llardan foydalanish unitar korxonasida joriy etilgan (Transport vazirligining 2023 yil 17 fevraldagi №2/970-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada transport vositasining xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalariga kirishdagi oniy tezligi 60–130 km/soat bo‘lganida xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalarining qiyaligi 10%–17% ga o‘zgarganda uning uzunligi 80–250 metrgacha o‘zgarishi aniqlangan;

g‘ildirakning g‘ildirashga qarshilik koeffitsiyentini avtomobil massasi va tezligiga empirik bog‘liqligi asosida avtomobil harakatiga qarshilik yo‘lagining uzunligi qiymatlari “Qamchiqavtoyoyol” ixtisoslashtirilgan yo‘llardan foydalanish unitar korxonasida joriy etilgan (Transport vazirligining 2023 yil 17 fevraldagi №2/970-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada mavjud avtomobil harakatiga qarshilik yo‘lagining uzunligini 3–4 barobarga kamaytirish va bitta falokatli holat uchun kirish yo‘lini qurishga ketadigan xarajatlarni o‘rtacha 59 493 950 so‘mga qisqartirish imkonini beradi;

turli ob-havo sharoitlari uchun xavfli yo‘l uchastkalarida avtomobil tezligining chegaraviy qiymatini aniqlash uslubi “Qamchiqavtoyoyol” ixtisoslashtirilgan yo‘llardan foydalanish unitar korxonasida joriy etilgan (Transport vazirligining 2023 yil 17 fevraldagi №2/970-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada Qamchiq dovonidagi xavfli uchastkalarda xavfsiz harakatlanish tezligini ta‘minlash va tezligi bilan bog‘liq bo‘lgan yo‘l-transport hodisalarini 30% ga kamaytirish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 8 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlari ma‘ruzalarda muhokamadan o‘tgan.

**Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 23 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta ilmiy maqola, ulardan 6 tasi respublika va 3 tasi xorij jurnallarida e‘lon qilingan. Shuningdek, dasturiy hisoblash mahsulotlari uchun 2 ta guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 113 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish (Qamchiq dovoni misolida) bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishining dolzarbligi va zarurati asoslangan. Ishning asosiy maqsad va vazifalari, tadqiqot obekti va predmeti, uning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan. Ishning ilmiy yangiligi va tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida falokatli holatlarda transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish bo‘yicha tadqiqotning asosiy natijalari, ularning ilmiy va amaliy ahamiyati asoslangan. Shuningdek, dissertatsiya ishi natijalarining amaliyotga tatbiqi, mavzu bo‘yicha nashr etilgan ishlar va ularning tarkibiy tuzilishi bo‘yicha umumiy ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining **“Tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida transport vositalarining harakat xavfsizligini tahlil qilish”** nomli **birinchi bobida** tog‘ sharoitida transport vositalarining xavfsizligini ta‘minlash bo‘yicha jahon tajribasini o‘rganishga oid mavjud ilmiy ishlar sharhi keltirilgan.

Tog‘li yo‘llarda transport vositalarining ekspluatatsiyasi va harakat xavfsizligiga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari bilan dunyoda bir qator yetakchi olimlardan R.G.Elvinov, R.V.Nikolayeva, A.M.Badalyan, V.V.Chvanov, N.P.Ornatskiye, R.K.Axmedov, A.R.Valentilovich, M.T.Alseitov, B. Sovetbekov, Ye.Y. Minenko, D.Y.Kuramshin, Voyevodin, Ye.V.Fomin, K.V. Pulyanova, A.M.Asxabov, A.S.Kashura, N.V.Golub, E.D.Moldaliyev, G.R. Lechishavili, V.F.Platonov, B.C.Ustimenko, G.K.Nazarov, V.Aliyev, S.K. Abduraxmanov, Shy Bassan, Ligang Vang, Rusdi Bin Rusli, Marco Montoya-Alcaraz, Alejandro Mungaray-Moctezuma, Julio Calderón-Ramírez, Leonel García and Cynthia Martinez-Lazcano, Zihao Wen, Hui Zhang and Ronghui Zhang, Nguen Txan Fong, Le Txi Kue An va boshqalar shug‘ullanishgan.

Mamlakatimiz olimlaridan A.A.Muxitdinov, A.A.Shermuxamedov, Q.H.Azizov, N.Ilyosov, A.F.Shaxidov, I.S.Sadikov, M.M.Miraxmedov, A.X. Urokov, J.I.Sodiqov, A.A.Nazarov, E.Z.Fayzullayev, Sh.K.Xakimov, A.M.Baboyev, M.S.Mirzabekov va boshqalar tomonidan tog‘li yo‘llarda transport vositalarining ekspluatatsiyasi va harakat xavfsizligi bo‘yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar o‘tkazilgan. Ushbu mualliflar tadqiqotlarida tog‘li yo‘llarda harakat xavfsizligini ta‘minlashda ob-havo sharoiti, yo‘l elementlari, avtomobil - haydovchi - yo‘l - muhit munosabatlari, tog‘li yo‘llardagi aholi punktlarida tezlik ko‘rsatkichlari, tonnelerde harakatni tashkil etish yoritilgan bo‘lsada, tog‘dan o‘tuvchi yo‘llarda turli sharoitlarda transport vositalarining xavfsiz harakatlanish tezligi va transport vositalarining tormozlash tizimida nosozliklar bo‘lganda falokatli holatlar uchun kirish yo‘lining o‘rnatilish oraliq masofasini aniqlash, yo‘lning tushish nishabliklarida transport vositalarining tormozlash tizimida nosozliklar bo‘lganida xavfsiz to‘xtatish uslublarini ishlab chiqish zarurati tug‘iladi.

Dissertatsiyaning **“Tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida harakat xavfsizligini ta‘minlashni nazariy tadqiqoti”** nomli **ikkinchi bobida** Qamchiq

dovonidagi avtomobil yo'llarida transport oqimi tezligini aniqlash va xavfli uchastkalardagi tezliklarni nazariy tadqiqoti Qamchiq dovonidagi yo'l-transport hodisalari, xavfli uchastkalarining topografik tahlili, xavfli yo'l bo'laklarida transport vositalarining harakatlanish kritik tezliklarini aniqlash, FHUKYdan foydalanib transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish, FHUKY turlari va Qamchiq dovonidagi mavjudlarining tahlili, FHUKYga qo'yilgan meyoriy talablar, hisob yo'li bilan davomli qiyaliklarda yuk avtomobilining falokat (avariya) holatlarida xavfsiz to'xtatish yo'llarining o'rnatilish oraliq masofasini aniqlash uslubini ishlab chiqish, MATLAB/Simulink imitatsion model asosida avtomobillarning falokatli(avariyal) harakatlanish holatlarida ularning kinetik energiyasini xavfsiz so'ndirishni ta'minlovchi kirish yo'lining uzunligi va qiyaligini aniqlash uslubini takomillashtirish masalalari ko'rilgan.

Qamchiq dovonida so'nggi uch yilda sodir bo'lgan YTH tahlili va xavfsizlik va halokatlilik koeffitsiyentlari uslublaridan foydalanib, yo'ning xavfli uchastkalari aniqlangan.

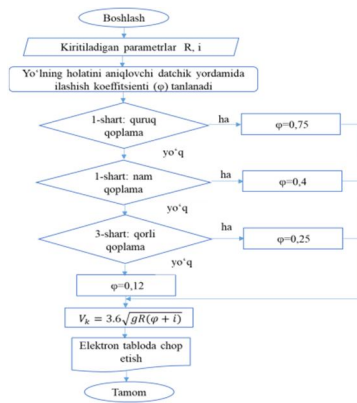
Qamchiq dovonida sodir bo'lgan YTH larning sabablari bo'yicha regression analiz qilindi:

Y – YTH soni; X<sub>1</sub> – tezlikni oshirish oqibatida sodir bo'lgan YTH; X<sub>2</sub> – haydovchilarni uxlab qolishi oqibatida sodir bo'lgan YTH; X<sub>3</sub> – ko'rinishni yetarli emasligi oqibatida sodir bo'lgan YTH; X<sub>4</sub> – tormoz tizimi bilan bog'liq YTH; X<sub>5</sub> – ob-havo sharoiti ta'siri oqibatida sodir bo'lgan YTH; X<sub>6</sub> – yo'ning bo'ylama nishabligi ta'sirida sodir bo'lgan YTH; X<sub>7</sub> – yo'ning radius egriligi ta'sirida sodir bo'lgan YTH.

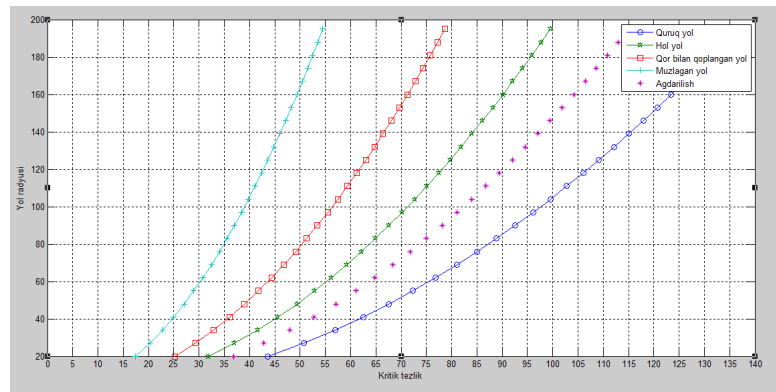
$$Y = 0,6 X_1 + 0,2 X_2 + 0,26 X_3 + 0,3 X_4 + 0,295 X_5 + 0,37 X_6 + 0,42 X_7 \quad (1)$$

Statistik ma'lumotlar asosidagi tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, tezlikni oshirish oqibatida Qamchiq dovonida eng ko'p YTH sodir bo'ladi. Tadqiqot natijalari transport vositalari tezligining oshishi va tormoz tizimining ishlamay qolishi, yo'ning bo'ylama nishabligi, yo'ning radius egriligi, ko'rinishning yetarli emasligi, ob-havo sharoitining ta'siri oqibatida sodir bo'lgan YTH larni kamaytirishga qaratiladi.

Noqulay ob-havo sharoitlarida ham yuqori tezlikda harakatlanish holatlari kuzatiladi va natijada yo'l-transport hodisasi yuzaga keladi. Bularni inobatga olib, bunday burilishlarda harakat xavfsizligini ta'minlash uchun ob-havo sharoiti va qoplama holatini inobatga olgan holda harakatlanish tezligini aniqlash muhim o'rin tutadi. Quyida berilayotgan matematik model noqulay ob-havo sharoitlarida yo'ning aylanma harakatli bo'laklari uchun xavfsiz harakatlanish tezliklarini aniqlaydi.



a



b

1-rasm. Xavfli yo‘l bo‘laklarida turli ob-havo sharoitida transport vositalarining kritik tezligini aniqlash algoritmi (a) va har bir holat uchun kritik tezliklar va burilish radiusi orasidagi bog‘liqlik grafiki (b)

Avtomobilning turg‘unligini yo‘qotilishi ag‘darilish, yon tomonga sirpanish va yetakchi g‘ildiraklarning shataksirashi kabi ko‘rinishlarda kuzatilishi mumkin. Ag‘darilish va yon tomonga sirpanish holatlari ag‘darilish bo‘yicha kritik tezlik va yon tomonga sirpanish bo‘yicha kritik tezliklari orqali ifodalanadi. Ilashish koeffitsiyenti quyidagicha qabul qilindi.

1-jadval

Yo‘l qoplamasining holati bo‘yicha ilashish koeffitsiyentlari

Ko‘rsatkich	Quruq yo‘l	Nam yo‘l	Qorli yo‘l	Muzlagan yo‘l
Ilashish koeffitsiyenti	0.75	0.4	0.25	0.12

Avtomobil yo‘llarida qo‘yilgan tezlikni chegaralovchi yo‘l belgilari turli ob-havo sharoitlaridagi xavfsiz harakatlanish tezliklarini ko‘rsatib bera olmaydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, turli ob-havo sharoitlarida yo‘l qoplamasining holatiga qarab g‘ildiraklarning yo‘l bilan ilashish koeffitsiyenti turlicha bo‘ladi. Avtomobillar nazariyasidan ma‘lumki, avtomobillarning turg‘unligini yo‘qotishi bo‘yicha kritik tezlik (yonaki sirpanish bo‘yicha) yo‘lning burilish radiusiga va ilashish koeffitsiyentiga bog‘liq. Demak, avtomobillarning turli ob-havo sharoitlarida yo‘l qoplamasining turli holatlari va yo‘lning turli burilish radiuslari uchun avtomobillarning turg‘unligini yo‘qotish bo‘yicha kritik tezliklarini aniqlash, har bir yo‘l burilishidan oldin turli ob-havo sharoitlarida yo‘l qoplamasining holatini aniqlab beruvchi datchiklar va kritik tezliklarni hisoblab ekranga chiqarib beruvchi o‘zgaruvchan elektron tablolar qo‘llash orqali turli yo‘l burilishlarida va turli ob-havo sharoitlarida avtomobillarni xavfsiz harakatlanishini ta‘minlash mumkin bo‘ladi.

Davomli qiyaliklarda transport vositalari tormoz tizimi nosoz holatda bo‘lganida quyidagi kuchlar ta‘sirida harakatlanadi. Natijaviy harakatlantiruvchi kuch tenglamasi:

$$F_h = F_n - F_i - F_f - F_v, \quad (2)$$

$F_h$  –avtomobilni harakatlantiruvchi natijaviy kuch:

$$F_h = M_a j_a,$$

$$(3)$$

$j_a$  – avtomobilning chiziqli tezlanishi;  $M_a$  – avtomobilning massasi;

$F_v$  – avtomobilga ta'sir etuvchi havoning qarshilik kuchi:

$$F_v = K \cdot F \cdot V_a^2, \quad (4)$$

$K$  – havo qarshiligini yengish koeffitsiyenti;  $F$  – avtomobilning old tomonidan qaralgandagi yuzi;  $V_a$  – avtomobilning ko'rilayotgan ondagi tezligi.

$F_i$  – avtomobilning tezlanishga qarshilik kuchi (inersiya kuchi):

$$F_i = M_a \cdot j_a \cdot \delta_{ayl}, \quad (5)$$

$\delta_{ayl}$  – aylanib harakatlanuvchi massalar kuchining ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyenti.

$$\delta_{ayl} = 1 + \frac{I_M \cdot u_{TP}^2 + I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 1 + (\delta_1 \cdot u_{KII}^2 + \delta_2) \quad (6)$$

$$\delta_1 = \frac{I_M \cdot u_{21}^2}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,04 \dots 0,06; \quad \delta_2 = \frac{I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,03 \dots 0,05;$$

$F_n$  – avtomobilning balandlikka chiqishga qarshilik kuchi:

$$F_n = M_a \cdot g \cdot \sin a, \quad (7)$$

$g$  – erkin tushish tezlanishi ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ );  $a$  – qiyalik burchagi.

