

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH  
ASOSIDA BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**XADJIMUXAMETOVA MATLUBA ADILOVNA**

**SARALASH STANSIYASINING TEXNIK VA TEXNOLOGIK  
PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH ASOSIDA TRANSPORT  
JARAYONLARINING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI**

**05.08.03 – Temir yo‘l transportini ishlatish**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

**Doktorlik (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

**Content of the abstract Doctoral (DSc) Dissertation**

**Xadjimuxametova Matluba Adilovna**

Saralash stansiyasining texnik va texnologik parametrlarini optimallashtirish asosida transport jarayonlarining innovatsion texnologiyalari ..... 3

**Хаджимухаметова Матлуба Адиловна**

Инновационные технологии транспортных процессов на основе оптимизации технических и технологических параметров сортировочной станции ..... 29

**Khadhimukhametova Matluba Adilovna**

Innovative technologies of transport processes based on optimization technical and technological parameters of the sorting station ..... 55

**E'lon qilingan ishlar ro'uxati**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 59

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH  
ASOSIDA BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI**

**XADJIMUXAMETOVA MATLUBA ADILOVNA**

**SARALASH STANSIYASINING TEXNIK VA TEXNOLOGIK  
PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH ASOSIDA TRANSPORT  
JARAYONLARINING INNOVASION TEXNOLOGIYALARI**

**05.08.03 – Temir yo‘l transportini ishlatish**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc)  
DISSERTASIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

Fan doktori (DSc) dissertasiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovasiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestasiya komissiyasida B2023.2.DSc/T405 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertasiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertasiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchi:**

**Aripov Nazirjan Mukaramovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Raxmangulov Aleksandr Nelyevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Fayzibayev Sherzod Sabirovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Muxamedjanova Ayjan Vesmovna**  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent  
axborot texnologiyalari universiteti**

Dissertasiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi PhD.15/31.08.2022.T.73.01 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik Ilmiy kengashning 2023 yil 12 avgust soat 15<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'chilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz).

Dissertasiya bilan Toshkent davlat transport universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (116 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'chilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-05-66.

Dissertasiya avtoreferati 2023 yil 31 avgust kuni tarqatildi.  
(2023 yil 30 avgustdagi 19 raqamli reyestr bayonnomasi).



**J.F. Kurbanov**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi, t.f.d. (DSc), professor

**Sh.M.Suyunbayev**

Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
t.f.d. (DSc), professor

**D.X. Baratov**

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

## KIRISH (doktorlik (DSc) dissertasiyasi annotasiyasi)

**Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda transport turlarining o‘zaro hamkorligini samarali tashkil etish va logistik xizmatlarni takomillashtirish asosida yuk tashish ishlarining istiqbolda kutilayotgan hajmiga muvofiq ravishda infratuzilmani rivojlantirish bo‘yicha dastlabki chora-tadbirlarini ishlab chiqish va ularni texnik-iqtisodiy baholashda zamonaviy texnologiya va usullarning qo‘llanilishiga alohida e‘tibor berilmoqda. Jahon miqyosida “... yuk tashish jarayonini boshqarishning umumiy masalalaridagi jami vaqtning taxminan 55 % ni saralash stansiyalarida tranzit vagonlarni qayta ishlanishini boshqarishiga to‘g‘ri kelganligi sababli....<sup>1</sup>”, saralash stansiyalarining o‘tkazuvchanlik va qayta ishlash qobiliyatlaridan samarali foydalanishni tubdan yaxshilash, texnologiyalarni takomillashtirish hamda innovasion texnik vositalar va texnologiyalarni joriy etish zarurati paydo bo‘lgan. Shunga muvofiq ravishda, saralash stansiyalarini rivojlantirish va ularning ishini takomillashtirish, saralash qurilmalarining texnik jihozlanishini rivojlantirish hamda magistral va sanoat temir yo‘l stansiyalarining texnologiyalari xususiyatlarini inobatga olgan holda, tarkiblarni saralash tezligini rostdash asosida vagonlarni saralash tepaligidan tushirish va tormozlashning turli tartiblarini boshqarish imkonini beruvchi vagonlarni saralash jarayonlarini mexanizatsiyalash masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda tortuv-tirkama agregatlarini masofadan boshqarish tizimlarini ishlab chiqish, texnologik marshrutlarni tayyorlash jarayonlarini avtomatlashtirish, manevr lokomotivlarining yuklanganlik darajasini kamaytirish, temir yo‘l stansiyalarini strelkali o‘tkazgich va signallarni boshqarishning zamonaviy qurilmalari bilan jihozlashga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda ustuvor hisoblangan qator tadqiqotlarni amalga oshirish zarur. Jumladan, saralash qurilmalari infrastrukturasi zamonaviy texnik vositalardan, fan va axborot texnologiyalari yutuqlaridan foydalangan holda ilg‘or ilmiy usullar asosida rivojlantirgan holda saralash tepaligining bandlik darajasini kamaytirish va vagonlarni qayta ishlash bo‘yicha texnologik amallarni bajarishga sarflanadigan vaqtni qisqartirish masalalari muhim hisoblanadi. Bunda saralash tepaligi profilini optimallashtirish, saralash va yuk stansiyalarida manevr ishlarini modellashtirish uslubiyatini ishlab chiqish, vagonlarni qayta ishlashdagi kinetik energiyani jamlashning innovasion texnologiyasini hamda saralanishga kelayotgan poyezdlarning rekuperativ tormozlanishining optimal parametrlari va texnologiyasini izlash asoslangan saralash tepaligi ishining funktsionalligi va qayta ishlash qobiliyatini oshirish imkonini beruvchi dasturiy ta‘minotni joriy etish dolzarb masalalarning biri hisoblanadi.

Respublikamizda temir yo‘l sohasini jadal rivojlantirish, yangi temir yo‘l magistralarini qurish, elektrlashtirilgan yo‘llar ulushini ko‘paytirish,

---

<sup>1</sup>[https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%A8%D0%B5%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B4.pdf?id\\_wm=720935](https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%A8%D0%B5%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B4.pdf?id_wm=720935).

mamlakatimizning tashqi savdo yuklarini asosiy jahon va mintaqaviy bozorlarga chiqarish uchun xalqaro transport yo‘laklari miqyosini kengaytirish va ularning faoliyatini yanada takomillashtirish, moslashuvchan tarif siyosatini qo‘llash borasida keng ko‘lamli tadbirlar amalga oshirilmoqda, va bu borada ma‘lum natijalarga erishildi. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan, “Barcha transport turlarini uzviy bog‘lagan holda yagona transport tizimini rivojlantirish ..., transport va logistika xizmatlari bozori va infratuzilmasini rivojlantirish ..., transport sohasida tashqi savdo uchun “yashil yo‘laklar” hamda tranzit imkoniyatlarini kengaytirish ..., xavfsizlik, savdo-iqtisodiy, suv, energetika, transport va madaniy-gumanitar sohalardagi yaqin hamkorlikni sifat jihatidan yuqori bosqichga olib chiqish”<sup>2</sup> bo‘yicha muhim maqsadlar belgilab berilgan. Ushbu maqsadlarga erishishda, jumladan, saralash tepaligining optimal parametrlarini izlash usullari, algoritmlari va instrumental vositalarini ishlab chiqish, amaliy masalalar asosida vagonlarni qayta ishlash stansiyalarida mahalliy poyezdlarni shakllantirish va jo‘natish, shuningdek tarkiblarni saralash sharoitlari va har bir uzilmaning xususiyatlarini hisobga olgan holda transport jarayonlarining innovasion texnologiyalarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni, 2017-yil 2-dekabrda “2018-2022 yillarda transport infratuzilmasini takomillashtirish va yuk tashishning tashqi savdo yo‘nalishlarini diversifikatsiyalash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-3422-sonli, 2019-yil 22-avgustdagi “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejavchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4422-sonli, 2020-yil 10-iyuldagi “Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg‘i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4779-sonli Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertasiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining: II. “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik”, ITD-3 – “Energetika, energiya, resurs tejamkorlik, transport, mashina va asbobsozlik” kabi ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Dissertasiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharhi**<sup>3</sup>. Saralash

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сонли Фармони

<sup>3</sup> <https://wsu.edu/>, <https://www.ncl.ac.uk/newrail/people/tsg/>, <https://www.bg.ac.rs/en/>, <http://en.njtu.edu.cn/>, <https://www.curtin.edu.au/about/history-facts/history/curtin-university-of-technology/>, <http://www.iitkgp.ac.in/>, <https://www.tu-braunschweig.de/>, <https://rut-miit.ru>, <http://www.pgups.ru/>, [www.diiit.edu.ua](http://www.diiit.edu.ua), <https://www.bsut.by/>, <https://alt.edu.kz/>, <https://tstu.uz>

stansiyalarining ish ko'rsatkichlarini yaxshilashga va vagonlarni qayta ishlashning texnologik jarayonlarini optimallashtirishga qaratilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar qator mamlakatlarning yetakchi ilmiy markazlari, universitet va ilmiy-tadqiqot institutlarida, jumladan: Washington State University (AQSH), Newcastle Centre for Railway Research University (Buyuk Britaniya), Curtin University of Technology (Avstraliya), University of Belgrade (Cerbiya), Beijing Jiaotong University (Xitoy), Indian Institute of Technology Kharagpur (Hindiston), Technische Universitat Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig (Germaniya), Rossiya transport universiteti (Rossiya), Peterburg davlat temir yo'l universiteti (Rossiya), Dnepropetrovsk milliy temir yo'l transporti universiteti (Ukraina), Belorussiya davlat transport universiteti, Logistika va transport akademiyasi (Qozog'iston), Toshkent davlat transport universiteti (O'zbekiston) va boshqalarda keng ko'lamda olib borilmoqda.

Jahonda saralash qurilmalarini ishlatishning nazariyasini va amaliyotini rivojlantirish bo'yicha dunyoda olib borilayotgan tadqiqotlar natijasida bir qator ilmiy natijalarga erishilgan, xususan balkali vagon sekinlatgichlar ishlab chiqilgan (Hindiston), temir yo'l saralash va yuk stansiyalarining qayta ishlash qobiliyatini oshirish tizimi takomillashtirilgan (Kanada), vagonlarni yuk ob'yektlariga yetkazib berish uchun boshqaruvchisi bo'lmagan lokomotivlar joriy etilgan (Rossiya), vagonlarni uzilmalarga surib berishi uchun tortuvchi agregatlar ishlab chiqilgan (Germaniya), vagonlarni tormozlash qurilmalarining energiya sarfini kamaytirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish tizimlari yaratilgan (AQSH, Xitoy).

Dunyoda magistral va sanoat temir yo'l stansiyalarida saralash ishlarini bajarishda vagonlarni qayta ishlash samaradorligini oshirish bo'yicha bajarilgan bir qator asosiy yo'nalishlardagi, jumladan quyidagi ustuvor yo'nalishlardagi ilmiy-tadqiqot ishlari: poyezdlarni saralash jarayonining monitoringi va baholash usullarini takomillashtirish, uzilmalarning tormozlanishini boshqarishda sun'iy intellektga asoslangan usullarni qo'llash, yuklamasi turli hil bo'lgan vagon guruhlarini tarqatish tezligini rostdash tizimini ishlab chiqish va tashish jarayonining saralash ishlarida vagonlarning me'yoridan ortiq turish vaqtini kamaytirish bo'yicha olib borilmoqda.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Magistral va sanoat temir yo'l stansiyalarida saralash ishlarini tashkil etish nazariyasini ishlab chiqish bo'yicha jahondagi yirik tadqiqotchilar, jumladan, V.N.Obrazsov, S.D.Koreysha, YE.A.Gibshman, S.V.Zemblinov, S.G.Pisarev, P.V.Bartenev, F.P.Kochnev, I.I.Savchenko, V.D.Nikitin, N.I.Fedotov, N.R.Yushenko, I.I.Strakovskiy, L.B.Tishkov, YU.A.Muxa, V.I.Bobrovskiy, V.L.Arnold, YE.V.Arhangelskiy, I.V.Berestov, S.A.Bessonenko, M.G.Dashkov, S.V.Karasev, A.A.Klimov, X.T.Turanov, V.YE.Pavlov, N.V.Pravdin, T.S.Banek, VYA.Negrey, S.A.Pojidayev, A.G.Savitskiy, N.I.Fedotov, A.N.Frolov, Qingyong Y. Li, Weiwei W. Fang, Ruifang Tang, Ziyulong Wang, Milica Micic, Zdenka Popović, Brendan Murphy, Laurie Williams, V.N.Sheluxin, V.G.Shubko, I.Yefimenko, V.M.Akulnichev, M.N.Lugovsov, S.N.Shmal va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Yurtimizda bir qator olimlar yuk poyezdlari harakatini o'zgarmas grafik asosida tashkil etish, terminal va uchastkalarda vagonlar oqimini tashkil etishda tezkor rejalashtirish, tarkiblarni tarqatishda temir yo'l avtomatika va telemexanikasining zamonaviy qurilmalarini rivojlantirish, shuningdek avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini rivojlantirish hisobiga temir yo'l transportini ishlatish ko'rsatkichlarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlar olib borgan. Jumladan I.I.Ibragimov, S.S.Maskel, N.M.Aripov, A.Sh.Shorustamov, R.Y.Abdullayev, J.F.Kurbanov, Sh.M.Suyunbayev, A.A.Svetashev, D.B.Butunov, Sh.U.Saidivaliyev, Sh.B.Djabbarov va boshqalar bu sohada turli yillarda o'z tadqiqotlari asosida ijobiy natijalarga erishganlar.