$F_f$  – avtomobil g'ildiraklarini gildirashga qarshilik kuchi;  $f$  – g'ildirashga qarshilik koeffitsiyenti:

$$F_f = f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a, \quad (8)$$

(2) tenglamani quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$M_a j_a = M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - M_a \cdot j_a \cdot \delta_{ayl} - K \cdot F \cdot V_a^2;$$

$$M_a j_a (1 + \delta_{ayl}) = M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2,$$

bu yerdan avtomobilning chiziqli tezlanishi topilsa:

$$j_a = \frac{M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2}{M_a (1 + \delta_{ayl})}, \quad (9)$$

Davomli qiyalikda harakatlanayotgan avtomobilning tezlanishini ifodalash mumkin:

$$j_a = \frac{V_k^2 - V_b^2}{2S}, \quad (10)$$

(10) ni (9) chi ifodaga olib borib qo'yilsa, quydagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{V_k^2 - V_b^2}{2S} = \frac{M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2}{M_a (1 + \delta_{ayl})}, \quad (11)$$

Bu formula yordamida davomli qiyalikda tormoz tizimi ishdan chiqqan avtomobilning xavfsizligini ta'minlay olmaydigan kritik tezlikka erishishdagi bosib o'tgan masofa aniqlanadi:

$$S = \frac{M_a (1 + \delta_{ayl}) (V_k^2 - V_b^2)}{2(M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2)}, \quad (12)$$

Davomli qiyalikda tormoz tizimi ishdan chiqqan avtomobilga ta'sir qilayotgan kuchlar ichida havoning qarshilik kuchi 60 km/soat tezligigacha qiymati  $0 < F_v \leq 5\%$  bo'lganligi hisobga olib (12) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{M_a (1 + \delta_{ayl}) (V_k^2 - V_b^2)}{2M_a (g \cdot \sin a - f \cdot g \cdot \cos a)} = \frac{\frac{1 + \delta_{ayl}}{2g} (V_k^2 - V_b^2)}{(\sin a - f \cdot \cos a)}, \quad (13)$$

Yuk avtomobillari tezlanish bilan harakatlanganida aylanuvchi massalarni hisobga oluvchi koeffitsiyentini uzatmalar qutisining pog‘onasi ulanmagan holati uchun hisoblanadi:

$$\delta_{ayl} = 1 + \frac{I_M \cdot u_{TP}^2 + I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 1 + (\delta_1 \cdot u_{KII}^2 + \delta_2);$$

$$\delta_1 = \frac{I_M \cdot u_{21}^2}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,04 \dots 0,06;$$

$$\delta_2 = \frac{I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,03 \dots 0,05;$$

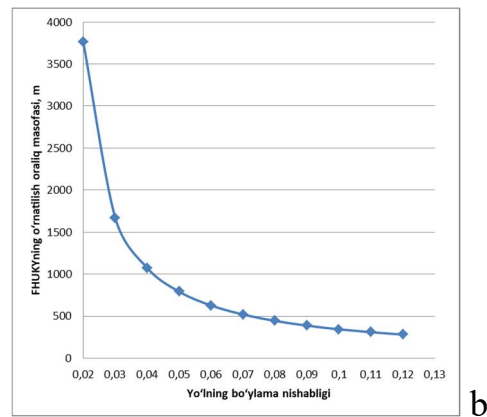
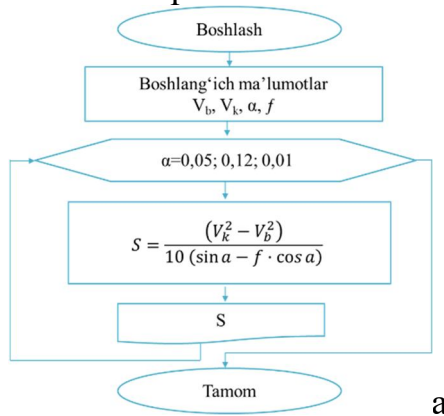
$$\delta_{ayl} = 1 + 0,06 + 0,05 = 1,11;$$

$$k = \frac{1 + \delta_{ayl}}{2g} = \frac{1 + 1,11}{2 \cdot 9,81} \approx 10^{-1}. \quad (13)$$

formula quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$S = \frac{(V_k^2 - V_b^2)}{10(\sin a - f \cdot \cos a)}. \quad (14)$$

(14) formula orqali davomli qiyalikda tormoz tizimi ishdan chiqqan avtomobillarning xavfsizligini ta‘minlovchi FHUKYning o‘rnatilish oraliq masofasi aniqlanadi.

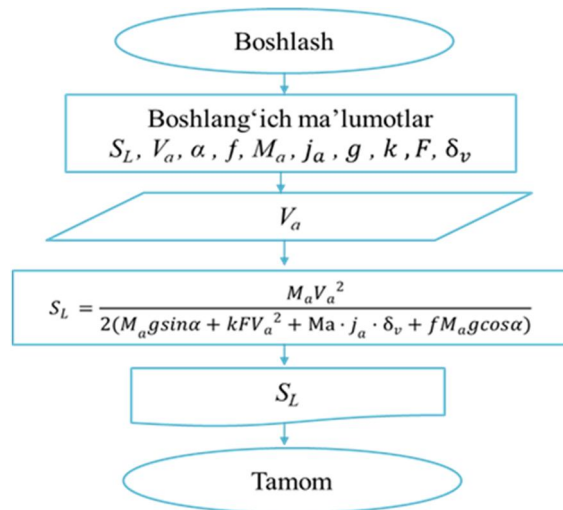


2-rasm. FHUKY o‘rnatilish oraliq masofasini aniqlash ketma-ketligi (a) va FHUKY o‘rnatilish oraliq masofasini yo‘lning bo‘ylama nishabligiga bog‘liqligi (b)

MATLAB/Simulink imitatsion modeli asosida avtomobillarning falokatli (avariyali) harakatlanish holatlarida ularning kinetik energiyasini xavfsiz so‘ndirishni ta‘minlovchi kirish yo‘lining uzunligi va qiyaligini aniqlash uslubi takomillashtirildi.

Tog‘li yo‘llarda harakatlanayotgan avtomobilda nosozliklar paydo bo‘lsa transport vositalari falokatli holatlar uchun kirish yo‘llariga kirishi natijasida transport vositasi tezligi kamayib yo‘l transport hodisasi sodir bo‘lishini oldini oladi. Falokatli holatlar uchun kirish yo‘llari transport vositalarining faol xavfsizligini taminlashda o‘z o‘rniga ega.

Avtomobillarning falokatli (avariyali) harakatlanish holatlarida ularning kinetik energiyasini xavfsiz so‘ndirishni ta‘minlovchi kirish yo‘lining uzunligi va qiyaligini aniqlash **MatLab Simulink** dasturida amalga oshirildi.



3-rasm. FHUKYning parametrlarini aniqlovchi matematik modelning algoritmi

Tog‘li yo‘llarda transport vositalarining yo‘lining bo‘ylama qiyaligidan olgan kinetik energiyasini transport vositalariga ta’sir etuvchi qarshilik kuchlari hisobiga so‘ndirish orqali FHUKYning uzunligini aniqlash mumkin:

$$E_k = E_p, \quad (15)$$

$$\frac{M_a V_a^2}{2} = (F_f + F_n + F_b + F_i) S_L \cos \alpha, \quad (16)$$

$$S_L = \frac{M_a V_a^2}{2(M_a g \sin \alpha + k F V_a^2 + M_a \cdot j_a \cdot \delta_v + f M_a g \cos \alpha)}. \quad (17)$$

$S_L$  – falokatli holatlar uchun kirish yo‘li uzunligi, m;

$F_i$  – avtomobilning inersiya kuchi, N;

$F_b$  – avtomobilga havoning qarshilik kuchi, N;

$k$  – havo qarshiligini yengish koeffitsiyenti, kg/m<sup>3</sup>;

$F$  – avtomobilning old tomonidan qaralgandagi yuzasi, m<sup>2</sup>;

$V_a$  – avtomobilning tezligi, m/s;

$M_a$  – avtomobilning massasi, kg;

$F_n$  – avtomobilning balandlikka chiqishga qarshilik kuchi, N;

$g$  – erkin tushish tezlanishi (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$\alpha$  – falokatli holatlar uchun kirish yo‘lining qiyalik burchagi, %;

$F_f$  – avtomobil g‘ildiraklarini gildirashga qarshilik kuchi, N;

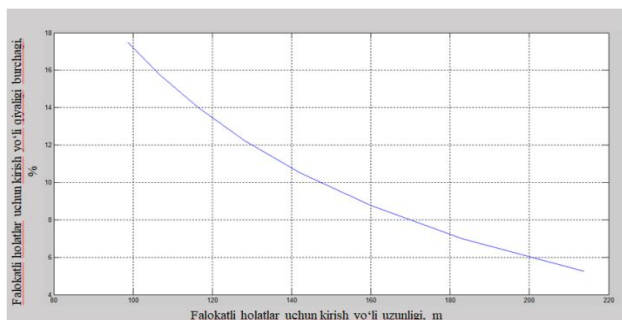
$f$  – g‘ildirashga qarshilik koeffitsiyenti;

$\delta_v$  – aylanuvchi massalarni hisobga oluvchi koeffitsiyent;

$j_a$  – avtomobilning sekinlanishi, m/s<sup>2</sup>.

FHUKY transport vositalarining faol xavfsizligini ta’minlashda o‘z o‘rniga ega. Tog‘li yo‘llarda harakatlanayotgan transport vositasining tormoz tizimida nosozliklar paydo bo‘lganda transport vositasini to‘xtatish va xavfsizligini ta’minlash uchun maxsus to‘xtatish yo‘lakchalari, falokatli holatlar uchun kirish yo‘llari o‘rnatiladi.

Gravitatsion FHUKYni matematik model yordamida hisob-kitob natijasi.



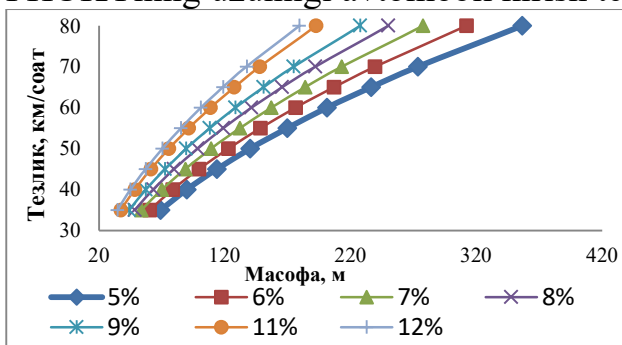
4-rasm. FHUKYning uzunligini qiyalik burchagiga bog'liqlik grafigi

FHUKYning bo'ylama qiyalik burchagi kamayib borishi bilan FHUKYning uzunligi ortib boradi (4-rasm).

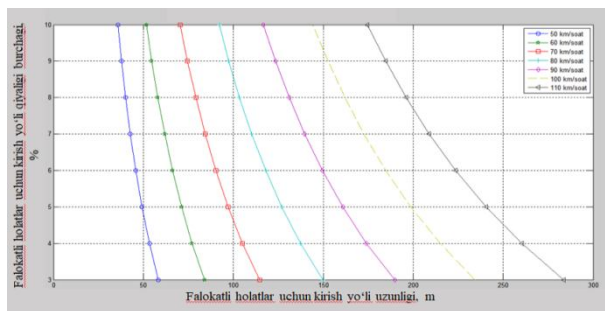
FHUKYga kirishdagi avtomobil tezligi 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 km/soat bo'lganidagi FHUKYning uzunligini uning qiyalik burchagiga bog'liq ravishda o'zgarishi 5-rasmda keltirilgan.

Avtomobilning tezligi o'zgarishi bilan FHUKY yo'lining bo'ylama qiyalik burchagiga bog'liq ravishda FHUKY yo'lining uzunligi ham turlicha o'zgarib boradi (5-rasm).

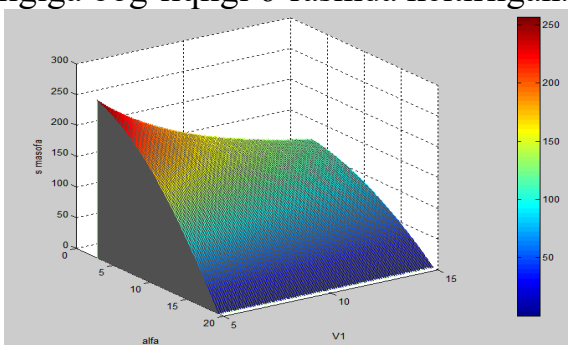
Yo'ning bo'ylama nishabligi 5, 6, 7, 8, 9, 11 va 12% bo'lganida FHUKYning uzunligi avtomobil kirish tezligiga bog'liqligi 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. FHUKYning avtomobil kirish tezligiga bog'liqligi



5-rasm. Avtomobil tezligi turlicha bo'lganda FHUKYning uzunligini uning qiyalik burchagiga bog'liqligi kamayib borishi bilan

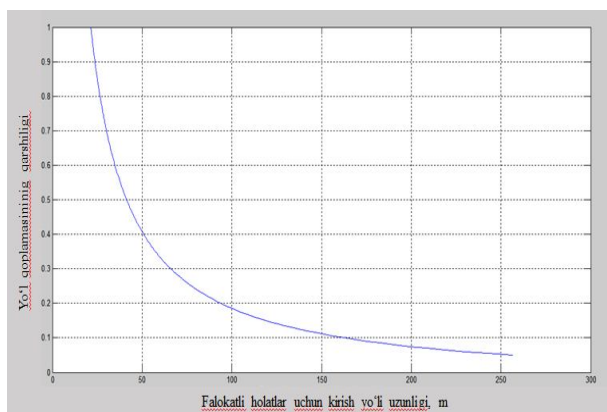


7-rasm. Avtomobil tezligi FHUKY uzunligi va qiyaligi orasidagi bog'liqligining 3D ko'rinishi

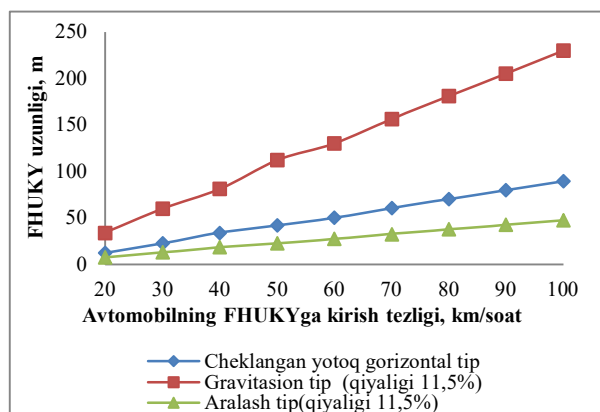
Avtomobilning FHUKYga kirish tezligi o'zgarishi bilan FHUKYning bo'ylama qiyalik burchagiga bog'liq ravishda FHUKYning uzunligi ham turlicha o'zgarib boradi (6-rasm).

3D ko'rinishda FHUKY uzunligiga kirishdagi avtomobil tezligi, FHUKY uzunligi va uning qiyalik burchagi orasidagi bog'lanish grafigi 5-rasmda keltirilgan.