Ushbu sohada yuqori ko'rsatkichlarga erishilgan bo'lsada, saralash stansiyalarining va tepaliklarining ishini boshqarishdagi avtomatlashtirilgan tizimni va loyihalashning zamonaviy usullarini yaratish bilan bog'liq bo'lgan ilmiy muammolar yetarli darajada o'rganilmagan. Mazkur dissertasiya ishida stansiyaga kelgan poyezdlarni qabul qilishda energiya samarali texnik va texnologik yechimlar; saralash tepaliklarining funksional va texnologik xususiyatlarini hisobga olgan holda, saralash tepaliklarini loyihalash uchun Braxistoxron egriliklarni qo'llanilishi; turli turkumdagi vagonlarning ruxsat etilgan eng yuqori tezlik bilan saralash tepaligidan harakatlanishini ta'minlash uchun, uning profilini optimallashtirish asosida transport jarayonlarining innovasion texnologiyalari; saralash tepaligining saralash yo'llarida tormozlash tartibini takomillashtirilishi; transport vositalarini qayta ishlashning jadalligini ta'minlash uchun yuk terminallari va stansiyalari tutashgan saralash stansiyasining o'zaro ta'sir etuvchi parametrlarini optimallashtirilishi taklif etilgan.

**Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertasiya tadqiqoti Toshkent davlat transport universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga kiritilgan 2303-01/03/06/2019 "O'zbek metallurgiya kombinati" AJ yangi logistik markazining terminalini qayta ishlash qobiliyatini tadqiq etish" (2019-2020), "O'TY" AJda №1 "Signallashtirish va aloqa" Boshqarmasining radioaloqani me'yoriy-texnik xujjatlarini yangilash bo'yicha takliflarni ishlab chiqish № 587-78/17 Innovasion usullar asosida Chuqursoy temir yo'l stansiyasining faoliyatini takomillashtirish (2021) mavzulari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** saralash stansiyasining texnik va texnologik parametrlarini optimallashtirish asosida transport jarayonlarining innovasion texnologiyalarini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

stansiyaga kelgan poyezdlarni qabul qilishda energiya samarali texnik va texnologik yechimlarni ishlab chiqish;

saralash tepaliklarini loyihalashni takomillashtirishning, saralash stansiyalarida yuklarni tashishni texnik va texnologik ta'minlashning zamonaviy holatini tizimli tahlil etish va mavjud muammolarini o'rganish;

saralash tepaliklarining funksional parametrlarini aniqlashning mavjud usullarini va nazariy asoslarini tadqiq etish;

saralash tepaliklarini loyihalash uchun ularning funksional va texnologik

xususiyatlarini hisobga olgan holda, Braxistoxron egriliklarining qo'llanilish zaruriyatini asoslash;

turli turkumdagi vagonlarning ruxsat etilgan eng yuqori tezlikda saralash tepaligidan harakatlanishini ta'minlash uchun saralash tepaligi profilini optimallashtirish asosida transport jarayonlarining innovasion texnologiyalarini ishlab chiqish;

saralash tepaligi osti yo'llarida tormozlash tartibini takomillashtirish;

transport vositalarini qayta ishlashni jadallashtirish uchun saralash stansiyalariga birikkan stansiyalar va yuk terminallari hamkorligini ta'minlovchi parametrlarni optimallashtirish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida saralash stansiyalari va saralash qurilmalarining infratuzilmasi olingan.

**Tadqiqotning predmeti** sifatida transport jarayonlarining innovasion texnologiyalari, saralash stansiyalarining texnik va texnologik parametrlari olingan.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil va matematik statistika, ehtimollar, ommaviy xizmat ko'rsatish, transport oqimlarini boshqarish, neyron tizimi, shuningdek transport logistikasi nazariyalaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

siqilgan havoni to'plash hisobiga saralash stansiyasining qabul qilish parkiga kelgan poyezdning yo'qotgan kinetik energiyasini rekuperatsiya rejimini qo'llash asosida elektr, shuningdek pnevmatik energiyaga o'zgartirishning innovasion texnologiyasi yaratilgan;

Braxistoxron egriliklar asosida turli turkumdagi vagonlar mumkin bo'lgan eng katta tezlikda saralash tepaligidan harakatlanishini hisobga olgan holda uning profilini optimallashtirish usuli takomillashtirilgan;

Bellman optimallik mezonlari asosida saralash tepaligi profilining vagonlar harakatini tezlatish elementlarini me'yorlashning yangicha yondashuvi tushish qismi qiyaliklarining ketma-ketlikda pasayish shartini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan;

saralash parkida vagonlarni tormozlash qurilmasi saralanuvchi uzilmaning og'irligi hamda qurilmaning harakatlantiruvchi dastagi roligida maksimal kuchlanishni hisobga olgan holda takomillashtirilgan;

saralash stansiyasining mahalliy vagon oqimlarini tashkil etish bo'yicha faoliyatini matematik modellari uzatuvchi poyezdlarning optimal sonini hisobga olgan holda keltirilgan harajatlarni minimallashtirish asosida ishlab chiqilgan;

shahar logistikasi tizimida saralash va yuk stansiyalari hamkorligining ilg'or usuli mahalliy yuklarni iste'molchilarga muddatida yetkazib berish talablarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

saralash stansiyasiga qayta ishlash uchun qabul parkiga kelgan poyezdlarning rekuperativ tormozlanishi pnevmatik energiyasini to'plash tizimi yaratilgan;

saralash yo'llarida vagonlarning yetib borish masofasini hisobga olgan holda saralash tepaligining optimal parametrlarini, shuningdek poyezdlarni tuzishda qayta saralanadigan vagonlarning sonini va ish ko'lamini izlashning algoritmi va

instrumental vositalari ishlab chiqilgan;

tepalikning qayta ishlash qobiliyatini oshirish maqsadida saralash yo‘llarining to‘lishini hisobga olgan holda uzilmalarning kinematik parametrlari haqidagi ma’lumotlar asosida saralash stansiyasining texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarish tizimi takomillashtirilgan;

vagonlar tezlashedigan yo‘llarining elementlarini to‘g‘rilash uchun Braxistoxron egriliklari asosida “Chuqursoy” stansiyasidagi saralash tepaligining tushish qismi profilining asosiy parametrlari belgilangan va asoslangan (“O‘TY” AJning 17.10.2022 yildagi 526-sonli buyrug‘i);

shaharda joylashgan yuk terminallariga vagonlarni va konteynerlarni uzatish talablarini hisobga olgan holda, saralash stansiyasida mahalliy poyezdlarni tuzish va jo‘natishning modellari, algoritmlari va dasturiy vositalari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy usullar va qonunlar asosida nazariy tadqiqotlar olib borilganligi, ishlab chiqilgan matematik model va dasturlar asosida olingan, tarkiblarni tarqatish va uzilmalarning dumalash davomiyligining hisobiy ko‘rsatkichlarning natijalariga mosligi, tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan taklif va tavsiyalarning amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati transport jarayonlari texnologiyalarining, tizim elementlarining qayta ishlash qobiliyatini oshirish va yuklarni konteyner va vagonlarda o‘z vaqtida va sifatli yetkazib berish bo‘yicha optimal yechimlarni izlash hisobiga saralash tepaliklarning, terminallarning va turli transport vositalarning unumdorligini oshirishga imkoniyat beruvchi, ruxsat etilgan tezlik bilan turli turkumdagi vagonlarning dumalashning tezlanishi uchun saralash tepaligi profilini optimallashtirish, modellari, algoritmlari va ilmiy-nazariy asoslari olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati saralash tepaligining qayta ishlash qobiliyatini oshirish, saralash yo‘llarida vagonlarning dumalash masofasini uzaytirish, vagonlarni qayta saralanishini kamaytirish, saralash ishlarining xavfsizlik darajasini oshirish va shu bilan birga saralash tepaligining faoliyatini oshirishga imkoniyat beradigan saralash tepaligi parametrlarining optimal qiymatlarini izlashning instrumental vositalarini ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Saralash stansiyasining texnik va texnologik parametrlarini optimallashtirish asosida transport jarayonlarining innovasion texnologiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

saralash tepaligi bo‘ylama profilining optimal parametrlarini izlashning algoritmlari va instrumental vositalari “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJda joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Transport Vazirligining 26 may 2023 yildagi 2/3463 sonli ma’lumotnomasi). Natijada tizim elementlarining qayta ishlash qobiliyatini oshirish bo‘yicha yechimlarni optimal izlash hisobiga, saralash tepaligining, yuk terminallarining va turli transport vositalarining unumdorligini oshirishga imkoniyat beruvchi, ruxsat etilgan eng katta tezlikda turli turkumdagi

vagonlarning saralash tepaligidan harakatlanishi uchun uning profilini optimallashtirishga erishilgan;

pnevmatik energiyani to'plash tizimi "O'zbekiston temir yo'llari" AJning Chuqursoy saralash stansiyasida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport Vazirligining 26 may 2023 yildagi 2/3463 sonli ma'lumotnomasi). Ushbu tizim qabul qilish parkiga kelgan poyezd tomonidan tormozlash jarayonida hosil qiladigan kinetik energiyasini to'plash hisobiga tejamkorlikni oshiradi. Bunda bir yilda bitta poyezd uchun 9977,3 ming so'm iqtisod qilingan;

maxalliy ishlarga xizmat ko'rsatish uchun saralash stansiyasida manyovr ishlarini modellashtirish usuli "O'zbekiston temir yo'llari" AJning Chuqursoy saralash stansiyasida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport Vazirligining 26 may 2023 yildagi 2/3463 sonli ma'lumotnomasi). Natijada saralash stansiyasining to'planish nohiyasi uchun maxalliy poyezdlarni shakllash va jo'natishning modellari va algoritmlari ishlab chiqilgan, buning natijasida shahar ichida katta xajmli avtomobillarning harakat miqdori va masofasi kamayganligi hisobiga vagonlar va konteynerlarning shahar ichida joylashgan yuk terminallarigacha yetib kelishi ta'minlanadi. Joriy etilishidan olingan iqtisodiy samaradorlik bir yilda 285000 ming so'mni tashkil etgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi.** Tadqiqot natijalari 29 ta ilmiy-amaliy anjumanlar, shu jumladan 3 ta Scopus bazasidagi ilmiy anjumanda, 10 ta xalqaro va 16 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida aprobasiyadan o'tgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 72 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 29 ta maqolalar, jumladan 17 ta respublika va 12 ta chet el ilmiy jurnallarida hamda 5 ta Scopus bazasiga kiruvchi to'plamlarda nashr etilgan, 6 ta EHM uchun dasturlar va ma'lumotlar bazasiga guvohnoma olingan.

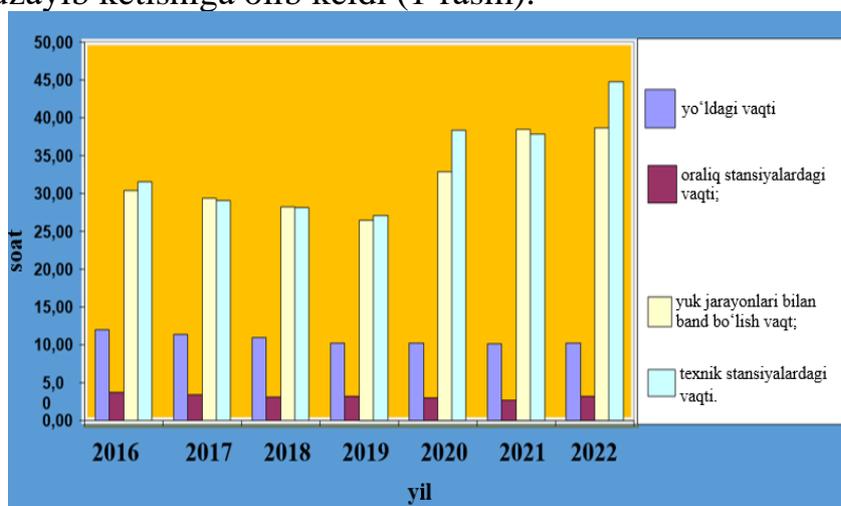
**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 5 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 200 betni tashkil etadi.

## DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida ilmiy ishning dolzarbligi va zarurligi, tadqiqot maqsadi va vazifalari shakllantirilib, tadqiqot obyekti va predmeti tavsifi keltirilgan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilib, uning ishonchliligi, nazariy va amaliy ahamiyati asoslangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ilmiy tadqiqot natijalarining ishlab chiqarishga joriy etilganligi haqidagi ma'lumotlar, hamda chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishiga oid ma'lumotlar berilgan.

Dissertasiyaning “**Saralash stansiyalarining zamonaviy holati va ular parametrlarini optimallashtirish muammolari**” deb nomlangan birinchi bobida saralash stansiyalarining texnik-texnologik parametrlari tahlil qilinib, vagonlarga ishlov berish jarayonini optimallashtirishni takomillashtirishga doir xorijiy mamlakatlar tajribasi o‘rganilgan, shuningdek saralash stansiyalari mahalliy ishlarini qurishning mavjud usullari va xususiyatlari tadqiq etilgan.

Vagonlar aylanmasi va uning tarkibiy elementlari tahlili o‘tgan yillar davomida vagonlarning harakatda bo‘lish vaqti qisqarib borishi kabi salbiy hodisa kuzatilayotganini ko‘rsatdi. Misol uchun, 2016 yilda uning ulushi 17% ni tashkil etgan bo‘lsa, 2021 yilga kelib u 13% ga tenglashgan. Bunda vagonlarning texnik stansiyalardagi turib qolish vaqti aylanma (oborot) vaqtining 43% dan 49% gacha o‘shishi ro‘y berdi. Bu, o‘z navbatida, vagonlarning texnik stansiyalardagi turib qolish vaqti uzayib ketishiga olib keldi (1-rasm).



1-rasm. Vagon aylanmasi tarkibiy qismlarining yillar bo‘yicha o‘zgarishi

Qator saralash qurilmalari bilan amalga oshirilgan tahlil asosida aniqlanishicha, ishlov berilayotgan vagonlarga ishlov berish davomiyligi texnologik meyorlarining oshirib yuborilishining asosiy sababi saralash tepaligining ayrim parametrlari, ya‘ni balandligi va profilining talab etilgan sharoitlarga nomuvofiqligidir.

Temir yo‘l ishini tavsiflab keladigan asosiy ko‘rsatkich – yuklar jo‘natish bo‘lib, u o‘tgan yil darajasiga nisbatan 17,8% ga oshgan. Ko‘rib chiqilayotgan davrda yo‘lovchilarni tashish hajmlari ham 10,1% ga o‘sgan. Yuk tashishlarni amalga oshirishda saralash stansiyalari muhim o‘rin tutib, ular vagonlarni yo‘nalishlar bo‘yicha saralash ishlarini bajarishlari lozim va buning uchun ular tegishli qurilmalar – tepaliklar bilan jihozlanadilar.

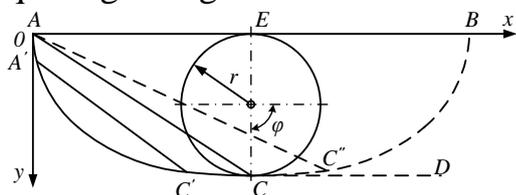
Yuqorida bayon etilgan fikrlar innovasion texnologiyalarni qo‘llagan va O‘zbekistonning mintaqaviy iqlim sharoitlarini va ishlatilayotgan harakatlanuvchi tarkib texnik parametrlarini hisobga olgan holda saralash tepaliklarini loyihalash uslublarini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatib berdi.

Dissertasiyaning ikkinchi “**Saralash qurilmalarining parametrlarini hisoblashning uslubiy asoslari**” bobi tadqiq etilayotgan masala bo‘yicha mamlakatimizda va xorijda bajarilgan ilmiy tadqiqotlarning taxliliga, resurs tejamkorlikni hisobga olgan holda saralash tepaligining profil elementlarini va

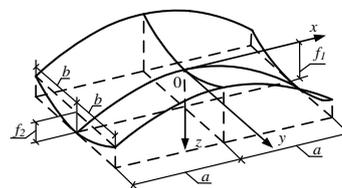
sirtini optimallashtirishga, saralash tepaligining bo‘ylama profilini matematik modellashtirishga bag‘ishlangan.

Saralash tepalikning bo‘ylama profilini tepalik cho‘qqisi, tezlanish va oraliq uchastkalari, tormoz pozitsiyasining uchastkasi, strelkali zona va hisobiy nuqtadan tashkil topgan gravitasion qurilma ko‘rinishida tasavvur qilish mumkin. Gravitasion energiyaning harakatni kinetik energiyasiga aylanishi tezlanish uchastkasida sodir bo‘lib, bunda qiya joylashgan yo‘lning to‘g‘ri chiziq trayektoriyasidan farqli har qanday berilgan trayektoriyaga ega bo‘lishi mumkin.

Ushbu tarzda, bo‘ylama profil elementlari dumalashning yuqori tezlanish egriligi – braxistoxron ko‘rinishida bajarilgan, vagonning dumalash trayektoriyasi bir muncha ahamiyatga egadir. Braxistoxron – sikloidning o‘girilgan yoyi ASB ko‘rinishida bo‘lib,  $\varphi$  doirasining burilish burchagi 0 dan  $2\pi$  gacha o‘zgarganda, sirapanishlarsiz yo‘naltiruvchi to‘g‘ri chiziq AEB bo‘yicha, dumalanishida  $r$  radiusli doirani amalga oshirganda hosil bo‘ladi (2–rasm). Sikloidning istalgan uchastkasi braxistoxron bo‘lishi mumkin, ya‘ni A nuqtadagi boshidan C (C', C'') nuqtaning oxirigacha.



2-rasm. Eng tez tushib kelish egri chizig‘i

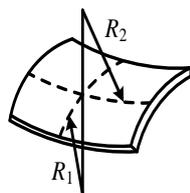
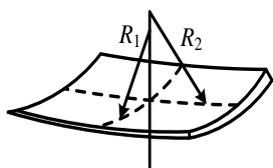


3-rasm. Giperbolik paraboloid

Vagonning og‘irlik kuchi ta‘sirida AS egri chizig‘i yoki uning istalgan qismi (masalan, A‘C‘) bo‘yicha tushib kelishi egri chiziqning uchlarini birlashtirib turgan shu kabi to‘g‘ri chiziqdan tushishga nisbatan tezroq ro‘y beradi, chunki braxistoxrona bo‘ylab tushish tezligi hamisha qiya to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tushishga nisbatan kattaroq bo‘ladi. Saralash tepaligi bo‘ylama profilini shakllantirish uchun manfiy Gauss egriligiga ega bo‘lgan qobiqlardan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Manfiy Gauss egriligiga ega bo‘lgan qobiqlar deb tepaga bo‘rtik ko‘rinishli parabola bilan berilgan  $2a$  va  $2b$  tomonlariga ega,  $2a$  tomon ustidagi  $f_1$  ko‘tarish strelasi bo‘lgan, hamda pastga bo‘rtik parabolali,  $2b$  tomoni ustidan  $f_2$  osilish strelasiga ega bo‘lgan, giperbolasimon yuzga bo‘ylab chizilgan qobiqlarga aytiladi (3-rasm).

Giperbolik paraboloidning umumiy ko‘rinishdagi yuzaning tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

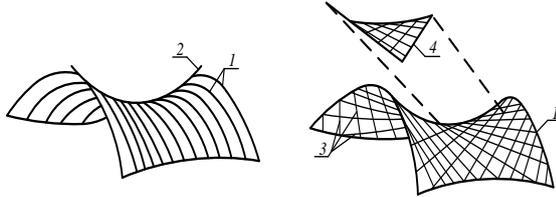
$$z = f_1 \left( \frac{x}{a} \right)^2 - f_2 \left( \frac{y}{b} \right)^2 \quad (1)$$



4-rasm. Ikki xil – musbat (a), ham manfiy (b) egrilikka ega yuzalar

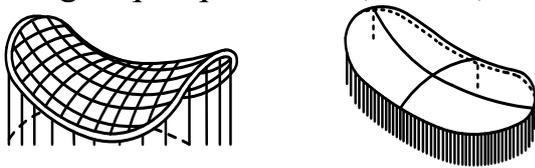
Egrilik belgisi egrilik radiuslari markazlarining yuzaga nisbatan joylashishiga bog‘liq. Markazlar uning bir tomonida joylashganida,  $K$  musbat qiymatga, har ikki tomonida joylashganida esa – manfiy qiymatga ega (4-rasm).

Egrilik shoxobchalari bo‘lgan parabolaning siljishi tufayli hosil bo‘lgan salbiy yuzaga odatiy misol qilib parabola bo‘ylab yuqoriga intilgan, shoxlari pastga qaragan giperbolik paraboloidni keltirish mumkin (5-rasm).



**5-rasm. Giperbolik paraboloid:** 1 – uchi yuqoriga qaragan parabola (hosil qiluvchi); 2 - uchi pastga qaragan parabola (yo‘naltiruvchi); 3 – to‘g‘ri generatorlar; 4 – makoniy to‘rtburchak – gipar

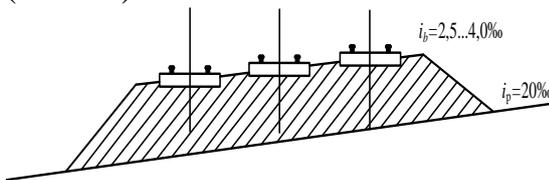
Vagonlar va uzilmalarning tepalik yuzasi bo‘ylab tez sirg‘alib tushishini ta‘minlash uchun giperbolik paraboloid tarzida taklif etilib, uchi pastga qaragan parabola (5–rasm) bu yo‘naltirgich bo‘lib, u braxistoxrona bilan almashtiriladi, yakunda saralash tepaligi yuzasini loyihalash uchun manfiy Gauss egriligiga ega bo‘lgan qobiqlar olindi (6–rasm).



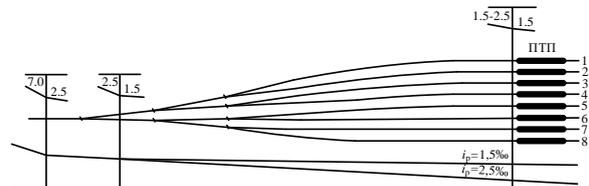
**6-rasm. Manfiy Gauss egriligiga ega bo‘lgan qobiqlar**

Saralash tepaligini loyihalashtirish uchun braxistoxrona egar nuqtasidan olingan qobig‘ining yarmini (saralashni chapdan-o‘ngga yo‘naltirish uchun – chap yarmini, o‘ngdan chapga yo‘naltirish uchun esa – o‘ng yarmini) tanlaymiz.

Amaldagi meyorlarga muvofiq tutamdagi yer polotnosining ko‘ndalang profilini 0,02 qiyalik bilan bir tushishli yoki ikki tushishli qilib jihozlash zarur (7-rasm).



**7-rasm. Saralash parki yo‘llar bog‘lamining ko‘ndalang profili**

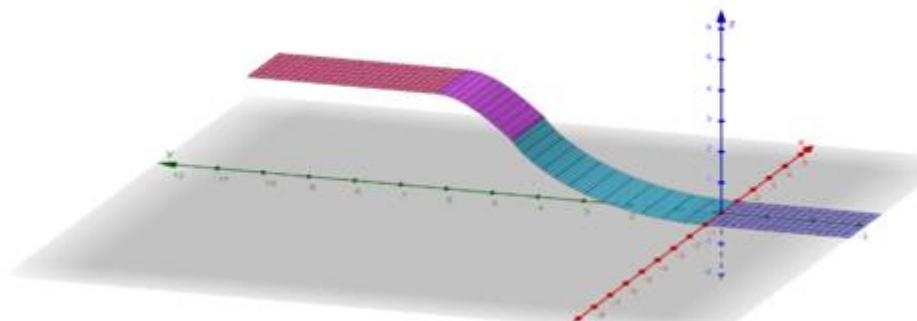


**8-rasm. Saralash parki yo‘llar bog‘lamining bo‘ylama profili**

Tutamning ko‘ndalang qiyalikka ega bo‘lishiga har bir saralash yo‘lida tutam strelkasidan so‘ng bo‘ylama profil qiyaliklarini o‘zgartirish (ballast prizmasi qalinligini o‘zgartirish hisobiga) bilan erishiladi. Ko‘rinib turibdiki, maksimal ko‘ndalang qiyalikka tutamning eng chekka yo‘llarini, mos ravishda yo‘l qo‘yiladigan maksimal va minimal bo‘ylama qiyaliklar bilan loyihalashtirish sharti orqali erishiladi, ya‘ni  $i_{sz1} = 2,5 \%$  va  $i_{sz8} = 1,5 \%$  (8-rasm).

Bir necha qismlardan, ya‘ni bir necha yuzalardan tashkil topgan saralash tepaligi yuzasining matematik modelini quramiz. Umumiy yuza sifatida to‘g‘ri chiziqli yuzani olamiz. U sathga izometrik bo‘lib hisoblanadi, ya‘ni sath (yassilik) o‘z masofasi va burchagini saqlab qolgan holda F yuzaga o‘ta oladigan qilib aks ettirilishi mumkin.

OXY sath ustidagi yuzani bir qiymatli F proyektiv yuza sifatida ko‘rib chiqamiz. Bu holda OXY sath – bu tepalikning eng quyi qismi orqali o‘tadigan sath bo‘lib, OZ o‘qi esa unga perpendikulyar bo‘lgan o‘q deb qabul qilingan.



9-rasm. Koordinatalar tizimidagi F yuzaning ko‘rinishi

F yuzaning qismlarini quyidagi tartibda ajratib, uni quyidagicha taqdim etish mumkin (9-rasm):

$$F = \begin{cases} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda:

$$F_1 = \begin{cases} x = v_1 & -\infty < v_1 < \infty \\ y = u_1 & -\infty < u_1 < 0 \\ z = H & H \in \text{cons} \end{cases} \quad F_2 = \begin{cases} x = v_2 & -\infty < v_2 < \infty \\ y = -u_2 + p & 0 < u_2 < u_0 \\ z = a \cdot e^{-bu_2^2} + q \end{cases} \quad (3)$$

$$F_3 = \begin{cases} x = v_3 \\ y = \frac{k}{\sqrt{2}}(u_3 + \sin u_3) \\ z = \frac{k}{\sqrt{2}}(1 - \cos u_3) \end{cases} \quad F_4 = \begin{cases} x = v_4 & -\infty < v_4 < \infty \\ y = u_4 & 0 < u_4 < \infty \\ z = 0 \end{cases}$$

$F_1$  bu holda yuzga deb qaraladi. Birinchi navbatda ana shu nuqtadagi yuzaga nisbatan normal vektorini topamiz.

$$F_2 : \begin{cases} \vec{r}_{v_2} = \{1:0:0\} \\ \vec{r}_{u_2} = \{0:1:-2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2}\} \end{cases} \quad F_3 : \begin{cases} \vec{r}'_{v_3} = \{1:0:0\} \\ \vec{r}'_{u_3} = \left\{0: \frac{k}{\sqrt{2}}(1 + \cos u_3) : \frac{k}{\sqrt{2}}(\sin u_3)\right\} \end{cases}$$

Shundan foydalanib, normal vektorni aniqlanishiga muvofiq:

$$\vec{n}_{F_2, \gamma_2} = \left[ \vec{r}_{v_2}, \vec{r}_{u_2} \right], \quad \vec{n}_{F_3, \gamma_2} = \left[ \vec{r}'_{v_3}, \vec{r}'_{u_3} \right] \quad (4)$$

Vektorlar normallari  $\vec{n}_{F_2, \gamma_2}$  va  $\vec{n}_{F_3, \gamma_2}$  o‘zaro teng bo‘lishlari uchun,  $\vec{r}_{v_2}$  va  $\vec{r}'_{v_3}$  vektorlari tengligidan foydalanib, quyidagi tenglik bajarilishi talab etiladi:  $\vec{r}_{u_2} = \vec{r}'_{u_3}$ . Bundan foydalanib,  $\gamma_2$  to‘g‘ri chiziq tenglamasini topish mumkin. Bunda:

$$\begin{cases} \frac{k}{\sqrt{2}}(1 - \cos u_3 + \sin u_3) = 1 \\ \frac{k}{\sqrt{2}}(-1 + \cos u_3 + \sin u_3) = -2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} \end{cases} \quad (5)$$

Tenglamalar tizimidan:

$$\begin{aligned}\frac{k}{\sqrt{2}}(1 + \cos u_3) &= 1 \\ \cos u_3 &= \frac{\sqrt{2}}{k} - 1 \\ u_3 &= \arccos\left(\frac{\sqrt{2}}{k} - 1\right)\end{aligned}\quad (6)$$

$u_3$  qiymatini (5) tenglamalar tizimidagi (2) tengligiga qo'yish bilan quyidagi tenglamalarni olamiz:

$$\begin{aligned}2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{k}{\sqrt{2}} \sin u_3 \\ 2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{\sqrt{2}}{k} \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{2}}{k} - 1\right)^2} \\ u_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{k}{2\sqrt{2}ab} \cdot \sqrt{\frac{2}{k^2} - \frac{2\sqrt{2}}{k}}\end{aligned}\quad (7)$$

uni soddalashtirib, quyidagicha yozib olamiz:

$$u_2 \cdot e^{-bu_2^2} = A \quad (8)$$

Bu holda  $A = \frac{k}{2\sqrt{2}ab} \cdot \sqrt{\frac{2}{k^2} - \frac{2\sqrt{2}}{k}}$  ga teng.