Cheklangan yotoq gorizontall tipdagi FHUKY uzunligini yo'l qoplamasi qarshiligiga bog'liqligi 8-rasmda keltirilgan. Yo'l qoplamasining qarshiligini oshirish orqali FHUKYni uzunligini kamaytirish mumkin. Bu bog'liklikdan foydalanib yo'l qoplamasining o'zgartirish orqali yo'l cheti relefiga mos ravishda FHUKYning zarur bo'lgan uzunligini tanlash imkoniyati paydo bo'ladi.



a



b

8-rasm. FHUKYning uzunligini yo‘l qoplamasining qarshiligiga a) va FHUKYlarining uzunligini avtomobilning oniy tezligiga bog‘liqligi b)

Transport vositalari harakat xavfsizligini ta‘minlashda yo‘l cheti relefiga mos ravishda FHUKYning gravitatsion, yuqori qarshilikli va aralash tiplaridan foydalanish mumkin. Aralash tipdagi FHUKYning uzunligi ( $S_1$ ), gravitatsion FHUKYning uzunligi ( $S_2$ ) va cheklangan yotoq FHUKYning uzunligi ( $S_3$ ) orqali aniqlanadi.

$$\frac{1}{S_1} = \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3}. \quad (18)$$

Dissertatsiyaning “**Transport vositalarining harakat jarayonini eksperimental o‘rganish va tog‘dan o‘tuvchi avtomobil yo‘llarida harakat xavfsizligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish**” nomli **uchinchi bobida** Qamchiq dovonidagi yo‘llarda transport oqimi tezligi va xavfli uchastkalardagi tezliklarni eksperimental tahlil orqali aniqlandi. Transport vositalarini o‘rtacha tezligini eksperimental aniqlashda Izves kameralarlaridan foydalanildi. A-373 “M-39 avtoyo‘li-Guliston-Bo‘ka-Angren-Qo‘qon va Andijon orqali-O‘sh” avtomobil yo‘lining 3%, 5%, 6%, 7% li nishabliklarida transport vositalarining harakatlanish tezliklari tadqiq qilindi.

KamAZ 6460-001, Ford-Kargo 1827, MAZ-642208-020, MB 1838, avtopoyezdlarda “Istanbul-fruehauf” yarim tirkamasi bilan yordamchi tormoz tizimining samaradorligi bo‘yicha eksperiment sinovlari o‘tkazildi.

GOST 22895 talablariga javob berishi uchun uchinchi pog‘onada sinov natijalari shuni ko‘rsatdiki KamAZ 6460-001, Ford-Kargo 1827, MAZ-642208-020 avtopoyezdlarning yordamchi tormoz tizimi ko‘rsatkichlari norma talablariga mos keldi. Mercedes Bens 1838 avtopoyezdi GOST 22895 talablariga javob bermadi.

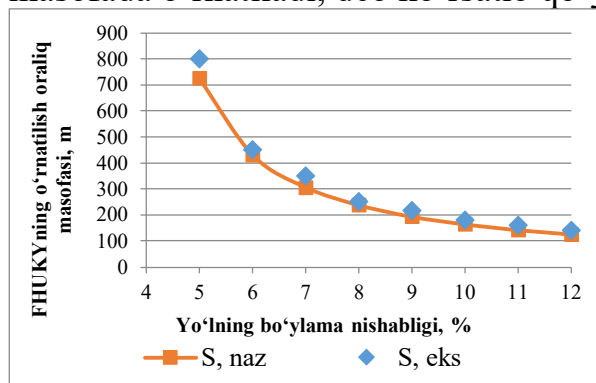
Hisob yo‘li bilan va eksperimental usulda davomli qiyaliklarda yuk avtomobilining falokat (avariya) holatlarida xavfsiz to‘xtatish yo‘lakchalarini o‘rnatilish oraliq masofasini aniqlashning eksperimental tahlili o‘tkazildi.

Tog‘dan pastga tushishda transport vositasining tormoz tizimi nosoz holga kelganida ularni to‘xtatish uchun o‘rnatiladigan FHUKYning transport vositasining xavfsizligini ta‘minlovchi o‘rnatilish masofasini aniqlash bo‘yicha eksperimentlar MAN CLA 33.400 avtomobilida o‘tkazildi.

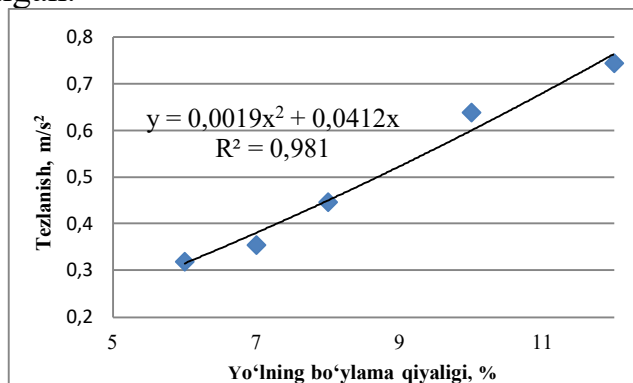
Eksperiment natijalari nazariy hisoblab topilgan qiymatlar bilan solishtirish natijalari 9-rasmda keltirilgan.

O'tkazilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijasi shuni ko'rsatdiki, harakat xavfsizligini ta'minlaydigan FHUKYning o'rnatilish oraliq masofasi yo'lining bo'ylama qiyalik burchaklariga qarab turli masofani tashkil etadi.

GOST 33151-2014ga muvofiq tog' sharoitidagi avtomobil yo'llarining katta qiyalikdagi davomli pastga tushish bo'laklarida yo'lining chetida transport vositalarining tormoz tizimi ishdan chiqqanda ularni to'xtatish uchun maxsus FHUKY yo'lining bo'ylama qiyaligi 5 % dan katta bo'lgan yo'lda har  $900 \pm 100$  m masofada o'rnatiladi, deb ko'rsatib qo'yilgan.



9-rasm. Eksperiment va nazariy tadqiqotlar natijalarining o'zaro adekvatligi



10-rasm. Transport vositalari tezlanishining yo'lining bo'ylama nishabligiga bog'liqligi

Qamchiq dovonida sodir bo'lgan YTH larining tahlili shuni ko'rsatdiki, bir qancha YTH lari o'rnatilish masofasining uzun bo'lganligidan avtomobil tezligi oshib ketishi natijasida sodir bo'lgan.

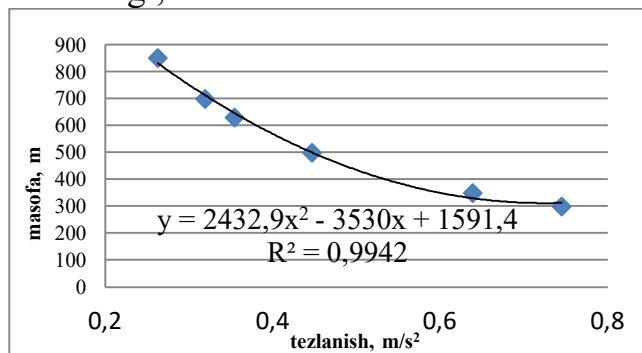
Buning isboti quyidagi nazariy va eksperimental tadqiqotlarning natijalarida keltirilgan (9,10-rasmlar).

10-rasmdan ko'rinib turibdiki, yo'lining bo'ylama nishabligi ortib borishi bilan transport vositalari tezlanishi ham ortib boradi.

Bu bog'liqlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$y = 0,0019x^2 + 0,0412x. \quad (19)$$

bunda:  $y$  – transport vositasining tezlanishi,  $m/s^2$ ;  $x$  – yo'lining bo'ylama nishabligi, %.



11-rasm. FHUKYni o'rnatilish masofasini transport vositalarining tezlanishiga bog'liqligi

11-rasmdan ko'rinib turibdiki, tezlanish ortib borishi bilan FHUKYning o'rnatilish masofasi kamayib borishi kerak.

Bu bog'liqlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

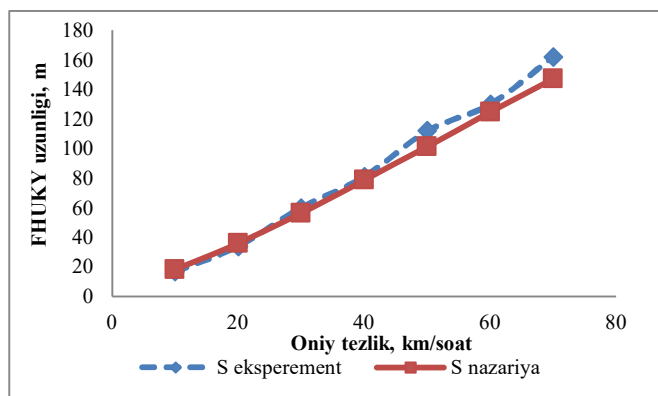
$$y = 2432,9x^2 - 3530x + 1591,4. \quad (20)$$

bunda:  $y$  – FHUKYning o'rnatilish masofasi,  $m$ ;  $x$  – transport vositasining tezlanishi,  $m/s^2$ .

Demak, tog'dagi avtomobil yo'llarining davomli pastga tushish bo'laklarida FHUKYning o'rnatilish oraliq masofasi yo'lning bo'ylama qiyalik burchagi miqdoriga bog'liq ravishda turlicha oraliq masofada bo'lishi kerak.

FHUKY parametrlarini asoslash va transport vositalari tormozlash tizimida nosozliklar bo'lganida xavfsiz to'xtatish bo'yicha eksperimental tahlili MAN CLA 33.400 avtomobilida olib borildi. Eksperiment natijalarini nazariy hisoblab topilgan qiymatlar bilan solishtirish natijalari 12-rasmda keltirilgan.

Nazariy va eksperiment natijalari solishtirilganda maksimal absolyut xatolik 14,6 metrni, nisbiy xatolik esa 10,34 %ni tashkil etdi.

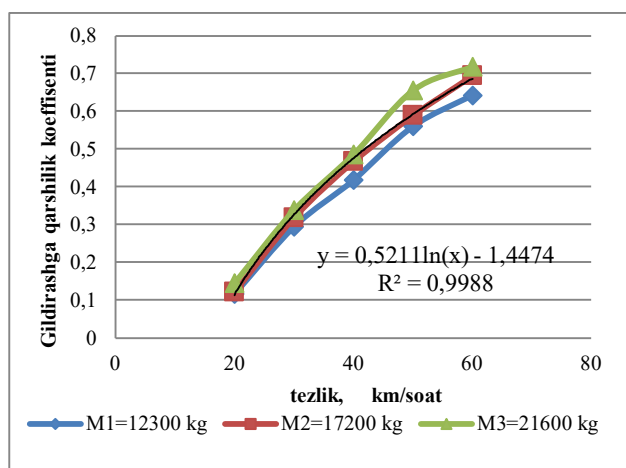


12-rasm. FHUKYning uzunligini transport vositalarini FHUKYga kirishdagi oniy tezligiga bog'liqligi

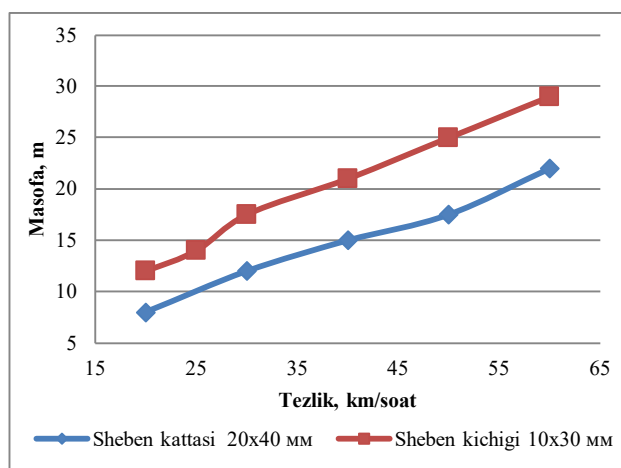
FHUKYni uzunlik masofasini transport vositalarining FHUKYga kirishdagi oniy tezligiga bog'liqligi nazariy va eksperiment usuli bilan o'rganildi (12-rasm).

Turli qoplamlarning g'ildirashga qarshilik koeffitsiyentini va shunday qoplamali FHUKY parametrlarini asoslashni eksperimental tahlili MAN CLA 33.400 avtomobillarida olib borildi. Eksperiment natijalari 13-rasmda keltirilgan.

13a-rasmdan ko'rinadiki, transport vositalarining turli xil massalarida va oniy tezliklarida to'shamaga kirilganda to'shama avtomobilning g'ildirashga qarshilik ko'rsatadi. Avtomobilning massasi  $M_2=17200$  kg bo'lganida g'ildirashga qarshilik koeffitsiyentining avtomobil oniy tezligiga bog'liqligi  $y = 0,5211 \ln x - 1,4474$  (21) empirik formula asosida o'zgaradi.



a



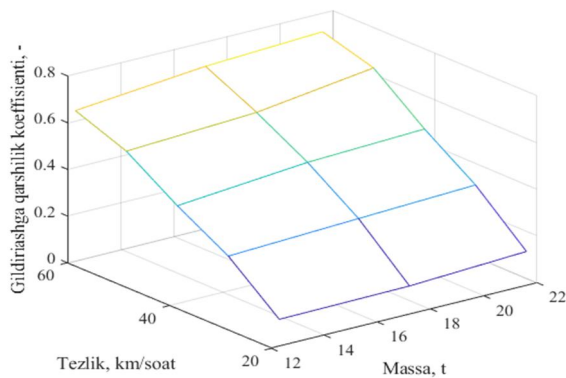
b

13-rasm. FHUKY to'shamasining g'ildirashga qarshilik koeffitsiyentini (a) va FHUKYning uzunligini (b) FHUKYga kirishdagi transport vositalarining oniy tezligiga bog'liqligi

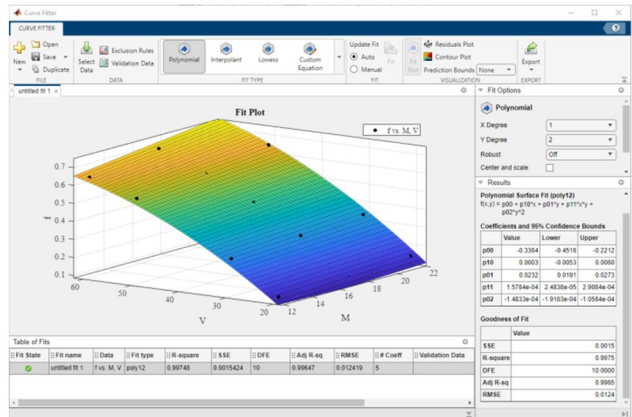
FHUKY uzunligini FHUKYga kirishdagi transport vositalarining oniy tezligiga bog'liqligi MAN 33.400 avtomobilida yuqori qarshilikka ega material

sheben (10x30mm va 20x40mm)larda o'tkazilgan tadqiqot natijalari bir-biridan keskin farq qildi. Xulosa o'rnida, o'lchami 10x30mm bo'lgan shebenga nisbatan 20x40 mm olingan natijalar salmog'i yuqori ekanligini ko'rishimiz mumkin (13b - rasm).

Transport vositalarini xavfsiz to'xtatishda g'ildirashga qarshiligi yuqori bo'lgan materiallardan foydalanish yaxshi natija beradi. FHUKYning uzunligini kamaytiradi. Tog'li yo'llarda yo'l yoqasida qisqa masofalarga FHUKYni joylashtirish imkoniyatlari mavjud. Cheklangan yotoq gorizontal turdagi FHUKY uzunligining avtomobil massasi, tezligi va g'ildirashga qarshilik koeffitsiyenti orasidagi bog'liqlik aniqlandi.



a



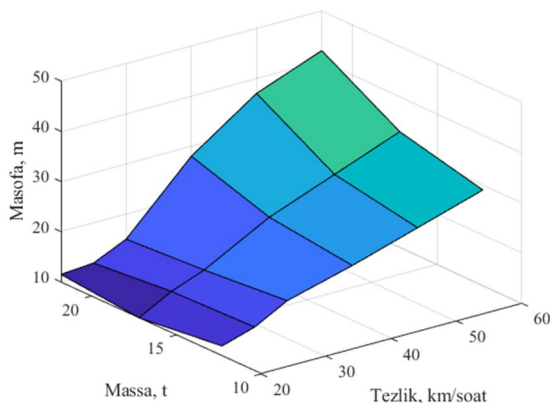
b

14-rasm. Cheklangan yotoq gorizontal tip FHUKYning avtomobil massasi, tezligi va g'ildirashga qarshilik koeffitsiyenti orasidagi bog'liqligi

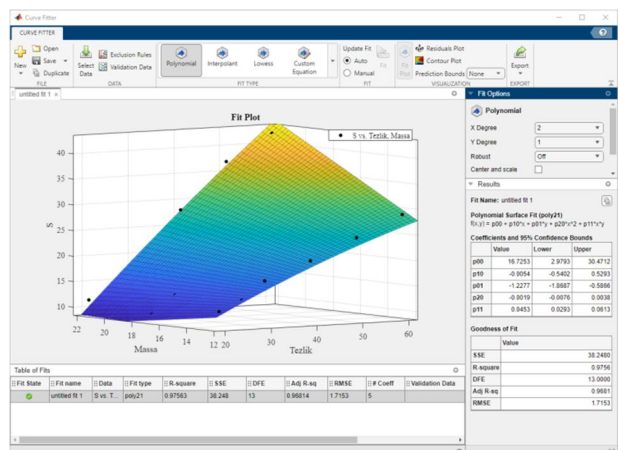
Natijada FHUKYning avtomobil massasi, tezligi va g'ildirashga qarshilik koeffitsiyenti orasidagi bog'liqlik tenglamasi aniqlandi:

$$f(M, V) = -0,3364 + 0,0003M + 0,0232V - 1,5784 \cdot 10^{-4}MV - 1,4833 \cdot 10^{-4}V^2. \quad (22)$$

Cheklangan yotoq gorizontal turdagi FHUKYning g'ildirashga qarshilik koeffitsiyentining (f) avtomobil massasi (M) va tezligi (V) orasidagi bog'liqlik aniqlandi.



a



b

15-rasm. Cheklangan yotoq gorizontal tip FHUKYning avtomobil massasi, tezligi orasidagi bog'liqligi

Natija cheklangan yotoq gorizontal tip FHUKYning uzunligini avtomobilning massasi, tezligiga bog'liqligi quyidagi tenlama orqali aniqlandi:

$$S(M,V)=16,7253-0,0054V-1,2277M+0,0453MV-0,0019V^2. \quad (23)$$

(22) va (23) tenglamalar asosida cheklangan yotoq gorizontal turdagi FHUKY uzunligining avtomobil massasi(M) va tezligini(V) hisobga olgan holda, to'shamaning g'ildirashga qarshiligi va uzunligini aniqlash imkonini beradi.

## XULOSA

1. Tog'dan o'tuvchi avtomobil yo'llarida transport vositalarining harakat xavfsizligiga ta'sir etuvchi omillar tahlil qilindi. Tahlil natijasida tog' yo'lining iqlim sharoiti, yo'l-transport hodisalarining kelib chiqish sabablari, transport vositalarining harakat tarkibi, jadalligi va avtomobillarning xavfli yo'l uchastkalaridagi xavfsizligi ko'rib chiqildi.

2. Turli ob-havo sharoitida Qamchiq dovonining xavfli yo'l bo'laklarida transport vositalarining xavfsiz harakatlanish tezligi aniqlandi va ularni tadqiq etish usuli ishlab chiqildi.

3. MATLAB/Simulink immitatsion model asosida davomli qiyaliklarda yuk avtomobilining falokat (avariya) holatlarida xavfsiz to'xtatish yo'lakchalarining o'rnatilish oraliq masofasini aniqlash uslubi ishlab chiqildi. Davomli qiyaliklarda yo'lining nishabligi 5–12 % bo'lganida FHUKYni o'rnatilish oraliq masofasi 250–800 metr oralig'ida o'zgarishi aniqlandi.

4. MATLAB/Simulink immitatsion model asosida hisob yo'li bilan avtomobillarning falokatli(avariyal) harakatlanish holatlarida ularning kinetik energiyasini xavfsiz so'ndirishni ta'minlovchi kirish yo'lining uzunligi va qiyaligini aniqlash uslubi takomillashtirildi. Model natijalari transport vositasining FHUKYga kirishdagi oniy tezligi 60–130 km/soat bo'lganida gravitatsion tipdagi FHUKY qiyaligi 10%–17% ga o'zgariganda uning uzunligi 80–250 metrgacha o'zgarishi aniqlandi.

5. Qamchiq dovonining davomli qiyaliklarida harakat xavfsizligini oshirish bo'yicha yo'lining bo'ylama nishabliklariga mos ravishda uch tipdagi (1-gravitatsion tip, 2-cheklangan yotoq gorizontal tip, 3-cheklangan yotoq yuqori tip) Toshkent–O'sh yo'nalishida 17 ta, O'sh–Toshkent yo'nalishida 20 ta FHUKY qurish taklif qilindi.

6. Tog'li yo'llarning xavfli uchastkalarida harakat xavfsizligini oshirishga qaratilgan Qamchiq dovonidagi 49 ta xavfli uchastkalarda xavfsiz harakatlanish tezligini ta'minlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

7. Olingan natijalar Qamchiq dovonida transport vositalarining harakat xavfsizligini oshirish, transport vositalarining tormoz tizimi va tezligi bilan bog'liq bo'lgan yo'l-transport hodisalarini 30% ga kamaytirish imkonini beradi. Yo'l-transport hodisasi kamayishidan kutilayotgan iqtisodiy foyda 3671,874 mln. so'mni tashkil etadi. Bitta falokatli holat uchun kirish yo'lini qurishga ketadigan xarajatlarni o'rtacha 59 493 950 so'mga qisqartirish imkonini beradi.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 15/31.08.2022. Т.73.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**РАХМОНОВ АЗИМЖОН САТТОРОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ГОРНЫХ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕВАЛА КАМЧИК)**

**05.08.06 - Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация**

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

**Ташкент – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2022.4.PhD/Т3382.**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» («[www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)»).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Файзуллаев Эркин Зикруллаевич</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Базаров Бахтиёр Имамович</b> доктор технических наук, профессор <b>Мухитдинов Нуриддин Фатхиддинович</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова</b>

Защита диссертации состоится «19» апреля 2024 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.Т.73.03 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01, факс: (99871) 293-57-54 e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрирована под номером 147). (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01, факс: (99871) 293-57-54 e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz)).

Автореферат диссертации разослан «04» апреля 2024 года.

(реестр Протокола рассылки № 11 от «12» января 2024 года).

**А.А.Рискулов**

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

**К.З.Зияев**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, PhD, доцент

**А.А.Мухитдинов**

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.** С увеличением количества населения и транспортных средств в мире, а также ростом дорожно-транспортных происшествий на горных дорогах большое значение придается обеспечению безопасности транспортных средств. В настоящее время, по мере увеличения использования транспортных средств в развитых зарубежных странах, вопросы направленные на обеспечение безопасности движения в системе автомобильно-дорожно-пешеходно-экологической, занимают ведущее положение. В связи с этим проводится большая работа по повышению безопасности движения транспортных средств, снижению количества дорожно-транспортных происшествий и особое внимание уделяется вопросам рационального использования транспортных средств.

В мире горные дороги отличаются друг от друга по географическому положению, обеспеченностью безопасностью движения на перевалах в сложный рельефно горных районах, большое влияние оказывает на режим и безопасность автомобильного движения, а также важное практическое значение имеет проведение научно-исследовательских работ по вопросам обеспечения безопасных скоростей движения автотранспортных средств на горных дорогах и повышения безопасности транспортных средств в аварийных ситуациях. В этом направлении, среди прочего, приоритетными считаются исследования по обеспечению безопасности транспортных средств в аварийных ситуациях на горных дорогах, снижению дорожно-транспортных происшествий и повышению уровня защищенности от их последствий. При этом актуальными задачами считаются такие вопросы, как определение межустановочных расстояний аварийных съездов, обеспечение безопасности транспортных средств при движении на продолжительных уклонах.

В нашей республике реализуются широкомасштабные меры, направленные на обеспечение безопасности дорожного движения и снижение количества дорожно-транспортных происшествий. Об этом свидетельствует принятие ряда нормативно-правовых документов, стимулирующих проведение научно-исследовательских и методических работ, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения и снижение дорожно-транспортных происшествий. В частности, в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы «...Проект программы сокращения аварий и смертельных случаев на дорогах посредством совершенствования дорожной инфраструктуры и создания условий для безопасного движения с учетом опыта развитых стран. При этом уделить особое внимание приведению дорожной инфраструктуры в соответствие с международными стандартами, полной цифровизации системы управления движением, созданию должных условий для безопасного движения на дорогах всеми участниками, обеспечению широкого участия общественности в деятельности в данной сфере»<sup>6</sup> задачи определяются отдельно. При выполнении этих задач

---

<sup>6</sup> Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022–2026 годы»

актуальной задачей является проведение исследований, связанных с повышением безопасности движения транспортных средств в аварийных ситуациях на горных автомобильных дорогах.

Постановление Президента Республики Узбекистан от 4 апреля 2022 года № PQ-190 «О мерах по надежному обеспечению безопасности людей на автомобильных дорогах и резкому снижению количества погибших»<sup>7</sup>, Постановление Президента Республики Узбекистан от 11 июля 2017 года № PQ-3127 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения безопасности дорожного движения»<sup>8</sup>, Кабинета Министров Республики Узбекистан от 5 декабря 2018 года №990 о дополнительных мерах по реализации концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Узбекистан на 2018-2022 годы<sup>9</sup>, Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 мая 2018 года №377 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения безопасности дорожного движения Республики Узбекистан»<sup>10</sup>.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления науки и технологий Республики Узбекистан III. «Энергетика, энерго - и ресурсосбережение, транспорт, машино - и приборостроение».

**Степень изученности проблемы.** Ряд ведущих ученых, в их числе Р.Г.Элвинов, Р.В. Николаева, А.М.Бадалян, В.В.Чванов, Н.П.Орнатский, Р.К.Ахмедов, В.Ф.Бабков, А.Р.Валентилович, М.Т. Алсеитов, Б. Советбеков, Е.Ю. Миненко, Д.Ю.Курамшин, Воеводин, Е.В. Фомин, К.В. Пулянова, А.М. Асхабов, А.С. Кашура, Н.В. Голуб, Э.Д. Молдалиев, Г.Р. Лечишавили, В.Ф. Платонов, В.С. Устименко, Г.К. Назаров, Г.Б.Безбородова, Я.Е.Фаробин, А.М.Иванов, В.Алиев, С.К. Абдурахманов, Shy Bassan, Ligang Vang, Rusdi Bin Rusli, Marco Montoya-Alcaraz, Alejandro Mungaray-Moctezuma, Julio Calderón-Ramírez, Leonel García and Cynthia Martinez-Lazcano, Zihao Wen, Hui Zhang, Ronghui Zhang, Нгуен Тхан Фонг, Ле Тхи Куе Ан занимались научно-исследовательской работой по изучению вопросов эксплуатации транспортных средств и обеспечения безопасности их движения на горных дорогах.

Из числа ученых нашей страны А.А.Муталибов, О.У.Салимов, С.М.Кадиров, А.А. Мухитдинов, К.Х.Азизов, А.А.Назаров, Б.И.Базаров, Ш.П.Алимухамедов, А.А.Шермухамедов, Ж.Р.Кульмухамедов, Н. Илёсов, А.Ф. Шахидов, И.С. Садиков, М.М. Мирахмедов, А.Х. Уроков, Ж.И. Содиков,

---

<sup>7</sup> Президента Республики Узбекистан от 4 апреля 2022 года № PQ-190 «О мерах по надежному обеспечению безопасности людей на автомобильных дорогах и резкому снижению количества погибших»

<sup>8</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан от 11 июля 2017 года № PQ-3127 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения безопасности дорожного движения»

<sup>9</sup> Кабинета Министров Республики Узбекистан от 5 декабря 2018 года №990 о дополнительных мерах по реализации концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Узбекистан на 2018-2022 годы

<sup>10</sup> Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 мая 2018 года №377 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения безопасности дорожного движения Республики Узбекистан»

Б.Соттиволдиев, Э.З.Файзуллаев, А.С.Халмухамедов, Ш.К.Хакимов, А.М.Бабоев, М.С. Мирзабеков и др. изучали проблему использования транспортных средств на горных дорогах. Ими проводились обширные научные-исследования по вопросам эксплуатации и движения безопасности. Однако, в них не нашли отражения проблемы дистанции установки «аварийного подъезда» при отказе тормозной системы транспортных средств в горно-дорожных условиях, а также способы безопасной остановки транспортных средств при отказе их тормозной системы на спусках.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в продолжении следующих научно-исследовательских работ Ташкентского автомобильно-дорожного института: ГНТП №А-13-100 Выбор рационального типа автопоезда для перевозки нефтепродуктов в условиях перевала Камчик (2006–2008), ГНТП №П-18.40 Сравнительный анализ тяговых возможностей и эффективности тормозной системы автопоездов МАЗ-642208-020 и КамАЗ-6460-001 Istanbul–Fruehauf при движении по перевалу Камчик (2007).

**Целью исследования** является повышение безопасности движения транспортных средств в аварийных ситуациях на горных дорогах.

**Задачи исследования:**

проанализировать факторы, влияющие на безопасность движения транспортных средств на горных дорогах;

разработать расчетным путем метод определения межустановочных расстояний аварийных съездов для грузового автомобиля при движении в аварийных ситуациях на продолжительных уклонах;

усовершенствовать на основе имитационной модели MATLAB/Simulink метод определения длины и уклона аварийного съезда, обеспечивающий безопасное гашение кинетической энергии автомобилей при движении в аварийной ситуации;

разработать методику и провести испытания для обоснования достоверности результатов теоретических исследований;

осуществить экспериментальный анализ эффективности вспомогательных тормозных систем автопоездов при движении на продолжительных уклонах;

разработать рекомендации по обеспечению безопасности транспортных средств в горной местности при спуске на продолжительных уклонах.

**Объектом исследования** являются транспортные средства, движущиеся по перевалу.

**Предметом исследования** является скорость обеспечивающая безопасность движения транспортных средств на опасных участках горных дорог и параметры установки аварийных съездов для аварийных ситуаций.

**Методы исследования:** В процессе исследования использованы методы математической статистики и анализа, математического моделирования, экспериментальных исследований и регрессионного анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработан метод определения длины полосы сопротивления движению транспортного средства на основе эмпирической зависимости коэффициента сопротивления качению колес от массы и скорости транспортного средства;

усовершенствован метод определения расстояния между установками полос для безопасной остановки в случае аварии при движении автомобиля по спуску посредством математической модели движения автомобиля по уклону;

разработан метод обоснования параметров полосы сопротивления, гасящей кинетическую энергию автомобилей в случае аварийной ситуации;

усовершенствован метод определения предельного значения скорости автомобиля на опасных участках дороги для различных погодных условий путём подбора коэффициентов, учитывающих продольный уклон дороги.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

разработана методика определения межустановочных расстояний аварийных съездов для обеспечения безопасности движения в аварийных ситуациях на горных дорогах;

определены закономерности изменения параметров аварийных съездов с гравитационным или большим сопротивлением в зависимости от рельефа дороги продольного уклона автомобильной дороги, массы и скорости транспортных средств для аварийных ситуаций;

экспериментальным методом определены параметры аварийных съездов на основе с использованием материалов с высоким сопротивлением;

по результатам экспериментального анализа вспомогательных тормозных систем автопоездов при движении на продолжительных уклонах даны рекомендации по их эффективному использованию;

разработаны рекомендации по безопасному движению транспортных средств на перевале Камчик в соответствии с дорожными и климатическими условиями.