(7) tenglamasi b va A sonlari uchun Maple matematik paketidan foydalangan holda hal qilinadi. Maple muhitida u quyidagi tarzda kiritiladi:

- Restart
- fun:=u2exp(-b\*u2)=A;
- sole(fun, u);
- u2=natija

Endi berilgan yuza F ning har bir qismi uchun birinchi kvadratlik shaklni alohida hisoblab chiqamiz.

Yuza uchun:

$$F_1: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1 \end{cases} \quad I_{F_1} = du_1^2 + dv_1^2 \quad F_2: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1 + 4a^2b^2u_2^2e^{-2bu_2^2} \end{cases} \quad I_{F_2} = dv_2^2 + (1 + 4a^2b^2u_2^2e^{-2bu_2^2})du_2^2 \quad (9)$$

$$F_4: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1 \end{cases} \quad I_{F_4} = dv_4^2 + du_4^2 \quad F_3: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=k^2(1 + \cos u_3) \end{cases} \quad I_{F_3} = dv_3^2 + k^2(1 + \cos u_3)dU_3^2$$

Yuzadagi muntazam chiziq uzunligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$l = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{\Pi} dt \quad (10)$$

Agar berilgan chiziq  $\tilde{\gamma}$  ni biz ko'rib chiqayotgan yuza ustida  $\tilde{\gamma}_1, \tilde{\gamma}_2, \tilde{\gamma}_3$  va  $\tilde{\gamma}_4$ , yig'indisi deb qabul qilsak, ya'ni agar biz u  $\tilde{\gamma}_{i+1}$  ( $i=1,2,3$ ) ning oxiridan boshlanadi

deb hisoblasak, bu holda to'g'ri chiziq uzunligi har bir kesim uzunliklarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Endi quyidagi integrallardan foydalanib har bir egik chiziq uzunligini hisoblab topamiz:

$$l(\tilde{\gamma}_1) = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{1} dt = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{1} dt = t_1 - t_0; \quad l(\tilde{\gamma}_2) = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 + 4a^2 b^2 t_1^2 \cdot e^{-2bt^2}} dt;$$

$$l(\tilde{\gamma}_3) = \int_0^{a_0} k \sqrt{1 + \cos t} dt; \quad l(\tilde{\gamma}_4) = \int_0^{t_4} \sqrt{1} dt = t_4.$$
(11)

Urinma yuza yo'nalishidagi normal egrilik  $\tau(du, dv)$ :

$$K_N = \frac{Ldu^2 + 2Mdudv + Ndv^2}{Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2}$$
(12)

bu yerda E, F, G va L, M, N – kvadratik shakl koeffitsiyentlari.

$$L = \frac{(r_{uu}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG - F^2}}, \quad M = \frac{(r_{uv}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG - F^2}}, \quad N = \frac{(r_{vv}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG - F^2}}$$
(13)

Agar  $\vec{a}$  yo'nalishda  $k_n=0$  bo'lsa, unda u asimptotik yo'nalish deb ataladi  $k_n = 0 \Leftrightarrow II = 0$ , shuning uchun ikkinchi kvadratik shaklni 0 (nolga) teng deb faraz qilib,  $F_3$  yuzasining asimptotik yo'nalishini aniqlaymiz.

$F_3$ , yuzasi uchun ikkinchi kvadratik shaklni topish uchun quyidagilarni aniqlab olamiz:

$$r_{u_3 v_3} = \{0:0:0\}; \quad r_{v_3 u_3} = \{0:0:0\}; \quad r_{u_3 u_3} = \left\{ 0: -\frac{k}{\sqrt{2}} \sin c: \frac{k}{\sqrt{2}} \cos u_3 \right\}$$
(14)

Tepalikdan tushirilayotgan vagon tarkibga qo'shila olishi uchun u o'zi harakatlanayotgan yo'nalishdan farqli boshqa yo'lga o'tishi talab etiladi. Vagon buni  $F_3$  yuzada amalga oshiradi. Harakatlanish yo'li geodezik chiziq hisoblanib, o'z navbatida, u eng qisqa, shu bilan birga, o'zini yuzadagi to'g'ri chiziq kabi tutadigan chiziq bo'lib keladi. Buning uchun o'tish chizig'ini belgilab, uning formulasini quyidagi ko'rinishda taqdim etamiz:  $\{p_1 = p_1(t), p_2 = p_2(t)\}$ . Bu holda

quyidagi belgilanishlarni kiritamiz:  $p_1 = v_3$ ,  
 $p_2 = u_3$ .

Geodezik chiziq tenglamasi quyidagi differensial tenglamalar tizimini hisoblab chiqish yo'li bilan hal qilinadi:

$$\begin{cases} \frac{d^2 p_1}{dt^2} + \sum_{i,j=1}^2 \Gamma_{ij}^1 \frac{dp_i}{dt} \frac{dp_j}{dt} = 0 \\ \frac{d^2 p_2}{dt^2} + \sum_{i,j=1}^2 \Gamma_{ij}^2 \frac{dp_i}{dt} \frac{dp_j}{dt} = 0 \end{cases}$$
(15)

Bu yerda Kristofel koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\Gamma_{11}^1 = \Gamma_{11}^2 = \Gamma_{12}^1 = \Gamma_{12}^2 = \Gamma_{22}^1 = 0$$

$$\Gamma_{22}^2 = -\frac{k^2}{2} \sin(p_2).$$
(16)

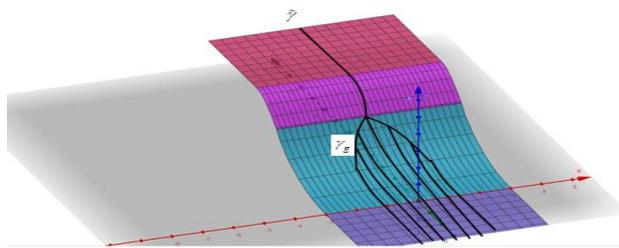
Olingan qiymatni (15) tenglamaga qo‘ygan holda, quyidagi tenglamani topamiz:

$$\begin{cases} \frac{d^2 p_1}{dt^2} = 0 \\ \frac{d^2 p_2}{dt^2} - \frac{k^2}{2} \sin(p_2) \left( \frac{dp_2}{dt} \right)^2 = 0 \end{cases} \quad (17)$$

Bu tenglamadan geodezik chiziq tenglamasini topish mumkin:

$$\begin{cases} p_1 = C_1 t + C_2 \\ p_2 = C_3 \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 = C_1 t + C_2 \\ p_2 = -\arctg \left( \frac{\operatorname{th} \left( \frac{x - C_4}{2} \sqrt{\frac{k^4}{4} - C_3^2} \right)}{\frac{k^2}{2} + C_3} \sqrt{\frac{k^4}{4} - C_3^2} \right) \end{cases} \quad (18)$$

Ana shu ikki tenglamadan birinchisi – bu bizga ma‘lum  $\gamma$  chizig‘i bo‘lsa, ikkinchisi – bizga zarur bo‘lgan, u bo‘ylab vagon harakatlanishi shart bo‘lgan chiziq.  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – saralashning boshlang‘ich nuqtasini va vagonlar harakatlanishidagi burilish burchagini bilib, ana shu doimiylarni aniqlashimiz mumkin bo‘ladi.  $\gamma_g$  bo‘ylab harakatlanayotgan vagon yo‘llar oralig‘idan  $d$  masofaga uzoqlashganida, parallel yo‘l  $\gamma$  ga o‘tadi va tuzilayotgan tarkibga qo‘shiladi (10-rasm).



**10-rasm. Braxistoxron egriligi yordamida loyihalangan, tepalikdan tarkiblarni tarqatish uchun modelning ko‘rinishi**

yo‘qotilgan energiyani va  $F_\mu$  orqali belgilab, massasi  $m$  ga teng vagon uchun

quyidagilarni yozish mumkin: boshlang‘ich energiya -  $\frac{mV_0^2}{2} + mgH$ , chekli (so‘nggi)

energiya -  $\frac{mV^2}{2}$ , tormozlanishda yo‘qotiladigan energetik balandlik -  $h_{t1}, h_{t2}, \dots, h_{tn}$ .

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgH = \frac{mV^2}{2} + mg \sum_{i=1}^n h_{ti} + E_{sh} + F_\mu l(\gamma) \quad (19)$$

Bundan, saralash tepaligining balandligini aniqlash mumkin:

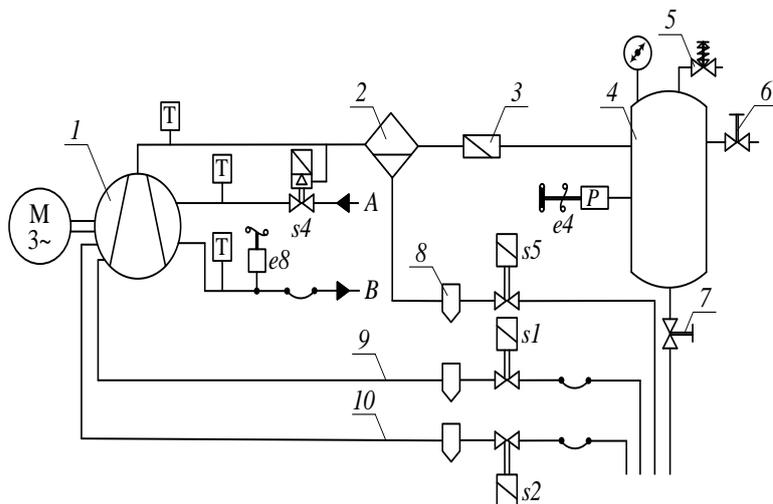
$$H = \frac{1}{mg} \left( \frac{mV^2}{2} + mg \sum_{i=1}^n h_{ti} + E_{sh} + F_\mu l(\gamma) - \frac{mV_0^2}{2} \right) \quad (20)$$

Ma‘lumotlarni (20) formulasiga qo‘yish bilan saralash tepaligining braxistoxrona egriliklarini qo‘llash bilan aniqlangan balandligiga ega bo‘lamiz.

Dissertasiyaning “**Saralash stansiyalari tashish jarayonlarini optimallashtirish bo‘yicha energiya samarali yechimlar**” deb nomlangan uchinchi bobi poyezdlarni qabul qilish parkida energiyani rekuperasiyalash

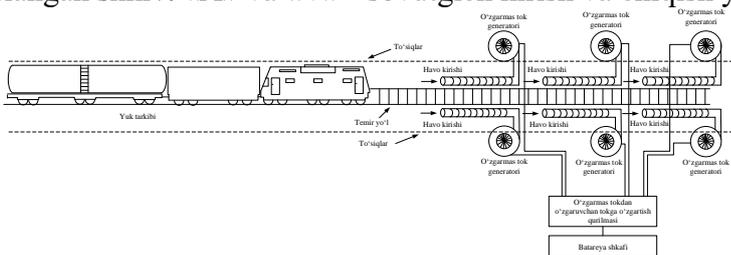
innovation uslubini ishlab chiqishga, tarkiblarni tarqatish jarayonini tezlashtirish uchun saralash tepaligi profili va elementlarini optimallashtirishga va saralash tepaligi ishini intensivlashtirishning innovation uslubini ishlab chiqishga bag'ishlangan.

Hozirga kelib mamlakatimizda va jahonda energiya taqsimoti muammosining jiddiylashuviga bog'liq ravishda energiyaning muqobil (alternativ) turlariga tobora ko'proq e'tibor qaratilmoqda. 11-rasmda saralash stansiyasiga kirib kelayotgan poyezd kinetik energiyasini (siqilgan havo ko'rinishida) jamlashning taklif etilayotgan prinsiplial sxemasi keltirilgan.



**11-rasm. Pnevmatik energiyani jamlash tizimining prinsiplial sxemasi:**

1-ikki pog'onali pnevmatik kompressor; 2-moy va suv ajratgich; 3 - triggerli bosim klapani; 4 – siqilgan havo balloni; 5 – muhofaza klapani; 6 – siqilgan havoni sarflash klapani; 7- tozalash va havo haydash klapani; 8 – kir tutgich; 9,10- past va yuqori bosimli siqilgan havo uchun hav o'tkazgichlar; T- termometr; S1, S2, S5- drenaj solenoidli klapanlari S4, – suv uchun solenodli klapan; E4- siqilgan havo idishidagi bosimga ko'ra kompressorni ishlatib yuborish va to'xtatish rele; E3- sovtgichning yo'l qo'yiladigan harorati oshib ketganida kompressorni to'xtatish rele; M – bosish pedalidan kuchni krivoship-shatun mexanizmi orqali uzatish uzatmasi bilan ulangan shkiv. «A» va «V» - sovtgich kirish va chiqish yo'nalishlari.



**12-rasm. Saralash stansiyasining qabul qilish parkida rekuperatsiya uslubida elektr energiya manbaini ishlab chiqish tuzilmaviy sxemasi**

Sarlash stansiyasining qabul qilish parkida rekuperatsiya uslubida elektr energiya manbaini ishlab chiqish tuzilmaviy sxemasi 12-rasmda taqdim etilgan. Bugungi kunda rekuperatsiyalangan tormozlanish energiyasi temir

yo'llarda takroran deyarli ishlatilmaydi. Kinetik (elektr) energiyasi jamlagichini qo'llash bilan u to'lig'icha kompressor stansiyasi orqali na vagonlarni tormozlashga va boshqa ehtiyojlarga yo'naltirilishi mumkin. Bu holda bir yo'lga rekuperatsiyalash tizimini jihozlashga sarf-xarajatlar  $\approx 40$  mln. so'mni tashkil qiladi. Rekuperatsiyalash tizimini qo'llashdan bir yilda tejab qolinadigan mablag' 299 mln. so'mga teng.

Saralash tepaligining umumiy ishlash tamoyili uzilma va vagonlarni ularga zarur ishlov beriladigan tormozlash pozitsiyalarida intervalli va mo'ljallab tormozlash bilan, gravitasiya qonuniga binoan pastga tushirishga asoslangan. Braxistoxrona egriliklarini va uning elementlarini saralash tepaligining loyihalashtirilayotgan bo'ylama profili va tegishli talablar bilan o'zaro bog'lash maqsadida fraktal signallarni shakllantirish algoritmi va parametrik sikloidal funksiyalarning gomotetikligi xossasidan foydalanamiz.

Braxistoxrona to'g'risidagi masala klassik qo'yilishda faqat birgina omil –  $u(x)$  egrilik bo'yicha harakatlanish vaqtini kamaytirishni (minimallashtirishni) hisobga oladigan moddiy nuqtaning saralash tepaligi bo'ylama profilini optimal loyihalashga doir masala sifatida izohlanishi mumkin bo'lib, u quyidagi ma'lum ifoda yordamida aniqlanadi:

$$r = \int_0^i \sqrt{\frac{1+y'^2}{2gy}} dx \rightarrow \min \quad (21)$$

Bu yerda (21) uzoq chiziq bilan  $x$  koordinatasi bo'ylab hosila belgilangan. Braxistoxrona quyidagi tenglamalar tizimi bilan beriladi:

$$\begin{cases} x = r\varphi - r \sin \varphi, \\ y = -(r - r \cos \varphi) + 2r \end{cases} \quad (22)$$

bunda  $r$  – hosil qiluvchi aylana radiusi,  $\varphi \in [0; \pi]$  – hosil qiluvchi aylananing burilish burchagi.

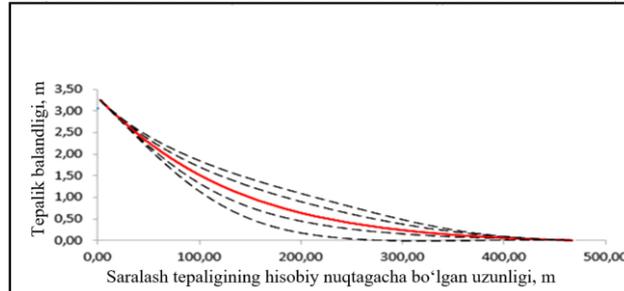
(22) tenglamalar tizimida  $2r = h$  formula hadi (egniloikning yuqori nuqtasida) sikloidaning  $u$  o'qi bo'ylab siljishini berib, bunda butun egrilik IV- chorakda joylashadi;  $r, \varphi$  - “Braxistoxrona egriligi”ning izlanayotgan parametrlari, ular qo'shimcha shartlardan ( $H_g, L_{rt}, H_{torm}, h_0, v_0, w_0$ ) kelib chiqib aniqlanadi.

Turli xil qarshilik turlarining ta'siri tahlili ular tepalik cho'qqisidan tushib kelish jarayonida vagon tezligiga jiddiy ta'sir ko'rsatishini ko'rsatdi. Ana shu ma'lumotlarni hisobga olgan holda qarshiliklarning vagonning tushib kelish tezligiga ko'rsatadigan ta'sirining matematik modeli, shuningdek qarshilik kuchlari ta'sir qilayotgan uzilmani tormozlashga energiya iste'mol qilinish modeli ishlab chiqildi. Bu model yuqorida sanab o'tilgan sharoitlarning tushib kelayotgan uzilmaga va yo'llar ixtisoslashuviga ko'rsatadigan ta'sirini hisobga olib, tizimga (22) o'zgartirishlar kiritish imkonini berdi:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_k = m_{kj}, m_{k(j+1)}, \dots, m_{km} \\ L_{ck(j+1)} = L_{ckj} - B_j \\ H_{Tj} = H_g + h_{v_0j} - h_{w_j} - H_{prj} \\ h_{0j} = \frac{\left(1 - \frac{420n_j}{100m_j}\right) V_0^2}{2g} \\ h_{wj} = 10^{-3} \left( (w_{0j} \pm \frac{17,8C_x S + \sum_{j=2}^n C_{xxj} S_j}{(273 + t) \sum_{i=1}^n m_i} V_{skor}^2 \right) \end{array} \right. \quad (23)$$

$$x = rt - \sin t, \quad y = -(r - r \cos t) \quad (24)$$

bu yerda  $m_k$  – j- nchi vagon og‘irligi,  $n$  – tarkibdagi vagonlar soni,  $B_j$  – vagonlarning vektor uzunligi,  $L_{ck(j+1)}$  – yo‘l uchastkalari bo‘shligiga oid ma‘lumotlarning bir o‘lchamli massivi.



**13-rasm. Loyihalanaotgan tepalik uchun braxistoxron egrilikning aylanmasi**

Hisob-kitoblar tushib kelish  $\alpha_1$ ning boshlang‘ich burchaklari 35-50 % dan katta bo‘lmagan hol uchun, ammo doimiy chekli gorizonta burchak - ko‘pi bilan 1,5 %, saralash parki yo‘llari uzunligining 1/3 gacha qismiga teng bo‘lgan holda o‘tkazildi. Saralash tepaligi balandligining  $-5^{\circ}\text{C}$  dan  $+35^{\circ}\text{C}$  gacha haroratda KMK 2.01.01-94 ga muvofiq o‘zgarishi, Chuqursoy stansiyasi shamollar esish yo‘nalishlari hisoblangan. Hisob-kitoblar ikki xil: mavjud va braxistoxronaning xususiyatlarini hisobga olgan taklif etilayotgan uslubiyotlar bo‘yicha olib borilgan. Mavjud uslubiyot bo‘yicha hisob-kitob natijalariga ko‘ra boshlang‘ich tezlik 1,44 m/s dan 1,72 m/s gacha oraliqda o‘zgarar ekan (14-rasm). Bundan kelib chiqib, havo harorati  $+7$  dan va undan ko‘proq pasayganida tarqatishning boshlang‘ich tezligi keskin ortib ketadi deb xulosa qilish mumkin.



**14-rasm. Haroratga bog‘liq holda tarqatishning boshlang‘ich tezligini o‘zgarishi**



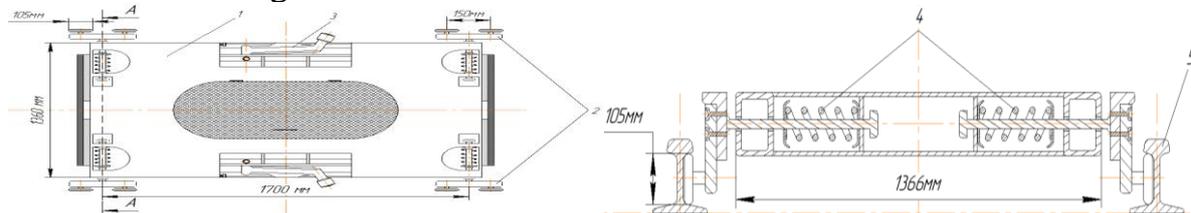
**15-rasm. Tarqatishni boshlang‘ich tezligining haroratga bog‘liqlik grafigi**

Taklif etilayotgan uslubiyot bo‘yicha hisob-kitob natijalari ko‘rsatishicha, havo haroratining har qanday o‘zgarishlarida tarkibni tarqatish boshlang‘ich tezligi qiymatlaridagi tebranish 0,03 dan 0,05 m/s gacha qiymatni tashkil etadi (15-rasm). Tarkibning boshlang‘ich tezligi qiymati 1,55 m/s dan oshmaydi.

Mavjud va taklif etilayotgan uslubiyot bo‘yicha saralash tepaligining hisobi amalga oshirilgan. Muayyan ko‘rib chiqilayotgan stansiya uchun, braxistoxron egriligini (egri chizig‘ini) hisobiy formulaga qo‘llash bilan bajarilgan hisob-kitoblar natijalari tahlili tepalik balandligi 2,85 m ni tashkil qilishi kerakligini ko‘rsatib, shu bilan birga, mavjud tepalik balandligi 3,05 m ga teng.

Tepalik osti parkida saralash tepaligi avtomatlashtirilgan yoki mexaniziyalashtirilganligidan qat'i nazar tezlashtirgich-sekinlashtirgichlarni qo'llash varianti ko'rib chiqilgan. Aravacha tipli tezlashtirgich-sekinlashtirgichlarni loyihalash ishlari amalga oshirilgan.

Taklif etilayotgan tezlashtirgich-sekinlashtirgich variantining konstruksiyasi 16-rasmda ko'rsatilgan.

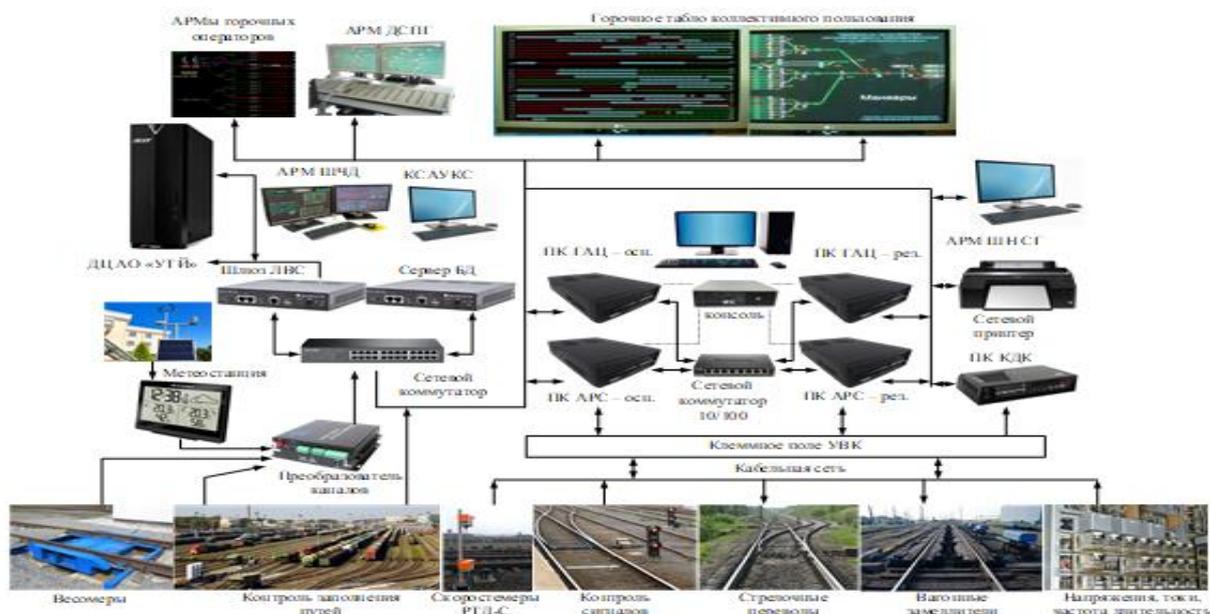


**16-rasm. – Aravacha turdagi tezlashtirgich-sekinlashtirgichning konstruktiv sxemasi:**  
**1 – tezlashtirgich-sekinlashtirgichning korpusi; 2 – juft rolikli aravacha; 3 – chiqib turadigan richaglar; 4 – kompression prujinalar; 5 – temir yo'l relslari**

Amalga oshirilgan tadqiqotlar natijalaridan kelib chiqib aytish mumkinki, tezlashtirgich-sekinlashtirgichning ushbu konstruksiyasi texnik-normativ (meyoriy) hujjatlarda ko'rsatilgan talablarga ko'p jihatdan muvofiq kelib, bu uni O'zbekiston Respublikasining tegishli temir yo'l stansiyalarida foydalanishga tavsiya etish imkonini beradi.

Saralash tepaligida uning ishlov berish quvvatini (imkoniyatini) kattalashtirish, shuningdek poyezdlarni tuzish-tarqatish jarayoni xavfsizligini ta'minlash maqsadida tormozlanishni avtomatlashtirilgan tarzda boshqarish tizimi takomillashtirildi. Saralash stansiyasi texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarish tizimining ishlab chiqilayotgan tuzilmaviy sxemasi 17-rasmda ko'rsatilgan.

Tezlashtirgich-sekinlashtirgich ARM-DSPG yordamida qo'lda yoki yo'l datchiklari ma'lumotlari asosida avtomat tarzda boshqarilishi mumkin.



**17-rasm. Saralash stansiyasi texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarish tizimining ishlab chiqilayotgan tuzilmaviy sxemasi**

Tepalik osti parkida tezlashtirgich-sekinlashtirgichni ekspluatatsiya qilishda saralash tepaligining ishlov berish quvvati (imkoniyati) bir sutkada 2604 ta vagondan to  $\approx 3243$  ta vagonga qadar ortadi.

Dissertasiyaning **“Saralash stansiyasi va xizmat ko‘rsatish tumani mahalliy ishlarining texnik-texnologik parametrlarini optimallashtirish”** deb nomlangan to‘rtinchi bobi mahalliy vagonlar bilan ishlash texnologiyasini neyron tarmoqlaridan foydalanib formallashtirishga, temir yo‘l uzeli mahalliy ishini funksional modellashtirishga, shuningdek uzatma poyezdlar parametrlarini optimallashtirishga bag‘ishlangan.

Saralash stansiyasi va yaqin-atrofidagi uchastkalar ishlash parametrlarini optimallashtirishda ekstremumni izlash samarali algoritmlarini tanlash muhim omillardan biri bo‘lib hisoblanadi. Shundan kelib chiqib, bunda optimallashtirish uslublarini qo‘llash, hamda parametrlarni diskretli o‘zgartirish talab etiladi. Ana shu maqsadda tasodifiy izlash algoritmlaridan foydalanishga asoslangan “optimallashtiruvchi avtomatlar jamoasi” nazariyasini qo‘llash mumkin.