**Достоверность результатов исследования.** Взаимная адекватность результатов теоретических и экспериментальных исследований объясняются соответствием с результатами опубликованными в ведущих мировых научных изданиях в данной области.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в определении: межустановочных расстояний аварийных съездов в соответствии скорости движения и продольного уклона автомобильной дороги проходящей через гору, метода определения параметров аварийных съездов для аварийных ситуаций, так же эмпирических уравнений для определения длины аварийного съезда с покрытием высокого сопротивления и коэффициента сопротивления качению колес автомобиля с учетом массы и скорости автомобиля путем экспериментальных испытаний.

Практическая значимость полученных результатов заключается в повышении безопасности движения транспортных средств на перевале Камчик, снижении дорожно-транспортных происшествий связанных с тормозной системой и скоростью транспортных средств, обеспечении

безопасного движения автомобилей на опасных участках дороги применением интеллектуальной системы с учетом погодных условий, экономии значительных средств на строительстве придорожных объектов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов исследования по повышению безопасности движения транспортных средств в аварийных ситуациях на горных автомобильных дорогах:

на унитарном предприятии по использованию специализированных дорог «Камчикавтойўл» внедрена методика определения межустановочных расстояний аварийных съездов при движении автомобиля на продолжительных спусках (Справка Министерства транспорта от 17 февраля 2023 года № 2/970). В результате установлено, что межустановочные расстояния аварийных съездов на продолжительных спусках колеблется от 250 до 800 метров при уклоне дороги 5-12%;

имитационная модель MATLAB/Simulink определения параметров полосы сопротивления, гасящей кинетическую энергию автомобилей при движении в аварийных случаях, внедрена в унитарном предприятии по использованию специализированных дорог «Камчикавтойўл» (Справка Министерства транспорта от 17 февраля 2023 года № 2/970). В результате установлено, что при мгновенной скорости въезда транспортного средства на полосы безопасной остановки 60-130 км/ч и при изменении уклона полос безопасной остановки на 10%-17%, длина полосы изменяется до 80-250 метров;

результаты определения длины полосы сопротивления на основе эмпирической зависимости коэффициента сопротивления колес от массы и скорости транспортного средства внедрены в унитарном предприятии по использованию специализированных дорог «Камчикавтойўл» (Справка Министерства транспорта от 17 февраля 2023 года № 2/970). В результате можно сократить длину полосы сопротивления движению автомобиля в 3-4 раза по сравнению с существующими и снизить затраты на строительство для одного аварийного съезда в среднем на 59 493 950 сумов;

на унитарном предприятии по использованию специализированных дорог «Камчикавтойўл» внедрена методика оценки безопасности движения автомобилей при различных погодных условиях (Справка Министерства транспорта от 17 февраля 2023 года № 2/970). В результате удалось обеспечить безопасную скорость движения на опасных участках перевала Камчик и снизить количество дорожно-транспортных происшествий, связанных со скоростью, на 30%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были доложены и обсуждены на 12 научно-практических конференциях, в том числе на 4 международных и 8 республиканских.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 23 научных работ, из них 9-научных статей, в том числе 6- в республиканских и 3- в международных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации

основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD). Также получены 2 сертификата на программную вычислительную продукцию.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации. Обозначены основные цели и задачи работы, объект и предмет исследования, его соответствие приоритетным направлениям и развития науки и технологий Республики Узбекистан. Обоснованы научная новизна работы и основные результаты исследования их научная и практическая значимость. Освещаются общие сведения о практическом внедрении результатов диссертации, опубликованных работах структуре диссертации.

В первой главе диссертационной работы под названием **«Анализ безопасности движения транспортных средств на горных автомобильных дорогах»** представлен обзор существующих научных работ по изучению мирового опыта обеспечения безопасности транспортных средств в горных условиях.

Ряд таких ведущих ученых мира, как Р.В. Николаева, А.М.Бадалян., В.В.Чванов, Н.П.Орнатские, Р.К.Ахмедов, А.Р.Валентилович, М.Т.Алсеитов, Б.Советбеков, Е.Ю.Миненко, Е.Д.Молдалиев, Г.Р.Лечишавили, В.Ф. Платонов, Б.С.Устименко, Г.К. Назаров, В.Алиев, С.К. Абдурахманов, Шай Бассан, Лиган Ван, Русди Бин Русли, Марко Монтойя-Алькарас, Алехандро Мунгарай-Моктесума, Хулио Кальдерон-Рамирес, Леонел Гарсиа и Синтия Мартинес-Ласкано, Зихао Вен, Хуэй Чжан и Ронхуэй Чжан, Нгуен Кхан Фонг, Ле Чи Куэ Ан и др. занимались научно-исследовательской работой по проблемам эксплуатации транспортных средств и безопасности их движения на горных дорогах.

Среди ученых нашей страны А.А.Мухитдинов, А.А.Шермухамедов, К.Х. Азизов, Н. Ильясов, А.Ф. Шахидов, И.С. Садиков, М.М. Мирахмедов, А.Х. Уроков, Ю.И. Содиков, А.А.Назаров, Э.З.Файзуллаев, Ш.К.Хакимов, А.М.Бабоев, М.С. и др. вели обширные научные исследования по вопросам эксплуатации транспортных средств и безопасности движения на горных дорогах. В исследованиях этих авторов рассмотрены погодные условия, элементы дорог, отношения «автомобиль–водитель–дорога–окружающая среда», показатели скорости на перевале. Однако, не ест необходимост в исследованиях по определению безопасной скорости движения транспортных средств в различных условиях на горных дорогах и межустановочных расстояний аварийных съездов для аварийных ситуаций, а так же по разработке методов безопасной остановки транспортного средства при неисправности тормозной системы на спусках.

Во второй главе диссертации – **«Теоретическое исследование обеспечения безопасности движения на горных автомобильных дорогах»** – рассмотрены задачи определения скорости транспортного потока на

автомобильных дорогах перевала Камчик и теоретически исследованы скорости на опасных участках, дорожно-транспортные происшествия, приведен топографический анализ опасных участков. Определены критические скорости транспортных средств на опасных участках дорог. Рассмотрено повышение безопасности движения транспортных средств с использованием аварийных съездов. Дан анализ типов аварийных съездов и существующих на перевале Камчик. Изложены нормативные требования к аварийным съездам, разработан метод определения расстояния установки аварийных съездов для безопасной остановки в случае аварии грузового автомобиля на продолжительных уклонах путем расчета. На основе имитационной модели MATLAB/Simulink решены вопросы совершенствования метода определения длины и уклона аварийных съездов, обеспечивающих безопасное гашение их кинетической энергии автомобилями при движении в аварийных ситуациях.

На основе анализа аварий, произошедших на перевале Камчик за последние три года, методами коэффициентов безопасности и летальности выявлены опасные участки дороги.

Проведен регрессионный анализ причин аварий на перевале Камчик :

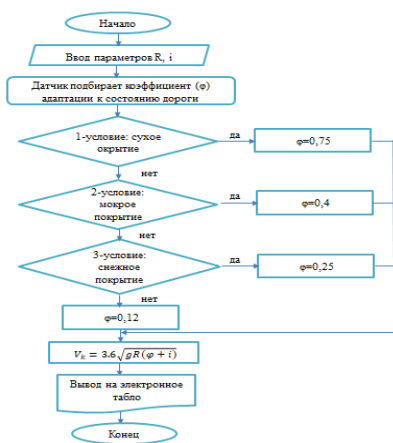
$Y$  — число ДТП;  $X_1$  — ДТП, вызванное превышением скорости;  $X_2$  — ДТП, вызванное тем, что водители заснули;  $X_3$  — ДТП, вызванное недостаточной видимостью;  $X_4$  — ДТП, связанное с тормозной системой;

$X_5$  — ДТП, вызванное погодными условиями;  $X_6$  — ДТП, вызванное продольным уклоном дороги;  $X_7$  — ДТП, вызванное радиальным искривлением дороги.

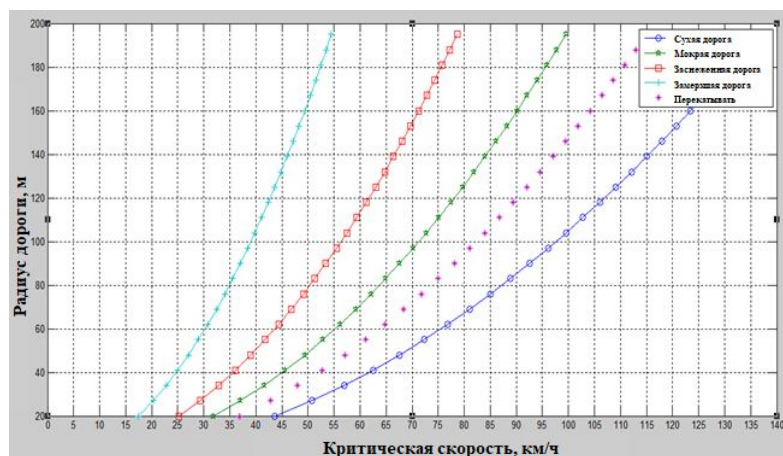
$$\text{Здес } Y = 0,6 X_1 + 0,2 X_2 + 0,26 X_3 + 0,3 X_4 + 0,295 X_5 + 0,37 X_6 + 0,42 X_7. \quad (1)$$

Результаты анализа на основе статистических данных показывают, что наибольшее количество аварий происходит на перевале Камчик из-за повышения скорости движения. Результаты исследования направлены на снижение аварийности, вызванной превышенной отказом тормозной системы, продольным уклоном дороги, радиальным искривлением дороги, недостаточной видимостью, влиянием погодных условий, скоростью транспортного средства.

Как известно, даже при неблагоприятных погодных условиях наблюдается движение на высокой скорости, приводящее к дорожно-транспортному происшествию. Учитывая это, важно определять скорость движения с учетом погодных условий и состояния дорожного покрытия, для обеспечения безопасности движения и на поворотах. Представляемая математическая модель определяет безопасную скорость движения на поворотах при неблагоприятных погодных условиях.



а



б

Рис. 1. Алгоритм определения безопасной скорости на опасных участках дороги (а) и график зависимости критических скоростей от радиуса поворота для каждого случая (б)

Потеря устойчивости может наблюдаться в виде опрокидывания, бокового скольжения и заноса ведущих колес. Ситуации опрокидывания и скольжения представлены критической скоростью опрокидывания и критической скоростью скольжения. Коэффициент сцепления приведен в табл.1.

Таблица 1

Коэффициенты сцепления в зависимости от состояния дорожного покрытия

Показатель	Сухая дорога	Мокрая дорога	Снежная дорога	Замёрзшая дорога
Коэффициент сцепления	0.75	0.4	0.25	0.12

График зависимости критических скоростей от радиуса поворота для каждого случая приведен на рис. 1.

Знаки ограничения скорости на автомагистралях не могут указывать на безопасную скорость движения в различных погодных условиях. Результаты исследования показывают, что коэффициент сцепления колес с дорогой меняется в зависимости от состояния дорожного покрытия при различных погодных условиях. Из теории автомобилей известно, что критическая скорость потери устойчивости автомобилей (по боковому скольжению) зависит от радиуса поворота дороги и коэффициента сцепления. Поэтому можно обеспечить безопасное движение автомобилей при различных погодных условиях путём определения критических скоростей устойчивости автомобилей для различных погодных условий, состояния дорожного покрытия и радиусов поворота и установлением перед каждым поворотом датчиков знака определения состояния дорожного покрытия и специального электронного табло, которое по сигналам датчика производит расчет значения критической скорости и выводит на экран (рис.2).

Транспортное средство с неисправной тормозной системой на продолжительных спусках движется под действием сил, определяемых из следующих уравнений: результирующей движущей силы:

$$F_h = F_n - F_i - F_f - F_v, \quad (2)$$

$F_h$  – результирующей силы, ведущей автомобиль:

$$F_h = M_a j_a, \quad (3)$$

$j_a$  – линейного ускорения автомобиля;  $M_a$  – массы автомобиля:

$F_v$  – силы сопротивления воздуха, действующей на автомобиль:

$$F_v = K \cdot F \cdot V_a^2, \quad (4)$$

$K$  – коэффициента сопротивления воздуха;  $F$  – лобовой площади автомобиля;  $V_a$  – скорости движения автомобиля;

$F_i$  – силы сопротивления ускорению автомобиля (силы инерции):

$$F_i = M_a \cdot j_a \cdot \delta_{ayl}, \quad (5)$$

$\delta_{ayl}$  – коэффициента, учитывающего влияние силы вращающихся масс:

$$\delta_{ayl} = 1 + \frac{I_M \cdot u_{TP}^2 + I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 1 + (\delta_1 \cdot u_{KII}^2 + \delta_2); \quad (6)$$

$$\delta_1 = \frac{I_M \cdot u_{en}^2}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,04 \dots 0,06; \quad \delta_2 = \frac{I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,03 \dots 0,05;$$

$F_n$  – силы сопротивления автомобиля подъему:

$$F_n = M_a \cdot g \cdot \sin a, \quad (7)$$

$g$  – ускорения свободного падения ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );  $a$  – продольного уклона дорог;  $P_f$  – силы сопротивления качению колес автомобиля:

$$P_f = f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a \quad (8)$$

$f$  – коэффициента сопротивления качению.

Уравнение (2) можно выразит в следующем виде:

$$M_a j_a = M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - M_a \cdot j_a \cdot \delta_{ayl} - K \cdot F \cdot V_a^2;$$

$$M_a j_a (1 + \delta_{ayl}) = M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2$$

Отсюда находится линейное ускорение автомобиля:

$$j_a = \frac{M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2}{M_a (1 + \delta_{ayl})}, \quad (9)$$

Ускорение автомобиля, движущегося по непрерывному склону, может быть выражено:

$$j_a = \frac{V_k^2 - V_b^2}{2S}, \quad (10)$$

Если (10) перенести в выражение (9), оно будет имет следующий вид:

$$\frac{V_k^2 - V_b^2}{2S} = \frac{M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2}{M_a (1 + \delta_{ayl})}, \quad (11)$$

По этой формуле определяется расстояние, пройденное автомобилем с неисправной тормозной системой до достижения критической скорости, которая не может обеспечить безопасност на продолжительном уклоне:

$$S = \frac{M_a (1 + \delta_{ayl}) (V_k^2 - V_b^2)}{2(M_a \cdot g \cdot \sin a - f \cdot M_a \cdot g \cdot \cos a - K \cdot F \cdot V_a^2)}, \quad (12)$$

Уравнение (12) выражается следующим образом с учетом того, что сопротивление воздуха составляет  $0 < F_v \leq 5\%$  от сил, действующих на автомобил с неисправной тормозной системой на сплошном уклоне до скорости 60 км/час:

$$S = \frac{M_a(1+\delta_{ayl})(V_k^2 - V_b^2)}{2M_a(g \cdot \sin a - f \cdot g \cdot \cos a)} = \frac{1+\delta_{ayl}(V_k^2 - V_b^2)}{2g(\sin a - f \cdot \cos a)}, \quad (13)$$

Рассчитаем коэффициент, учитывающий вращающиеся массы при движении грузовых автомобилей с ускорением для случая, когда передача коробки передач не подключена:

$$\delta_{ayl} = 1 + \frac{I_M \cdot u_{TP}^2 + I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 1 + (\delta_1 \cdot u_{KII}^2 + \delta_2);$$

$$\delta_1 = \frac{I_M \cdot u_{2l}^2}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,04 \dots 0,06; \quad \delta_2 = \frac{I_k}{G_a \cdot r^2} \cdot g \approx 0,03 \dots 0,05;$$

$$\delta_{ayl} = 1 + 0,06 + 0,05 = 1,11. \quad k = \frac{1 + \delta_{ayl}}{2g} = \frac{1 + 1,11}{2 \cdot 9,81} \approx 10^{-1}.$$

Формула (13) выглядит следующим образом:

$$S = \frac{(V_k^2 - V_b^2)}{10(\sin a - f \cdot \cos a)}, \quad (14)$$

Формулой (14) можно определить межстаночные расстояния аварийных съездов, которые обеспечивают безопасность автомобилей с неисправной тормозной системой на продолжительных спусках.