“Optimallashtiruvchi avtomatlar jamoasi”ni qo‘llash g‘oyasi shundan iboratki, har bir optimallashtirilayotgan parametrqa boshqalaridan  $A_{lp}$ . mustaqil ravishda ishlayotgan stoxastik avtomat “ulanadi” ( $A_{lp}$ ). Ulardan har birining ishini boshqarib turadigan axborot bo‘lib sifat ko‘rsatkichining (maqsadli funksiyaning) o‘sib borish belgisi xizmat qiladi:

$$\Delta E_r = E_r - E_{r-1} \quad (25)$$

$\Delta E_r$  asosida, avtomat  $\Delta x_{lp}$  ning o‘zgarish yo‘nalishini aniqlaydi ( $r$ -nchi izlash odimida  $l$ -nchi kichik tizim  $p$ -nchi parametri)

$$\Delta x_{lp}^r = a_{lp} \alpha_{lp}^{(r)}, \quad (26)$$

bunda  $\alpha_{lp}^{(r)}$  – odimning  $r$ -nchi odimdagi yo‘nalish belgisi;  $a_{lp} > 0$  –  $l$ -nchi kichik tizim  $n$ -nchi parametri bo‘ylab odim moduli.

$$\alpha_{lp}^{(r)} = \begin{cases} +I, & \text{agar } \Delta E_r < 0; \\ -I, & \text{agar } \Delta E_r > 0. \end{cases}$$

1-jadval

### Avtomatlarni hisoblash tartibi (fragment)

№	taktlar №	avto- matlar №	PARAMETRLAR				$\sum E$	Sign( $\Delta E$ ) qadam yo‘nalishi
			$x_1$	$x_2$	...	$x_n$		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	...	<b>II+3</b>	<b>II+4</b>	<b>II+5</b>
1	Boshlang‘ich holat		$x_1^0$	$x_2^0$	...	$x_n^0$	$E_0$	
2	$I$	1 2 ⋮ $n$	$x_1^0 + h_1$ $x_1^0$ ⋮ $x_1^0$	$x_2^0 + h_2$ $x_2^0$ ⋮ $x_2^0$	...	$x_n^0 + h_n$ $x_n^0$ ⋮ $x_n^0$	$E_0^1$ $E_0^2$ ⋮ $E_0^n$	± ± ⋮ ±
3	$I$ - taktndan keyingi holat		$x_1^I$	$x_2^I$	...	$x_n^I$	$E_0 = E_I$	

Har bir avtomat quyidagi tamoyil asosida ishlaydi: agar harakat maqsadga erishilishiga olib kelsa (+) izlash yo‘nalishi biriktirilsin, agar harakat maqsadga

olib kelmasa (-) qadam teskari yo‘nalishga almashtirilsin. Biron-bir parametrlarning cheklovlardan tashqariga chiqib ketishini, avtomatlar (-) deb qabul qiladilar. Shunday qilib, avtomatlar  $E_{min}$  parametrlari qiymatlariga erishilishiga qadar ishlayveradilar (1-jadval)

Uzatma poyezdlar o‘lchamlarini aniqlashga doir masalaning matematik jihatdan qo‘yilishi bajarilgan. Keltirilgan umumiy xarajatlarning yaxlit funksiyasi quyidagi ko‘rinishda taqdim etilgan:

$$E_{priv} = \min f(N_{ji}^c, m_{ij}^{per}, m_{jk}^{pod}, m_{jk}^{ub}, T_{ij}^{fer}, T_{ij}^{vis}, T_{ij}^{po}, M_{jk}, ML_{ji}) \quad (27)$$

(27) da  $m_{ij}^{per}, m_{jk}^{pod}, M_{jk}, ML_{ji}$ , lar boshqariladigan o‘zgaruvchanlar bo‘lib, qolgan parametrlar esa vagonlarni uzatma poyezdlar tarkibida siljitishga doir ana shu asosiy parametrlarga bog‘liq. (27) ifodani quyidagi ko‘rinishda taqdim etish mumkin:

$$E_{priv} = \min f(N_{ij}^c, m_{ij}^{per}, m_{jk}^{pod}, M_{jk}, ML_{ij}) \quad (28)$$

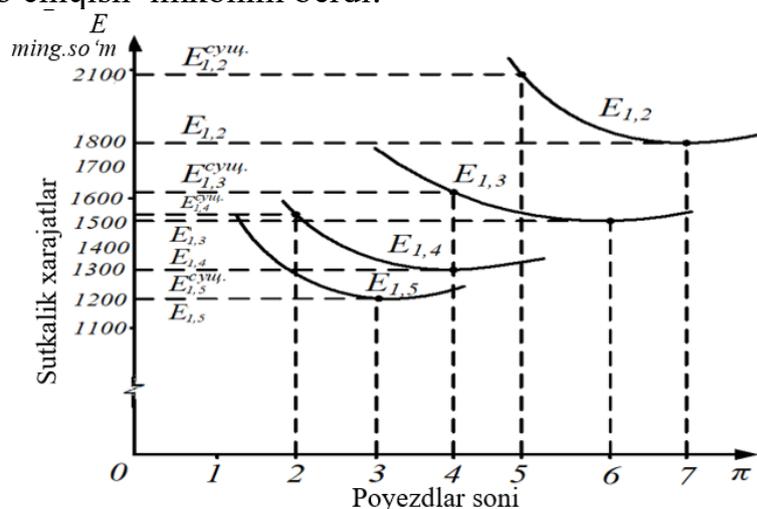
Bunda cheklovlar quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladilar:

$$\begin{aligned} m_{ij}^o &\leq m_{ij}^{per} \leq m_{ij}^1; & m_{jk}^o &\leq m_{jk}^{pod} \leq m_{jk}^1; \\ M^o &\leq \sum_{j=1}^{j_0} \sum_{k=1}^{k_0} M_{jk} \leq M^1; & ML^o &\leq \sum_{i=1}^{i_0} \sum_{j=1}^{j_0} M_{ij} \leq ML^1 \end{aligned} \quad (29)$$

bu yerda  $m_{ij}^o, m_{jk}^o, M^o, ML^o$  – uzal mahalliy ishi tegishli parametrlarining quyi cheklovlari;

$m_{ij}^1, m_{jk}^1, M^1, ML^1$  – mos ravishda parametrlarning yuqori cheklovlari.

Uzatish harakatining optimal parametrlarini tanlash uchun algoritm va dasturlar ishlab chiqildi. Olingan natijalar asosida uzatma poyezdlar parametrlarining temir yo‘l uzeli mahalliy ishining iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ko‘rsatadigan ta‘siri tahlil qilingan. Bu rezervlarni aniqlash hamda uzal mahalliy ishini rejalashtirish samaradorligini oshirishga qaratilgan iqtisodiy jihatdan asosli tavsiyalar ishlab chiqish imkonini berdi.



**18-rasm. Harakat miqdoriga bog‘liq holda, uzatma poyezdlarni yig‘ish, shakllash va jo‘natish uchun sutkalik harajatlar**

18-rasmdan ko‘rinib turibdiki, saralash stansiyasida (1-stansiya) yuk stansiyasigacha (2,3,4,5-stansiya) tuzilgan uzatma poyezdlar uchun ekspluatasion

xarajatlar mavjud va taklif etilayotgan uslubiyot bo'yicha farq qilar ekan. Taklif etilayotgan uslubiyotning joriy etilishidan tejab qolinadigan mablag' har bir stansiya bo'yicha mos ravishda bir sutkada 323,0; 120,0; 223,0 va 114,0 ming so'mni tashkil qiladi, mos ravishda bir yilda bu pul 285 mln. so'mga yetadi.

Dissertasiyaning «**Saralash stansiyasidagi tashish (transport) jarayonlari innovasion texnologiyalarini amalga oshirish va ular samaradorligini baholash**» deb nomlangan beshinchi bobida yuk tashishlarga xizmat ko'rsatish logistika markazlarini shakllantirish va joylashtirishning metodologik jihatlari yoritilib, saralash stansiyasini modulli boshqarish tizimi ishlab chiqilgan va saralash stansiyasida tashish (transport) jarayonlarida innovasion texnologiyalarni joriy qilishning sinergetik samaradorligi baholangan.

Umumiy talablar asosida zarur yukni zarur manzilga (A) muayyan vaqtda (T), kerakli miqdorda (N) va holatda (Q) talab qilgan iste'molchiga (R) minimal logistik xarajatlar (S) bilan yetkazib berish (G) vazifasi transport logistikasi tamoyillarini qo'llagan holda shakllantirilgan. Bu masala yuqorida sanab o'tilgan parametrlarda maqsadli funksiya (L) ko'rinishida shakllantirilgan:

$$f(G, A, T, N, Q, R) = 1 \quad (30)$$

bo'lganida,

$$F_{G,A,T,N,Q,R}(C) \rightarrow \min .$$

Bu holda quyidagi shartlar bajarilishi talab etiladi:

$$L \ll D_p - D_s \quad (31)$$

bu yerda  $D_p - D_s$  – xizmat qiymati  $D_p$  va tovar partiyasini sotish qiymati orasidagi farq.

Saralash tepaligi va saralash stansiyalarini parametrlarining tajribaviy tadqiqoti, xususan yuklarni yetkazib berishdagi uning o'rni saralash stansiyalari tarkiblarni ommaviy tarqatish va shakllash uchun mo'ljallanganligini va maxalliy shuningdek tranzit vagon oqimlarini qayta ishlashini ko'rsatadi. Bu yerda saralash stansiyasining chegaralash bo'g'ini sifatida saralash tepaligi va jo'natish parki hisoblanadi.

Saralash stansiyalari uchun qo'yilgan masalani amalga oshirish maqsadida quyidagi masalalarni yechish taklif etilgan:

- saralash tepaligining profilini takomillashtirish (ST);
- resurs tejamkor texnologiyalar asosida, shakllanadigan maxalliy poyezdlarni (uzatma, olib chiquvchi va terma) sonini oshirish;
- yuk stansiyalari va terminallari bilan kelishilgan holda, belgilangan harakat grafigi bo'yicha maxalliy poyezdlarni shakllash va jo'natish;

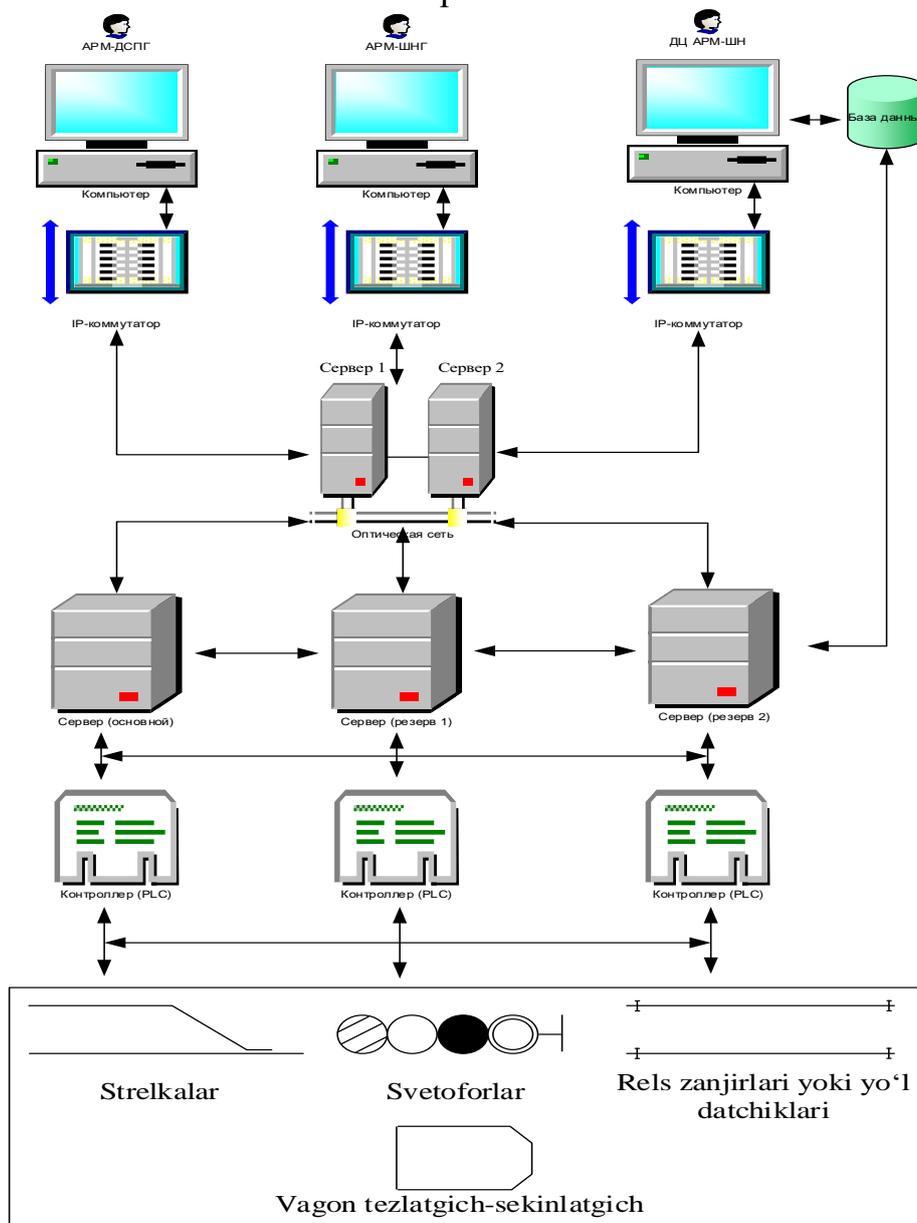
Shahar yo'llariga vazni va soni bo'yicha meyorlaridan oshgan, nazorati qiyin bo'lgan yuk transporti turli yuk ko'tarish qobiliyatli transport harakatining o'sishiga sabab bo'ladi.

Ushbu vaziyatni bartaraf etish uchun, saralash stansiyalari stansiyada joylashgan terminallari va yuk stansiyalari bilan birga terminallar bo'yicha konsolidasiyalashgan guruhli, uzatma poyezdlarni shakllash zarur bo'ladi. Ushbu

vagonlar va poyezdlar uzelnig stansiyalariga, terminallarga va tarmoq shahobcha yo‘llariga uzatiladi.

Bugungi kunda temir yo‘l transportida yuk oqimining o‘shishi zamonaviy usullarni qo‘llashni talab etadi. Raqamli texnika asosida bo‘lgan mikroprotsessorli modulli qurilmalar bunday usullardan biri hisoblanadi.

“Tezlashtirgich-sekinlashtirgich” qurilmasi asosidagi saralash stansiyasini boshqarish va nazorat qilishning takomillashtirilgan tizimi (19-rasm) ARM-DSPG va ARM-SHNG kundalik ishini qisqartirish imkonini berib, mehnat unumdorligini yaxshilaydi, birinchi navbatda, temir yo‘l harakati xavfsizligini nisbatan yuqori darajaga olib chiqadi, shuningdek vagonlarning saralash stansiyasida jamlanishni kutib turib qolishini deyarli ikki marotaba kamaytirish imkonini beradi, mikroprotsessor tizimlari, kontrollerlar, datchiklar, optik tarmoq qurilmalari, energiya iste‘moli muammolarini hal qiladi.



SMB pol qurilmalari

**19-rasm. Ishlab chiqilgan saralash stansiyasini mikroprotsessorlar bilan modulli boshqarish tizimi**

Saralash tepaligi parametrlarini hisoblashda yangi meyoriy koeffitsiyentlarini joriy qilishning iqtisodiy samaradorligi ekspluatasiya xarajatlaridagi tejalgan mablag'ni tepalik parametrlarini o'zgartirish uchun talab etilgan kapital kiritmalar bilan solishtirish asosida aniqlanadi. Ishlab chiqilgan taklifning joriy qilinishidan tejalgan mablag' bir yilda  $\mathcal{E}_p = 756$  mln. so'mni tashkil qiladi. Belgilab qo'yilgan qoidalarga binoan o'z-o'zini oqlash muddati 10 yildan oshmasligi shart. Amalga oshirilgan hisob-kitoblarga ko'ra esa o'z-o'zini oqlash muddati  $\approx 6$  yilga teng. Bajarilgan hisob-kitoblar natijalariga ko'ra aniqlanishicha, taklif etilayotgan chora-tadbirlar joriy etilishidan olinadigan ternar sinergetik samara bir yilda 3071,2 mln. so'mga teng bo'ladi.

## XULOSA

1. Saralash stansiyalari ishining tashkil etilishi tizimli tahlildan o'tkazildi. Natijada aniqlanishicha, o'tgan yillar mobaynida vagonlarning harakatda bo'lish vaqtining tobora qisqarib borishi kabi salbiy moyillik kuzatilgan. Misol uchun, 2016 yilda uning ulushi 17% ni tashkil etgan bo'lsa, 2021 yilga kelib bu ko'rsatkich 13% ga tushgan. Shu bilan birga vagonlarning texnik stansiyalarda turib qolish vaqti aylanma (oborot) vaqtining 43% dan 49% qismigacha uzayib, bu vagonlarning ana shu stansiyalarda turib qolish vaqti meyoridan ortib kelishiga sabab bo'ldi. Bajarilgan tahlil asosida qayta ishlov berilayotgan vagonlar bilan ishlash davomiyligi uzayib ketishining asosiy sababi saralash tepaligi ayrim parametrlari, ya'ni tushish qismining balandligi va profilining talab shartlariga nomuvofiqligi ekani aniqlandi.

2. Saralash stansiyasiga kirib kelayotgan poyezdning kinetik energiyasini jamlab, elektr va pnevmatik energiyaga aylantirish bo'yicha innovasion texnologiya ishlab chiqildi. Natijada siqilgan havoni saralash parkida vagonlarni tormozlash maqsadida ishlatish uchun kompressor stansiyasiga uzatish hisobiga, turli avtomatlashtirish qurilmalarini va shu kabilarni initsiallashtirish bilan elektr va pnevmatik energiya ishlab chiqarishga qilinadigan xarajatlarni kamaytirishga erishilgan.

3. Saralash tepaligi giper yuzasining shakli taklif etilib, unda braxistoxrona (manfiy Gauss egriligiga ega bo'lgan egri chiziq) yo'naltiruvchi, parabola (musbat egrilikka ega bo'lgan egri chiziq) esa hosil qiluvchi vazifasini bajarib keladi. Saralash tepaligi tushish qismi ishlab chiqilgan profili parametrlarining qo'llanishi vagonlarning egri chiziq bo'ylab og'irlik kuchi ta'sirida harakatlanishini shu kabi to'g'ri chiziqdan harakatlanishga qaraganda 1,5 marotaba tezlashtirish imkonini yaratdi.

4. Saralash tepaligi qiyaliklari berilgan meyorlarda o'zgarib turishi, ammo ular avvalgi uchastka qiyaligiga bog'liq emasligi aniqlangan. Shunga bog'liq ravishda, Bellmanning optimallilik mezonidan foydalangan holda, yaxlit saralash tepaligi yagona tizim deb qabul qilingan, saralash tepaligining optimal profiliga ega bo'lingan. Natijada amaldagi GOSTlar talablariga binoan saralash tepaligi profili qiyaliklarining optimal variantini tanlab olish imkoniyati paydo bo'ldi.

5. Balandlikni, foydali ish koeffitsiyentini, saralash tepaligining ishlov berish imkoniyatini va tushish qismidagi tormolanish pozitsiyalari quvvatini hisoblash bo'yicha innovasion texnologiyalar jamlanmasini o'z ichiga olgan dasturiy mahsulotlari majmui ishlab chiqildi. Natijada tarkiblarni tarqatish (ajratish) jarayonini modellashtirish imkoniyati yuzaga kelib, bu uzilmalarni tormozlash xarajatlarini 7% ga optimallashtirish imkonini berdi.

6. Saralash tepaligining texnik jihozlanish parametrlariga va uni mustahkamlikka tekshirish bilan bog'liq bo'lmagan, vagonlarni saralash parkida tormozlashni avtomatlashtirish tizimi takomillashtirilgan. Natijada zilmalar orasida "darchalar" hosil bo'lish ehtimolini bartaraf etish imkoniyati yuzaga kelib, tezlashtirgich-sekinlashtirgichning bu konstruksiyasi 5,9 ga teng mustahkamlik zaxirasi bilan texnik-meyoriy hujjatlarda ko'rsatilgan talablarga muvofiq kelishi aniqlangan.

7. Saralash stansiyasida mahalliy ishlarni, shuningdek saralash va yuk stansiyalarining shahar logistika tizimida birga ishlashini ilg'or modellashtirish uslubi ishlab chiqildi. Natijada vagonlar va konteynerlarni saralash stansiyalaridan shaharda joylashgan yuk terminallariga qadar minimal xarajatlar bilan tashib keltirish imkoni paydo bo'ldi.

8. Tadqiqot natijalari «O'zbekiston temir yo'llari» AJ "Toshkent" temir yo'l uzelifida va saralash stansiyasida joriy qilindi. Buning natijasida tepalik osti parki yo'llaridan samarali foydalanishga, ishlab chiqilgan tezlashtirgich-sekinlashtirgich yordamida uzilmalarni tormozlashda xarajatlar tejalishiga, uzeldagi uzatma poyezdlarni harakatlantirishga qilinadigan sarf-xarajatlarni qisqartirishga erishilgan. Umumiy iqtisodiy samara 1,3 mlrd. so'mni tashkil etdi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ  
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
PhD.15/31.08.2022.Т.73.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ХАДЖИМУХАМЕТОВА МАТЛУБА АДИЛОВНА**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНЫХ  
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ  
ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №В2023.2.DSc/T405.**

Докторская 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)).

**Научный консультант:**

**Арипов Назиржан Мукарамович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Рахмангулов Александр Нельевич**  
доктор технических наук, профессор

**Файзибаев Шерзод Сабирович**  
доктор технических наук, профессор

**Мухамеджанова Айжан Весмовна**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми**

Защита диссертации состоится 12 сентября 2023 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета PhD.15/31.08.2022.T.73.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - 116). Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирйулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан 31 августа 2023 года.  
(реестр протокола рассылки № 19 от 30 августа 2023 года).



**Ж.Ф. Курбанов**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н. (DSc), профессор

**Ш.М.Суюнбаев**  
Ученый секретар научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н. (DSc), профессор

**Д.Х. Баратов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней  
д.т.н. (DSc), профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире особое внимание уделяется использованию современных технологий и методов в предварительной разработке и технико-экономической оценке мероприятий по развитию инфраструктуры в соответствии с ожидаемым объемом грузоперевозок на основе оптимизации логистики и упрощения взаимодействия между различными видами транспорта. В мировом масштабе «... из общей задачи управления процессом примерно 55% общего времени тратится на обработку вагонов в пути на сортировочных станциях...<sup>1</sup>», то возникает необходимость кардинально повысить эффективность использования пропускной и перерабатывающей способности сортировочных станций, усовершенствовать технологии и внедрить инновационные технические средства и технологии. В связи с этим уделяя особое внимание улучшению работы и развитию сортировочных станций, развитию технического оснащения сортировочных устройств и механизации сортировки вагонов, позволяющих управлять различные режимы роспуска и торможения оцепов на основе регулирования скорости роспуска составов при расформировании составов с учётом особенности технологий работы магистральных и промышленных железнодорожных станций.

По всему миру ведутся исследовательские работы, направленные на разработку систем дистанционного управления тягово-цепными агрегатами, автоматизацию процессов подготовки технологических маршрутов, сокращение загрузки маневровых локомотивов, оснащение железнодорожных станций современными устройствами управления стрелочными переводами и сигналами. В этом направлении необходимо проводить ряд исследований, которые считаются приоритетными, в том числе по снижению загруженности горки и сокращению времени движения при выполнении технологических операций по переработке вагонов на основе развития инфраструктуры сортировочных устройств с использованием современных технических средств на базе современных научных методов с использованием достижений науки и информационных технологий. При этом одной из актуальных задач является разработка методики оптимизации профиля сортировочной горки и моделирования маневровой работы на сортировочной и грузовой станциях, внедрение инновационной технологии аккумуляирования кинетической энергии при переработке вагонов, а также программных продуктов, позволяющих повысить перерабатывающую способность и функциональность работы сортировочной горки на основе поиска оптимальных параметров и технологии рекуперативного торможения прибывающих в переработку поездов.

В Республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по интенсивному развитию железнодорожной отрасли, строительству новых

---

<sup>1</sup>[https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%A8%D0%B5%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B4.pdf?id\\_wm=720935](https://miit.ru/content/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%20%D0%A8%D0%B5%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B4.pdf?id_wm=720935)

железнодорожных линий, повышению уровня электрофикации железных дорог, определению и совершенствованию международных транспортных коридоров для выхода внешнеторговых товаров страны на ключевые мировые и региональные рынки, проведению гибкой тарифной политики и достигаются определенные результаты в этой области. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены важные цели, такие как, «Развитие единой транспортной системы во взаимосвязи со всеми видами транспорта ..., развитие рынка транспортных и логистических услуг и инфраструктуры ..., расширение «зеленых коридоров» и транзитных возможностей в транспортной системе ..., ... поднятие на высокий уровень тесного сотрудничества в области безопасности, торгово-экономической, водной, энергетики, транспорта ...»<sup>2</sup>. В реализации этих целей, включая разработку алгоритмов, методов и инструментальных средств поиска оптимальных параметров сортировочной горки, формирования и отправления местных поездов на станциях переработки вагонов на основе прикладных задач, а также разработка инновационных технологий транспортных процессов с учётом особенности каждого отцепа и условий расформирования составов считается одной из самых важных проблем.

Данная диссертационная работа помогает решить некоторые проблемы, поднятые в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года, Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3422 «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018-2022 годы» от 2 декабря 2017 года, №ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» от 22 августа 2019 года, №ПП-4779 «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов» от 10 июля 2020 года, а также в иных правовых документах, связанных с данным видом деятельности.

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

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>3</sup>.**

---

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

<sup>3</sup> <https://wsu.edu/>, <https://www.ncl.ac.uk/newrail/people/tsg/>, <https://www.bg.ac.rs/en/>, <http://en.njtu.edu.cn/>, <https://www.curtin.edu.au/about/history-facts/history/curtin-university-of-technology/>, <http://www.iitkgp.ac.in/>

Теоретические и практические исследования по повышению производительности сортировочных станций и оптимизацию технологических процессов переработки вагонов проводится научными центрами, университетами и научно-исследовательскими институтами ведущих стран мира, в том числе: Washington State University (США), Newcastle Centre for Railway Research University (Великобритания), Curtin University of Technology (Австралия), University of Belgrade (Сербия), Beijing Jiaotong University (Китай), Indian Institute of Technology Kharagpur (Индия), Technische Universitat Carolo-Wilhelminazu Braunschweig (Германия), Российский университет транспорта (Россия), Петербургский государственный университет путей сообщения (Россия), Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта (Украина), Белорусский государственный транспортный университет, Академии логистики и транспорта (Казахстан), Ташкентский государственный транспортный университет (Узбекистан).

В мире в результате проведённых научных исследований по развитию теории и практики эксплуатации сортировочных устройств достигнуто ряд научных результатов, в частности разработаны балочные вагонные замедлители (Индия), совершенствованы системы повышения перерабатывающей способности сортировочных и грузовых станций железных дорог (Канада), внедрены беспилотные локомотивы для расстановки вагонов по грузовым объектам (Россия), разработаны тяговые агрегаты для подталкивания вагонов к отцепу (Германия), созданы системы использования солнечной энергии для снижения энергопотребления устройств торможения вагонов (США, Китай).