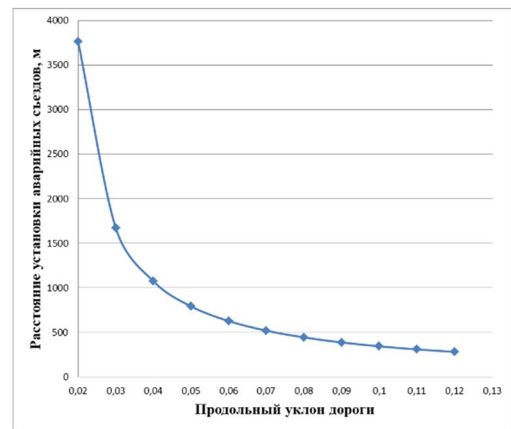
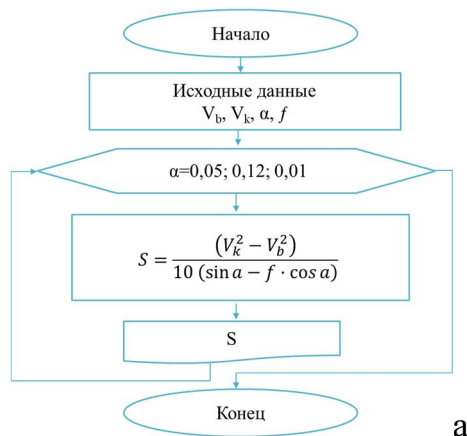


Рис. 2. Последовательность определения интервала установки аварийных съездов (а) и зависимость интервала установки аварийных съездов от продольного уклона дороги (б)

На основе имитационной модели MATLAB/Simulink усовершенствован метод определения длины и уклона аварийного съезда, обеспечивающий безопасное гашение кинетической энергии автомобилей при аварийной ситуации.

В случае поломки автомобиля на горных дорогах транспортное средство может выехать на аварийные съезды и снижением скорости движения предотвращают дорожно-транспортное происшествие. Аварийные съезды имеют важное значение в активной безопасности транспортных средств (рис.3).

Определение длины и уклона аварийного съезда, обеспечивающего безопасное гашение кинетической энергии автомобилей при аварийной ситуации, осуществлялось по программе MatLab Simulink.

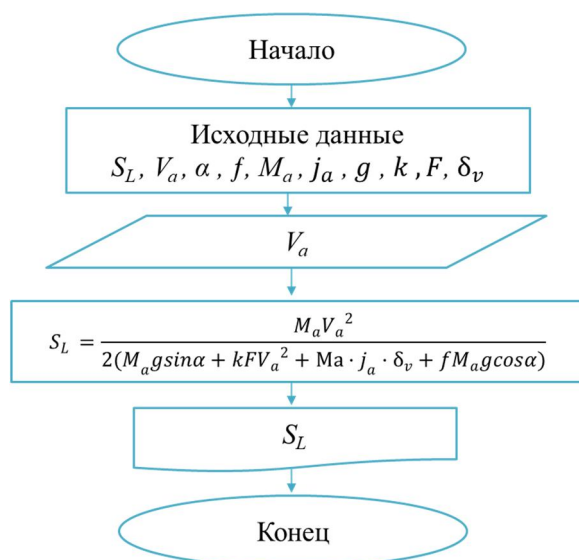


Рис. 3. Алгоритм математической модели определения параметров аварийного съезда

На горных дорогах можно определить длину аварийного съезда путем снижения кинетической энергии транспортных средств, вызванного продольным уклоном дороги, за счет сил сопротивления, действующих на транспортные средства, по следующим формулам:

$$E_k = E_p, \quad (15)$$

$$\frac{M_a V_a^2}{2} = (F_f + F_n + F_b + F_i) S_L \cos \alpha, \quad (16)$$

$$S_L = \frac{M_a V_a^2}{2(M_a g \sin \alpha + k F V_a^2 + M_a \cdot j_a \cdot \delta_v + f M_a g \cos \alpha)}, \quad (17)$$

$S_L$  – длина аварийного съезда, м;

$F_i$  – сила инерции автомобиля, Н;

$F_b$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$k$  – коэффициент преодоления сопротивления воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – лобовая площадь автомобиля, м<sup>2</sup>;

$V_a$  – скорость автомобиля, м/с;

$M_a$  – масса автомобиля, кг;

$F_n$  – сила сопротивления автомобиля подъему, Н;

$g$  – ускорение свободного падения (9,81 м/с<sup>2</sup>);

$\alpha$  – угол подъема аварийного съезда, %;

$F_f$  – сила сопротивления качению автомобиля, Н;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$\delta_v$  – коэффициент, учитывающий влияние силы вращающихся масс;

$j_a$  – замедление автомобиля, м/с<sup>2</sup>.

Аварийный съезд имеет важное значение в обеспечении активной безопасности транспортных средств. В случае выхода из строя тормозной системы транспортного средства, движущегося по горным дорогам, для его остановки и обеспечения безопасности устанавливаются аварийные съезды для аварийных ситуаций.

Результат расчета гравитационного аварийного съезда с использованием математической модели приведен на рис. 4,5.



Рис. 4. График зависимости длины аварийного съезда от угла подъема

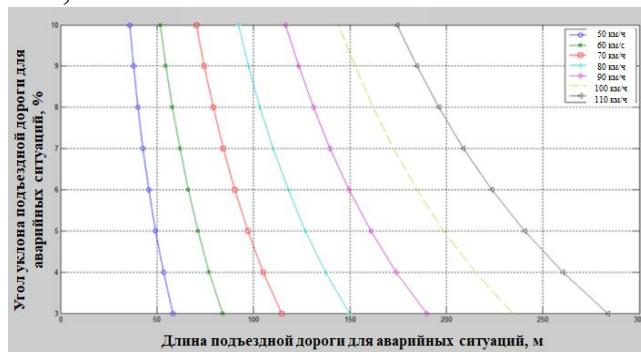


Рис.5. Зависимость длины аварийного съезда от угла его подъема при изменении скорости автомобиля

При уменьшении продольного угла подъема аварийного съезда длина аварийного съезда увеличивается (рис. 4).

Изменение длины аварийного съезда в зависимости от угла его подъема при скорости движения автомобиля на въезде в аварийный съезд 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 км/ч представлено на рис. 5.

С изменением скорости движения транспортного средства в зависимости от угла подъема длина аварийного съезда меняется по-разному (см. рис. 5).

На рис. 6 представлена зависимость длины аварийного съезда от скорости въезда автомобиля при углах 5, 6, 7, 8, 9, 11 и 12%.

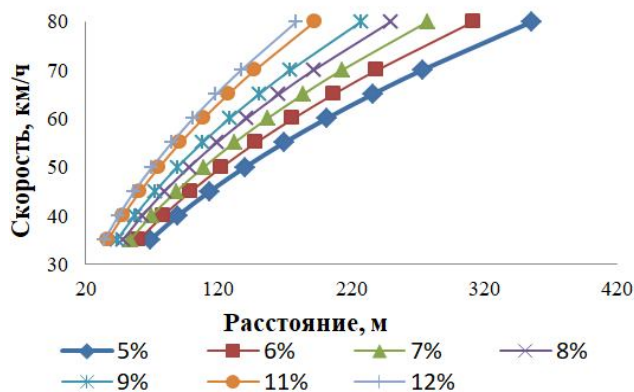


Рис. 6. Зависимость длины аварийного съезда от скорости въезда автомобиля

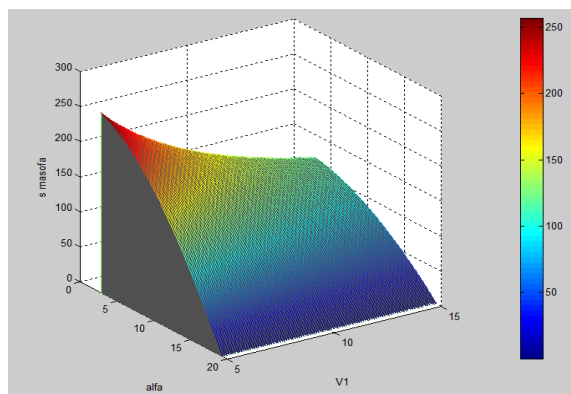


Рис. 7. Трехмерное изображение взаимосвязи скорости автомобиля, длины и подъема аварийного съезда

По мере изменения скорости входа автомобиля в аварийный съезд в зависимости от угла продольного подъема аварийного съезда длина аварийного съезда меняется по-разному (см. рис. 6).

На рис. 7 показана зависимость скорости автомобиля при въезде в аварийный съезд от длины и угла подъема аварийного съезда в 3D виде.

На рис. 8 приведены результаты расчета аварийного съезда с повышенным сопротивлением покрытия на основе использования математической модели.

За счет увеличения сопротивления дорожного покрытия можно уменьшить длину аварийного съезда. (рис. 8). С использованием зависимости от рельефа местности и применением дорожных покрыти с высоким сопротивлением появляется возможность выбора длины аварийного съезда.

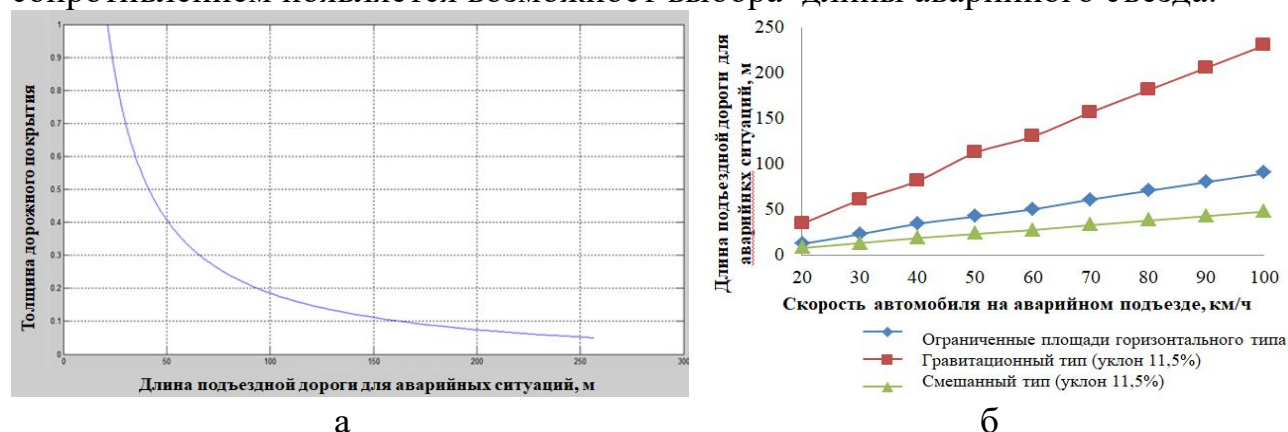


Рис. 8. Зависимость длины аварийного съезда от сопротивления дорожного покрытия (а) и скорости автомобиля при въезде на аварийный съезд от его длины (б)

Для обеспечения безопасности транспортных средств в соответствии с рельефом местности могут использоваться аварийные съезды гравитационного типа с покрытием повышенного сопротивления и смешанных типов. Длина аварийного съезда смешанного типа ( $S_1$ ) определяется длиной аварийного съезда гравитационного типа ( $S_2$ ) и длиной аварийного съезда с покрытием повышенного сопротивления ( $S_3$ ) по следующей формуле:

$$\frac{1}{S_1} = \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3}. \quad (18)$$

В третьей главе диссертации под названием «**Экспериментальное исследование движения транспортных средств и разработка рекомендаций по повышению безопасности движения на автомобильных дорогах, проходящих через горы**» экспериментальным анализом определены скорости движения транспортных потоков на дорогах перевала Камчик и на опасных участках. Для экспериментального определения средней скорости транспортных средств использовали камеры Izves. Исследования по определению скоростей движения транспортных средств проводились на уклонах 3%, 5%, 6%, 7%. автодорог А-373 «Автодорога М-39–Гулистан–Бука–Ангрен–Коканд и Андижан–Ош».

Испытания по определению эффективности вспомогательной тормозной системы проводились на автопоездах КамАЗ - 6460-001, Ford-Kargo - 1827, МАЗ - 642208-020, Мерседес-Бенц - 1838 с полуприцепом «Istanbul-fruehauf».

Результатами испытаний соответственно требованиям ГОСТ-22895 установлено, что показатели вспомогательной системы автомобилей КамАЗ - 6460-001, Ford-Kargo - 1827, МАЗ-642208-020 отвечают требованиям нормы. Автопоезд Мерседес-Бенц - 1838 не соответствовал требованиям ГОСТа 22895.

Расчетным и экспериментальным путем проведен анализ определения межустановочных расстояний аварийных съездов для безопасной остановки грузовых автомобилей в аварийных ситуациях.

Эксперименты по определению межустановочных расстояний аварийных съездов по обеспечению безопасности автотранспортных средств с неисправными тормозными системами при спуске с гор проводились на автомобиле MAN CLA 33.400.

Результаты сравнения экспериментальных данных с теоретически рассчитанными значениями представлены на рис. 9.

Доказательством этого служат результаты теоретических и экспериментальных исследований, приведенных на рис. 9,10.

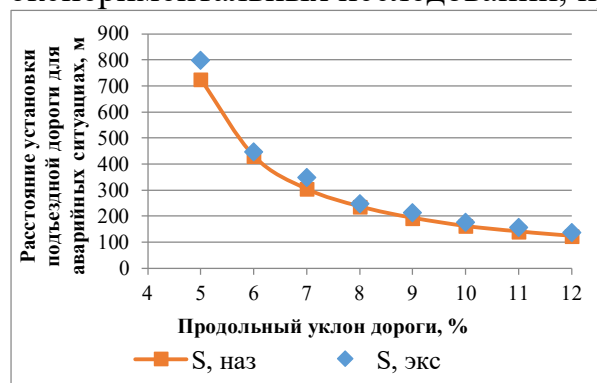


Рис. 9. Результаты экспериментальных и теоретических исследований взаимной адекватности

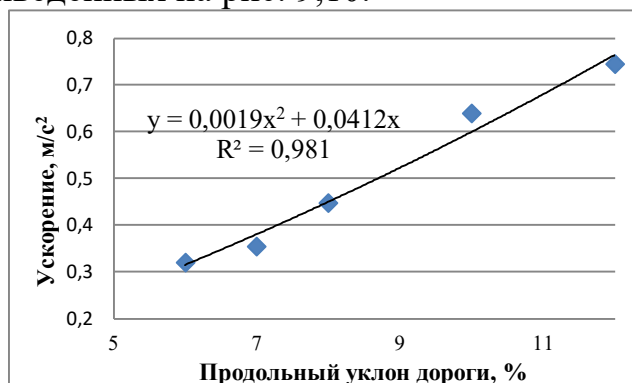


Рис.10. Зависимость ускорения транспортных средств от продольного уклона дорог

Как видно из рис. 10, с увеличением продольного уклона дороги увеличивается и ускорение транспортных средств.

Эта зависимость выражается следующей формулой:

$$y = 0,0019x^2 + 0,0412x, \quad (19)$$

где  $y$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>;  $x$  – продольный уклон дороги, %.

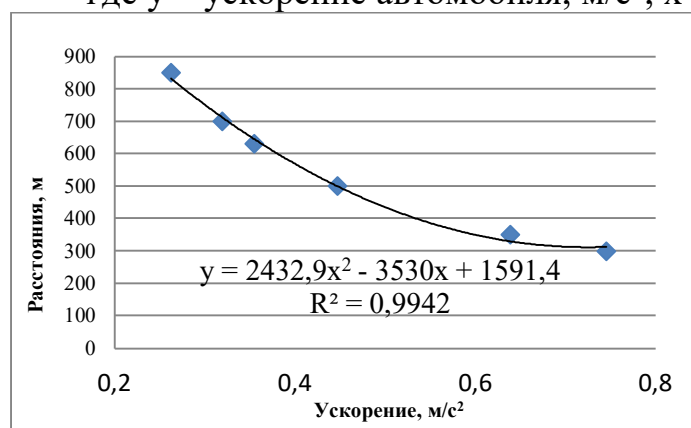


Рис.11. Зависимость межустановочного расстояния аварийного съезда от ускорения автомобилей

Как видно из рис. 11, расстояние межустановочное аварийного съезда должно уменьшаться с увеличением ускорения автомобиля.

Эта зависимость выражается следующей формулой:

$$y = 2432,9x^2 - 3530x + 1591,4. \quad (20)$$

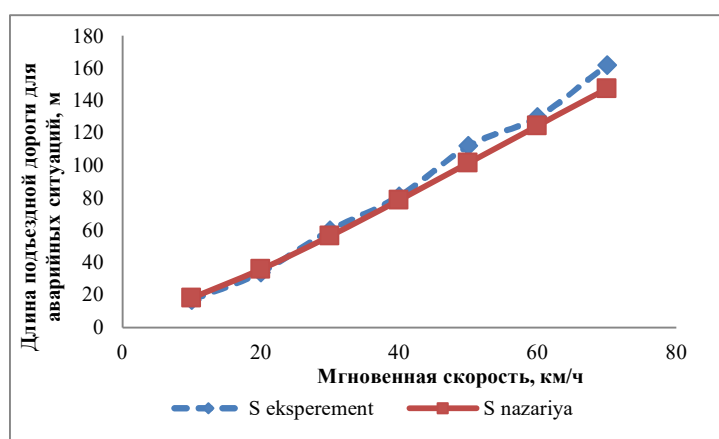
где  $y$  – межустановочное расстояние аварийного съезда, м;  $x$  – ускорение автомобиля,  $\text{м/с}^2$ .

Поэтому межустановочное расстояние аварийных съездов на продолжительных спусках горных дорог должно меняться в зависимости от величины угла продольного уклона дороги.

Экспериментальный анализ параметров аварийного съезда и безопасной остановки транспортных средств при отказах тормозной системы проведен на автомобиле MAN CLA 33.400.

Результаты сравнения экспериментальных данных с теоретически рассчитанными значениями представлены на рис. 12.

При сравнении теоретических и экспериментальных результатов максимальная абсолютная погрешность составила 14,6 м, а относительная погрешность – 10,34%.



Теоретическим и экспериментальным методами исследовалась зависимость продольного расстояния аварийного съезда от мгновенной скорости въезжающих транспортных средств в аварийный съезд (см. рис. 12).

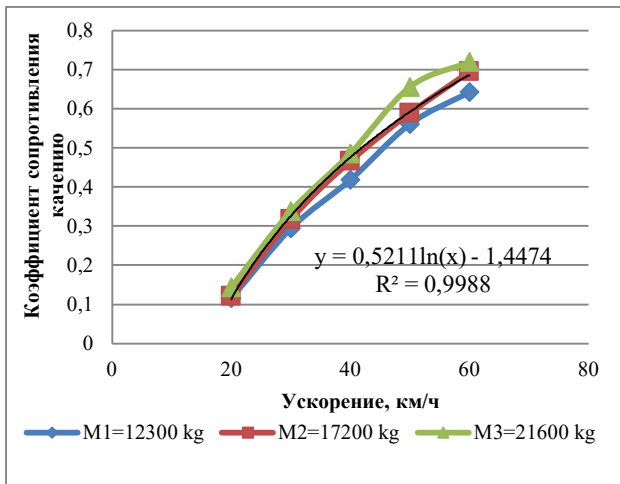
Рис. 12. Зависимость длины аварийного съезда от мгновенной скорости автомобилей, въезжающих на аварийный съезд

Экспериментальный анализ по определению коэффициента сопротивления качению различных покрытий и обоснованию параметров аварийных съездов с такими покрытиями проводили на автомобиле MANCLA 33.400.

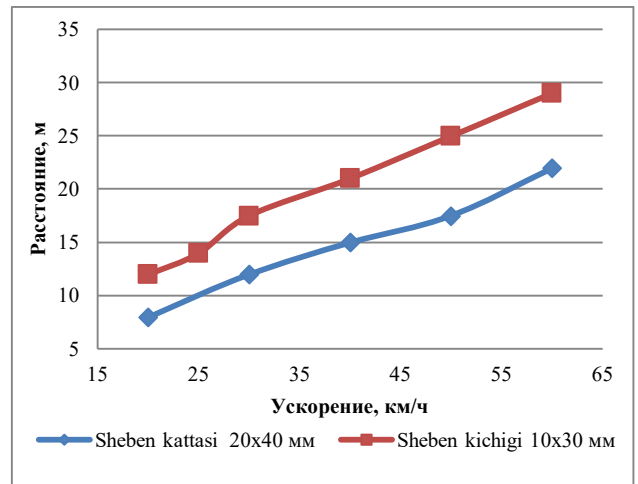
Из рис. 13 видно, что при въезде транспортных средств на покрытие из разных масс на мгновенной скорости покрытие по-разному сопротивляется качению автомобиля.

При массе автомобиля  $M_2=17200$  кг зависимость коэффициента сопротивления качению от мгновенной скорости автомобиля изменяется по эмпирической формуле

$$y = 0,5211 \ln x - 1,4474. \quad (21)$$



а



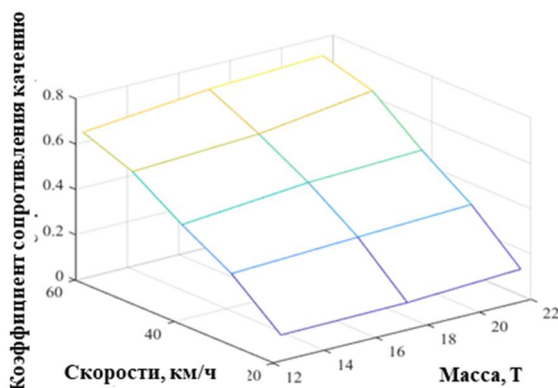
б

Рис. 13. Зависимость коэффициента сопротивления качению (а) и длины аварийного съезда (б) от мгновенной скорости транспортных средств на въезде в аварийный съезд

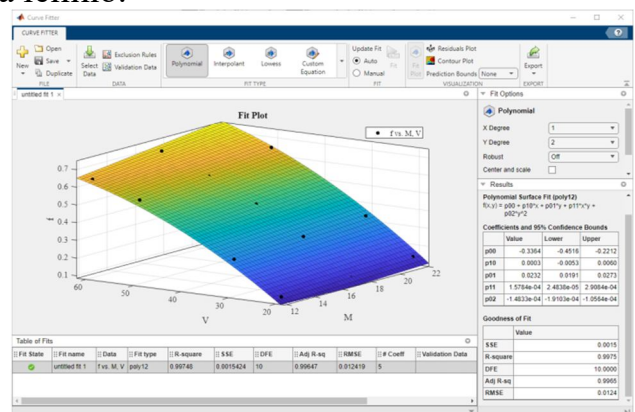
Результаты проведённых экспериментальных исследований на автомобиле MAN 33.400 по определению длины аварийного съезда с разными покрытиями (щебен - 10x30мм и 20x40мм) в зависимости от мгновенной скорости въезда автомобилей на аварийный съезд показали резкое отличие этих показателей.

Из анализа видно, что преимущество торможения на дороге из щебня размером 20x40 мм, чем на дороге щебня из размером 10x30 мм (рис. 13, б).

Использование материалов с высоким сопротивлением качению способствует безопасной остановке транспортных средств, уменьшает длину аварийного съезда. На горных дорогах есть возможность расположения аварийных съездов на обочине на коротких расстояниях. Определена зависимость между массой транспортного средства, скоростью и коэффициентом сопротивления качению с длиной аварийного съезда, с покрытием высокого сопротивления качению.



а



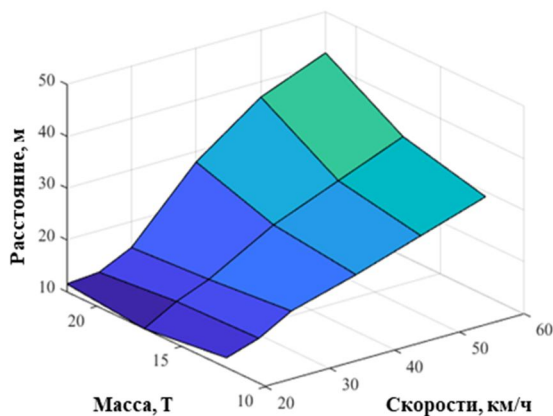
б

Рис. 14. Зависимость длины аварийного съезда с покрытием высокого сопротивления качению (а) и массой автомобиля, скоростью и коэффициентом сопротивления качению (б)

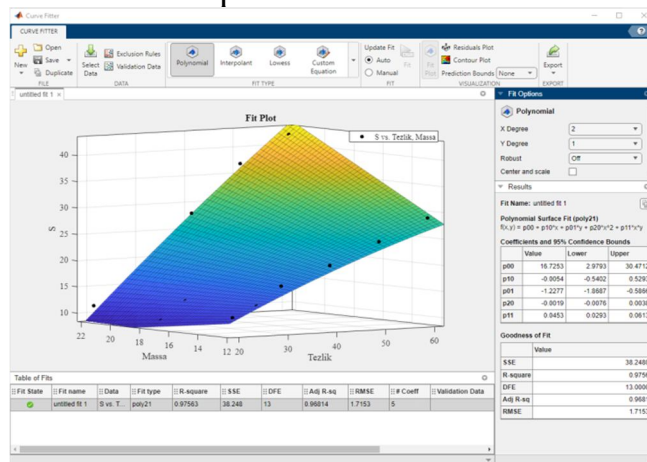
В результате было определено уравнение связи длины аварийного съезда между массой автомобиля (M), скоростью (V) и коэффициентом сопротивления качению (f).

$$f(M,V) = -0,3364 + 0,0003M + 0,0232V - 1,5784 \cdot 10^{-4}V^2 \cdot MV - 1,4833 \cdot 10^{-4}V^2. \quad (22)$$

Определена связь между длиной аварийного съезда с высоким сопротивлением качению, массой автомобиля и скоростью.



а



б

Рис. 15. Зависимость длины аварийного съезда с покрытием высокого сопротивления от массы автомобиля, скорости (а) и коэффициента сопротивления качению (б)

Длина аварийного съезда с покрытием высокого сопротивления от массы автомобиля (M) и скорости (V) определяется по следующей формуле:

$$S(M,V) = 16,7253 - 0,0054V - 1,2277M + 0,0453MV - 0,0019V^2. \quad (23)$$

На основе уравнений (22) и (23) можно определить длину аварийного съезда с покрытием высокого сопротивления в зависимости от массы и скорости автомобилей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализированы факторы, влияющие на безопасность транспортных средств на горных дорогах. В результате анализа охарактеризованы климатические условия горной дороги, выявлены причины дорожно-транспортных происшествий, определены структура дорожного движения, скорость движения транспортных средств и безопасность автомобилей на опасных участках дороги.

2. Определена безопасная скорость движения транспортных средств на опасных участках дороги перевала Камчик в различных погодных условиях и разработаны способы их реализации.

3. На основе имитационной модели MATLAB/Simulink разработан метод определения межустановочного расстояния аварийных съездов для безопасной остановки грузовых автомобилей на продолжительных склонах. Установлено, что при уклоне дороги на продолжительных спусках, составляющем 5–12%, межустановочное расстояние аварийных съездов варьирует в пределах 250–800 метров.

4. На основе имитационной модели MATLAB/Simulink усовершенствован метод определения длины и уклона аварийного съезда, обеспечивающий

безопасное гашение кинетической энергии автомобилей в случае движения в аварийной ситуации. По результатам модели, при мгновенной скорости въезда транспортного средства на аварийный съезд 60–130 км/ч и при изменении уклона аварийного съезда гравитационного типа на 10%–17% его длина изменяется на 80–250 м.

5. На продолжительных спусках перевала Камчик для повышения безопасности движения в соответствии с продольными уклонами дороги предлагается построить аварийные съезды трёх типов (1–гравитационный, 2–с покрытием высокого сопротивления, 3–смешанный): 17–в направлении Ташкент – Ош, 20–по направлению Ош – Ташкент.

6. В целях повышения безопасности движения на опасных участках горных дорог разработаны рекомендации по обеспечению безопасной скорости движения на 49 опасных участках перевала Камчик.

7. Полученные результаты позволяют повысить безопасность движения транспортных средств на перевале Камчик, снизить число дорожно-транспортных происшествий, связанных с тормозной системой и скоростью транспортных средств, на 30%. Ожидаемая экономия от снижения показателя дорожно-транспортных происшествий составляет 3671,874 млн сум, что позволяет сократить затраты на строительство одного «аварийного съезда» в среднем на 59 493 950 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.15/31.08.2022.T.73.03 AT TASHKENT STATE TRANSPORT  
UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**RAKHMONOV AZIMJON**

**INCREASING THE SAFETY OF VEHICLES IN EMERGENCY  
SITUATIONS ON MOUNTAIN ROADS (ON THE EXAMPLE OF THE  
KAMCHIK PASS)**

**05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation**

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

**Tashkent-2024**

**The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan on the № B2022.4.PhD/T3382.**

The dissertation was completed at the Tashkent State Transport University.

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

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Fayzullaev Erkin Zikrullayevich</b> Candidate of technical sciences, associate professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Bazarov Baxtiyor Imamovich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Muxitdinov Nuriddin Fatxiddinovich</b> Candidate of technical sciences, associate professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov</b>

The defense of the will take place on “19 ” april 2024 at 10<sup>00</sup> at the Scientific council No. DSc.15/31.08.2022.T.73.03 at the Tashkent State Transport University (Address: 100167, Tashkent city, str. Temiryo’lchilar, 1. Phone: (+99871) 299-00-01 fax: (+99871) 293-57-54; e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz))

The dissertation is registered in Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (is registered number № 147). (Address: 100167, Tashkent city, str. Temiryo’lchilar, 1. Phone: (+99871) 299-00-01 fax: (+99871) 293-57-54; e-mail: [rectorat@tstu.uz](mailto:rectorat@tstu.uz), [tashiit@exat.uz](mailto:tashiit@exat.uz))

The abstract of the dissertation was distributed on “04” april 2024 y.  
(Protocol at the register.№ 11on “12” january 2024 y.).

**A.A.Riskulov**  
Chairman of the Scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**K.Z.Ziyaev**  
Scientific secretary of Scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of philosophy (PhD)

**A.A.Mukhitdinov**  
Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

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

## Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

### INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the study** is increasing the vehicle traffic safety in emergency situations on mountain roads.

**Tasks of the research:**

analysis of factors affecting the safety of vehicles on mountain roads;  
development of a method for determining the distance between the installation of safe stopping lanes in case of an accident of a truck on continuous slopes by calculation;

based on the MATLAB/Simulink simulation model, improvement of the method for determining the length and slope of the access road, ensuring safe damping of the kinetic energy of cars during emergency traffic;

development and implementation of test methods to substantiate the reliability of the results of theoretical studies;

development of recommendations for ensuring the safety of vehicles when moving on the continuous downhill slopes in mountainous areas.

**The object of the study** vehicles moving along the pass.

**The subject of the study** is the speed that ensures the safety of vehicles on dangerous sections of mountain roads and the parameters for installing emergency ramps for emergency situations.

**The scientific novelty** of the study is as follows:

a method has been developed for determining the length of the resistance strip of a vehicle based on the empirical dependence of rolling resistance coefficient of wheels on the mass and speed of the vehicle;

a method for determining the distance between the installation of lanes for a safe stop in the event of an accident when the car is moving downhill has been improved using a mathematical model of the car moving down the slope;

a method has been developed to substantiate the parameters of a resistance band that absorbs the kinetic energy of cars in the event of an emergency;

the method for determining the maximum speed limit of a car on dangerous sections of the road for various weather conditions has been improved by selecting coefficients that take into account the longitudinal slope of the road.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

the inter-installation distances of emergency ramps in accordance with the speed of movement and the long slope of the road when driving through a mountain, a method for determining the parameters of emergency ramps for emergency situations, as well as empirical methods for determining the length of emergency ramps taking into account high resistance and resistance coefficient. Swaying of car wheels taking into account the mass and speed of the car through experimental tests.

The practical significance of the results is to increase road safety on the Kamchik Pass, reduce road accidents in the zone with a braking system and vehicle speed, ensure safe movement of vehicles on road sections, use an intelligent system taking into account weather conditions, and significantly save money on construction roadside facilities.

#### **Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the research results lies in the determination of: inter-installation distances of emergency ramps in accordance with the speed and longitudinal slope of the road passing through the mountain, a method for determining the parameters of emergency ramps for emergency situations, as well as empirical equations for determining the length of an emergency ramp with a high-resistance coating and the resistance coefficient rolling of car wheels, taking into account the mass and speed of the car through experimental tests.

The practical significance of the results obtained is to increase the safety of vehicle traffic on the Kamchik Pass, reduce road accidents associated with the braking system and speed of vehicles, ensure the safe movement of vehicles on dangerous sections of the road using an intelligent system taking into account weather conditions, and save significant funds on construction roadside facilities.

**Implementation of research results.** Based on the results of improving vehicle traffic safety in emergency situations on mountain roads:

at the unitary enterprise for the use of specialized roads "Kamchikavtyul" a methodology has been introduced for determining the inter-installation distances of emergency exits when driving a car on long slopes (Certificate of the Ministry of Transport dated February 17, 2023 No. 2/970). As a result, it was found that the inter-installation distances of emergency exits on long descents range from 250 to 800 meters with a road slope of 5-12%;

a MATLAB/Simulink simulation model for determining the parameters of a resistance band that absorbs the kinetic energy of vehicles when driving in emergency situations was implemented in the unitary enterprise for the use of specialized roads "Kamchikavtyul" (Ministry of Transport Certificate No. 2/970 dated February 17, 2023). As a result, it was established that that with an instantaneous speed of vehicle entry into the safe stopping lanes of 60-130 km/h and when the slope of the safe stopping lanes changes by 10%-17%, the length of the lane changes to 80-250 meters;

the results of determining the length of the resistance strip based on the empirical dependence of the wheel drag coefficient on the mass and speed of the vehicle were implemented in the unitary enterprise for the use of specialized roads "Kamchikavtyul" (Certificate of the Ministry of Transport dated February 17, 2023 No. 2/970). As a result, it is possible to reduce the length of the vehicle resistance lane by 3-4 times compared to existing ones and reduce construction costs for one emergency exit by an average of 59,493,950 soums;

at the unitary enterprise for the use of specialized roads "Kamchikavtyul", a methodology for assessing the safety of vehicle traffic under various weather conditions has been introduced (Certificate of the Ministry of Transport dated

February 17, 2023 No. 2/970). As a result, it was possible to ensure safe driving speeds in dangerous sections of the Kamchik Pass and reduce the number of speed-related road accidents by 30%.

**Approbation of the results of the study.** The results of the study were reported and discussed at 12 scientific and practical conferences, including 4 international and 8 republican ones.

**Publication of the results of the study.** A total of 23 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, of which 9 scientific articles, including 6 in republican and 3 in international journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of the doctor of philosophy (PhD) dissertation. Also received 2 certificates for software computing products.

**Structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 113 pages.

## THE MAIN CONTENT OF THE DISSERTATION

1. The factors influencing the safety of vehicles on mountain roads are analyzed. As a result of the analysis, the climatic conditions of the mountain road, the causes of road accidents, the structure of road traffic, the speed of vehicles and the safety of cars on dangerous sections of the road were analyzed.

2. The safe speed of vehicles on dangerous sections of the Kamchik Pass road in various weather conditions has been determined and methods of their implementation have been developed.

3. Based on the MATLAB/Simulink simulation model, a method has been developed for determining the distance between the installations of emergency ramps in case of a truck accident on continuous slopes. When the road slope is 5-12% on continuous slopes, it has been set that the distance between the installations of emergency ramps varies between 250-800 meters.

4. Based on the MATLAB/Simulink simulation model, a method for determining the length, slope and angle of the entrance road has been developed, which ensures the safe damping of the kinetic energy of vehicles in case of emergency vehicle movement. The simulation results showed that the length of a gravity-type emergency ramp varies by 80-250 meters depending on the instantaneous speed 60–130 km/h of the vehicle at the entrance to the ramp and variation of its longitudinal slope for 10–17%.

5. It is proposed to build three types (1-gravity type, 2-with high resistance pavement, 3-combined) of emergency ramps on the continuous slopes of the Kamchik pass in accordance with the longitudinal slopes of the road, 17 in the direction of Tashkent - Osh, 20 in the direction of Osh - Tashkent.

6. In order to improve traffic safety on dangerous sections of mountain roads, recommendations have been developed to ensure safe driving speeds on 49 dangerous sections of the Kamchik Pass.

7. The results obtained allows to increase the safety of vehicle traffic on the Kamchik Pass and reduce road accidents related to the braking system and vehicle speed by 30%. The expected savings from reducing road accidents are 3671.874 million soums. Also allows to reduce the cost of constructing of one “emergency ramp” by an average of 59 493 950 soums.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLICATIONS**

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Fayzullayev E.Z., Abduraxmanov R.A., Raxmonov A.S., Nosirjonov SH.I. Tog' yo'llarida favqulodli vaziyatlarda avtotransport vositalarining xavfsizligini ta'minlash // Me'morchilik va qurilish muammolari (2-qism). – 2019.- №4. - B.88–89. (05.00.00; №14).
2. Fayzullayev E.Z., Abduraxmanov R.A., Raxmonov A.S. “Farg‘ona yo‘li” ko‘chasida transport vositalarining harakat miqdori va tarkibini aniqlash va tahlil qilish // Me'morchilik va qurilish muammolari (1-qism). – 2019. - №4. -B.140–142. (05.00.00; №14).
3. Халмухамедов А.С., Файзуллаев Э.З., Рахмонов А.С., Омаров Ж.А. Результаты исследования дорожных условий эксплуатации АТС на перевале Камчик // ТАЙИ хабарномаси. -2019. -№4. -Б.71–78. (05.00.00; №15).
4. Хакимов Ш.Х., Файзуллаев Э.З., Рахмонов А.С. Оценка сложности автомобильной дороги в горной местности // Транспорт шёлкового пути. - 2019. №3-4. - С.48–60.
5. Baboyev A.M., Axmedov D.A., Abduraxmonov R.A., Fayzullayev E.Z., Raxmonov A.S. Murakkab iqlim sharoitlarda harakat xavfsizligini ta'minlash usullari // O'zbekiston Respublikasi Milliy gvardiyasi Harbiy-texnika instituti axborotnomasi. -2020. Maxsus son. - B.179–184. (05.00.00; №32).
6. Fayzullaev E., Rakhmonov A., Mukhtorjonov U., Nosirjonov Sh. Improving road safety using intelligent transportation systems on mountain roads // Journal of Engineering and Technology (JET). 2022. -Vol. 12. -Issue 2. -P.59–66. (05.00.00; №31).
7. Rakhmonov A.S., Fayzullayev E.Z. Increasing the traffic flow capacity of intersection with a macroscopic model on the example of a real interaction // Science and Education in Karakalpakstan. - 2022. -№2/1(24). -P. 97–104. (05.00.00; №37).
8. Rakhmonov A.S., Fayzullayev E.Z. The analysis of accidents in mountain conditions based on traffic and road parameters // Science and Education in Karakalpakstan. - 2022. -№2/1(24). -P. 109–115. (05.00.00; №37).
9. Fayzullaev E.Z., Rakhmonov A.S., Mukhtorjonov U.M. Implementation of intellectual transportation systems to ensure traffic safety on mountain roads // Railway transport: topical issues and innovations.-2022. -№2. -81–88. (05.00.00; №11).

**II bo'lim (II часть; part II)**

10. Abduraxmanov R.A., Raxmonov A.S., Ismoilov A.S. Tog'li yo'l sharoitida burilish radiuslarining harakat xavfsizligiga ta'siri // “Harbiy avtotransport vositalarida harakat xavfsizligini ta'minlash muommolari” mavzusidagi

- respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Toshkent, 2019 yil 24 may. - B.163–166.
11. Fayzullayev E.Z., Raxmonov A.S., Oxunov F.A. Raschetniye issledovaniya proxodimosti avtopoyezda v gornix usloviyax ekspluatatsii // “Harbiy avtotransport vositalarida harakat xavfsizligini ta’minlash muommolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Toshkent, 2019 yil 24 may. - B.166–171.
  12. Fayzullayev Z.E., Raxmonov A.S., Chinniboyev J.I. Tog‘li yo‘l sharoitida transport vositalari harakat xavfsizligini oshirish // “Harbiy avtotransport vositalarida harakat xavfsizligini ta’minlash muommolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Toshkent, 2019 yil 24 may. - B.199–205.
  13. Халмухамедов А.С., Рахмонов А.С., Омаров Ж.А. Исследование коэффициента сцепления автомобильных дорог Республики Узбекистан // “Харбий автотранспорт воситаларида ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш муоммолари” мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Тошкент, 2019 йил 24 май. - Б.126–128.
  14. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z. “Farg‘ona yo‘li” ko‘chasida transport vositalarining harakat miqdori va tarkibini aniqlash // “Avtomobil transportida innovatsiyalar: fan va biznes o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni izlashning asosiy yo‘nalishlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. – Toshkent, 2019. - B.145–147.
  15. Fayzullayev E.Z., Raxmonov A.S., Oxunov F.I., Nosirjonov SH.I. Tog‘ iqlim sharoitining transport harakati xavfsizligiga ta’sirini o‘rganish // Andijon mashinasozlik instituti “Ilm-fan, ta’lim va ishlab chiqarishni innovatsion rivojlantirishdagi zamonaviy muammolar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. 3-qism. - Andijon, 2020. -B.296–301.
  16. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z. Tog‘li yo‘llarda transport vositalarining harakat xavfsizligini ta’minlashda qatnov qismi va burilish radiusining ahamiyati // “Avtotransport vositalaridan murakkab ekspluatatsiya sharoitlarida foydalanish samaradorligini oshirish muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2020 yil 25 noyabr. - B.313–318.
  17. Khakimov Sh., Fayzullaev E., Rakhmonov A., Samatov R. Variation of reaction forces on the axles of the road train depending on road longitudinal slope // E3S Web of Conferences. - Vol. 264, 05030 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405030>. CONMECHYDRO. - Tashkent. - 2021. -B.1-10. (Scopus).
  18. Raxmonov A.S., Abdusamatov E.X. Abruev SH.I. Tog‘li yo‘l sharoitida yo‘l-transport hodisalarining transport oqimi, yo‘l parametrlari va geografik ma’lumotlar asosida tahlil qilish // “Transport va logistika: respublika transport-tranzit salohiyatini rivojlantirishda raqamli texnologiyalar” mavzusidagi respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyasi materiallar to‘plami. -Toshkent, 2021. - B.1045–1051.

19. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z., Nosirjonov Sh.I. Tog‘ sharoitida falokatli holatlar uchun kirish yo‘llarini uzunligini aniqlab grafik holatida tasvirlovchi dastur. Kompyuter dasturi. № DGU 11424, 2021.
20. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z., Nosirjonov Sh.I. Yo‘lning xavfli burilishlarida harakatlanayotgan transport vositasining xavfsiz harakatlanishining kritik tezligi yo‘l qoplamasi sirpanchiq bo‘lgan holatlarda va noqulay ob-havo sharoitlarida aniqlash. Kompyuter dasturi. 2021. № DGU 11420.
21. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z., Nosirjonov SH.I. Chorrahaning transport o‘tkazuvchanligini oshirish va ekologik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish // “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xorij olimlari ishtirokidagi respublika ilmiy-texnikaviy anjuman maqolalari to‘plami. - Toshkent, 2021 yil 18–19 dekabr. -B. 516–521.
22. Raxmonov A.S., Fayzullayev E.Z., Bobonov X.A. Qamchiq dovonida yo‘l-transport hodisalarini transport oqimi va yo‘l kengligiga bog‘liqligini tadqiq qilish // “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” xorij olimlari ishtirokidagi respublika ilmiy-texnikaviy anjuman maqolalari to‘plami. Toshkent, 2021 yil 18–19 dekabr. -B. 513–516.
23. Fayzullaev E., Tursunbaev B., Xakimov Sh., Rakhmonov A. Problems of Vehicle Safety in Mountainous Areas and Their Scientific Analysis // AIP Conference Proceedings. - Vol. 2432. 030099. - Tashkent, 16 June 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0089596>. (Scopus).

Автореферат «ТДТрУ Хабарномаси» илмий-техник журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнларининг мослиги текширилди.



---

Нусха кўпайтирувчи: ЯТТ «Ризаев М.Х.».  
Босишга рухсат этилди: 02.04.2024й.  
Бичими: 21x30<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Адади: 100 нусха.  
Тошкент, Фаровон 4-тор кўча, 35.  
Тел: (+998) 97 737 23 01