В мире к ряду основных направлений научно-исследовательских работ, выполняемых по повышению эффективности переработки вагонов при сортировочной работе на магистральных и промышленных железнодорожных станциях, в том числе являющихся приоритетными, можно привести следующие: совершенствование методов мониторинга и оценки процесса расформирования поездов, использование методов, основанных на искусственном интеллекте в управлении торможениями оцепов, разработка систем регулирования скорости роспуска групп вагонов с различной загруженностью, сокращение времени простоя вагонов при сортировочных работах перевозочного процесса.

**Степень изученности проблемы.** Научно-исследовательские работы по разработке теории организации сортировочной работы на магистральных и промышленных железнодорожных станциях осуществлялись рядом известных исследователей, таких как: В.Н.Образцов, С.Д.Корейши, Е.А.Гибшман, С.В.Земблинов, С.Г.Писарев, П.В.Бартенев, Ф.П.Кочнев, И.И.Савченко, В.Д.Никитин, Н.И.Федотов, Н.Р.Ющенко, И.И.Страковский, Л.Б.Тишков, Ю.А.Муха, В.И.Бобровский, С.С.Мацкель, И.И.Ибрагимов,

В.Л.Арнольд, Е.В.Архангельский, И.В.Берестов, С.А.Бессоненко, М.Г.Дашков, С.В.Карасев, А.А.Климов, Х.Т.Туранов, В.Е.Павлов, Н.В.Правдин, Т.С.Банек, В.Я.Негрей, С.А.Пожидаев, А.Г.Савиский, Н.И.Федотов, А.Н.Фролов, Qingyong Y. Li, Weiwei W. Fang, Ruifang Tang, Ziyulong Wang, Milica Micic, Zdenka Popović, Brendan Murphy, Laurie Williams, В.Н.Шелухин, С.С.Маскель, В.Г.Шубко, И.Ефименко, В.М.Акулиничев, М.Н.Луговцов, С.Н.Шмаль и многими другими.

В республике исследованием вопросов улучшения эксплуатационных показателей железнодорожного транспорта за счет организации движения грузовых поездов по твердому графику, оперативного планирования при организации вагонопотоков на участках и терминалах, развития современных средств железнодорожной автоматики и телемеханики при роспуске составов, в том числе автоматизированных систем управления торможениями оцепов занимались ряд учёных. В частности, И.И.Ибрагимов, Н.М.Арипов, А.Ш.Шорустамов, Р.Я.Абдуллаев, Ж.Ф.Курбанов, Ш.М.Суюнбаев, А.А.Светашев, Д.Б.Бутунов, Ш.У.Саидивалиев, Ш.Б.Джаббаров и другие в разные годы добились положительных результатов в рамках своих исследований в данной области.

Несмотря на значительные успехи, научные проблемы, связанные с созданием автоматизированных систем управления работой сортировочных станций и горок, современных методов проектирования имеют место пробелы, которые требуют дополнений. В данной диссертационной работе предложены энергоэффективные технические и технологические решения при приеме поездов на станцию с остановкой; применение Брахистохронных кривых для проектирования сортировочных горок с учетом их функциональных и технологических свойств; инновационные технологии транспортных процессов на основе оптимизации профиля сортировочной горки для ускорения скатывания вагонов различных категорий с наибольшей допустимой скоростью; совершенствование режимов торможения на подгорочных путях сортировочной горки; оптимизация параметров взаимодействия сортировочных станций с примыкающими грузовыми терминалами и станциями для обеспечения интенсивной переработки транспортных средств.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование проводилось в соответствии с планом исследования Ташкентского государственного транспортного университета, в частности № 2303-01/03/06/2019 «Исследование перерабатывающей способности терминалов нового логистического центра АО «Узбекский металлургический комбинат» (2019-2020), №1 Разработка предложений по обновлению нормативно-технической документации радиосвязи Управления «Сигнализация и связи» в АО «УТЙ», № 587-78/17 Совершенствование деятельности железнодорожной станций Чукурсай на основе инновационных методов (2021).

**Целью исследования** является разработка инновационных технологий транспортных процессов на основе оптимизации технических и технологических параметров сортировочной станции.

**Задачи исследования:**

разработать энергоэффективные технические и технологические решения при приеме поездов на станцию с остановкой;

провести системный анализ современного состояния и изучить вопросы совершенствования проектирования сортировочных горок, технического и технологического обеспечения перевозки грузов на сортировочных станциях;

исследовать существующие методы и теоретические основы определения функциональных параметров сортировочных горок;

обосновать необходимость применения Брахистохронных кривых для проектировании сортировочной горки с учетом их функциональных и технологических свойств;

разработать инновационные технологии транспортных процессов на основе оптимизации профиля сортировочной горки для обеспечения скатывания вагонов различных категорий с наибольшей скоростью;

совершенствование режимов торможения на подгорочных путях сортировочной горки;

оптимизация параметров взаимодействия сортировочных станций с примыкающими грузовыми терминалами и станциями для обеспечения интенсивной переработки транспортных средств.

**Объектом исследования** является сортировочные станции и инфраструктура сортировочных устройств.

**Предметом исследования** являются инновационные технологии транспортных процессов, технические и технологические параметры сортировочных станций.

**Методы исследования.** В процессе исследований использованы методы системного анализа и математической статистики, теории вероятности, теория массового обслуживания, теория управления транспортными потоками, теория нейронных сетей, а также теории транспортной логистики.

**Научная новизна исследования** состоит из:

создана инновационная технология преобразования теряемой кинетической энергии прибывающего в парк приема сортировочной станции поезда в электрическую, а также пневматическую за счет аккумуляирования сжатого воздуха с применением режима рекуперации;

усовершенствован метод оптимизации профиля сортировочной горки с учетом скатывания вагонов различных категорий с наибольшей скоростью на основе Брахистохронных кривых;

разработан новый подход нормирования элементов профиля ускорения движения вагонов на основе критериев оптимальности Беллмана с учетом условий последовательного уменьшения уклона спускной части сортировочной горки;

совершенствовано устройство торможения вагонов в сортировочном парке с учетом максимального напряжения в роликах выдвигных рычагов в

зависимости от веса распускаемых оцепов;

определены математические модели функционирования сортировочной станции при организации местных вагонопотоков с учетом оптимальных размеров движения передаточных поездов на основе минимизации приведенных затрат;

разработан передовой метод взаимодействия сортировочных и грузовых станций в системе городской логистики с учетом требований доставки местных грузов в срок до потребителей.

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

создана система аккумулирования пневматической энергии для рекуперативного торможения прибывающих в парк приема поездов на переработку в сортировочную станцию;

разработаны алгоритмы и инструментальные средства поиска оптимальных параметров сортировочной горки, с учетом дальности скатывания вагонов по подгорочным путям, количества повторно сортируемых вагонов и функциональности работы при формировании поездов;

совершенствована система автоматизации и управления технологическими процессами сортировочной станции для увеличения перерабатывающей способности горки на основе данных о кинематических параметрах передвигаемых оцепов с учетом заполнения путей;

выделены и обоснованы основные параметры профиля спускной части сортировочной горки на основе Брахистохронной кривой, которые приняты для выправки элементов пути ускорения вагонов станции «Чукурсай» (приказ АО «УТЙ» от 17.10.2022 г. № 526);

разработаны модели, алгоритмы и программные средства формирования и отправления местных поездов на сортировочной станции, с учетом требований к передаче вагонов и контейнеров до грузовых терминалов, расположенных в городе.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования заключается в использовании теоретических исследований на основе современных методов и закономерностей, в совпадении результатов расчетных значений продолжительности скатывания оцепов и расформирования составов, полученных на основе разработанных математических моделей и программ с опытными данными, реализации предложений и рекомендаций, выработанных в ходе исследования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований заключается в получении научно-теоретических основ, моделей и алгоритмов технологий транспортных процессов, оптимизации профиля сортировочной горки для ускорения скатывания вагонов различных категорий с наибольшей скоростью, позволяющих увеличить производительность сортировочных горок, грузовых терминалов и различных видов транспорта за счёт оптимального поиска решений по увеличению перерабатывающей способности элементов системы, а также своевременной и качественной

доставки грузов в вагонах и контейнерах.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке инструментальных средств поиска оптимальных значений параметров сортировочной горки, позволяющей повысить ее перерабатывающую способность, дальность скатывания вагонов по сортировочным путям, снизить повторную сортировку вагонов, повысить уровень безопасности сортировочной работы, тем самым повышается функциональность работы сортировочной горки.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов разработки инновационных технологий транспортных процессов на основе оптимизации технических и технологических параметров сортировочной станции внедрены:

алгоритмы и инструментальные средства поиска оптимальных параметров продольного профиля сортировочной горки внедрены на АО «Узбекистон темир йуллари» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 26 мая 2023 года №2/3463). В результате удалось оптимизировать профиль сортировочной горки для скатывания вагонов различных категорий с наибольшей скоростью, позволяющий увеличить производительность сортировочных горок, грузовых терминалов и различных видов транспорта за счет оптимального поиска решений по увеличению перерабатывающей способности элементов системы, а также своевременной и качественной доставки грузов в вагонах и контейнерах до потребителей;

система аккумулирования пневматической энергии внедрена на сортировочной станции Чукурсай АО «Узбекистон темир йуллари» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 26 мая 2023 года №2/3463). Данная система позволит повысить экономичность при аккумулировании кинетической энергии прибывающего в парк приема поезда, теряемой в процессе его торможения. При этом экономия составит 9977,3 тыс.сум для одного поезда в год;

методика моделирования маневровой работы на сортировочной станции для обслуживания местной работы внедрена на сортировочной станции Чукурсай АО «Узбекистон темир йуллари» (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан от 26 мая 2023 года №2/3463). В результате разработаны модели и алгоритмы формирования и отправления местных поездов для района тяготения сортировочной станции, следовательно, позволили довести вагоны и контейнеры до грузовых терминалов, расположенных в городе за счёт уменьшения количества и расстояния движения большегрузных автомобилей внутри города. Экономический эффект от внедрения составит 285000, тыс.сум в год.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждены на 29 научно-практических конференциях, в том числе на 3 научных конференциях в базе Scopus, на 10 международных и 16 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 72 научные работы, в том числе 1 монография, 29 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 17 республиканских и 12 зарубежных научных журналах, а также в 5 журналах, включенных в базу данных Scopus, получено 6 свидетельств на программы и базы данных для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении подчеркнута актуальность работы, освещено современное состояние проблемы, уточнены цели и задачи, описан объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов научных исследований в производство, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние и проблемы оптимизации параметров сортировочных станций**» проанализированы технико-технологические параметры сортировочных станций, изучен зарубежный опыт по совершенствованию оптимизации процесса переработки вагонов, а также исследованы существующие способы и особенности построения местной работы сортировочных станций.

Анализ одного из основных показателей (оборота вагона) и его составных частей показал отрицательную тенденцию времени прибывания вагонов в движении. Другими словами, если в 2016 году она составляло 17%, то в 2021 году оно стало 13%. При этом возросло время простоя вагонов на технических станциях от 43% до 49% от затраченного времени оборота. Это привело к превышению времени простоя вагонов на технических станциях (рис. 1).

На основе выполненного анализа ряда сортировочных устройств установлено, что основной причиной превышения технологических норм продолжительности обработки перерабатываемых вагонов является несоответствие отдельных параметров, т.е., высоты и профиля спускной части сортировочной горки к требуемым условиям.

Важнейшим показателем для железнодорожной отрасли является грузооборот, который по сравнению с прошлым годом вырос на 18,8%. Пассажирооборот за отчетный период также увеличился на 11,5%. Сортировочные станции играют важную роль при переработке вагонопотока, поступающего через железнодорожные узлы и они

оборудованы для этих целей сортировочными горками. Качественная работа сортировочных станций обуславливает повышение качества работы железных дорог в целом.

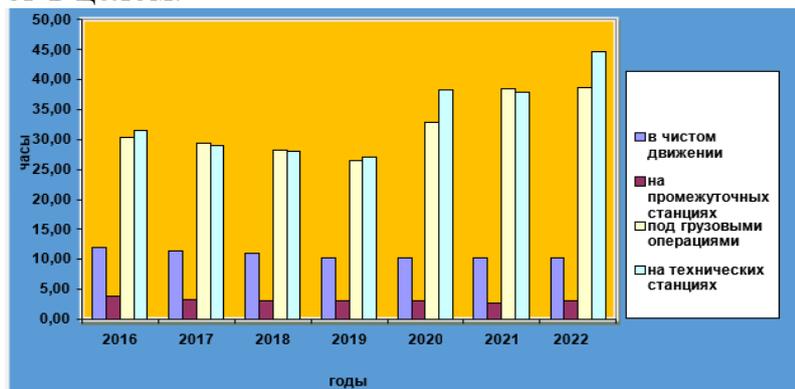


Рисунок 1. Изменение составных частей оборота вагона по годам

Все вышеизложенное показали необходимость совершенствования технических и технологических параметров сортировочных станций на основе инновационных технологий транспортных процессов.

Вторая глава диссертации «**Методологические основы расчета параметров сортировочных устройств**» посвящена анализу научных исследований, выполненных отечественными и зарубежными учёными по исследуемому вопросу, оптимизации поверхности и элементов профиля сортировочной горки с учетом ресурсосбережения, математическому моделированию продольного профиля сортировочной горки.

Продольный профиль сортировочной горки можно представить в виде гравитационного устройства, состоящего из горба горки, скоростного, промежуточного участка, участка тормозной позиции, стрелочной зоны и расчетной точки. Преобразование энергии гравитации в кинетическую энергию движения осуществляется на скоростном участке, который в отличие от прямолинейной траектории наклонного пути может иметь любую задаваемую траекторию.

В этой связи интерес представляет траектория спуска вагонов, в которой элементы продольного профиля выполнен в виде единой кривой наискорейшего спуска - брахистохроны, представляющей собой перевернутую дугу циклоиды АСВ, которая образуется при качении производящего круга с радиусом  $r$  по направляющей прямой АЕВ без скольжения при изменении угла поворота круга  $\varphi$  от 0 до  $2\pi$  (рис. 2). Брахистохроной является любой участок циклоиды — от ее начала в точке А до ее конца в точке С ( $C'$ ,  $C''$ ).

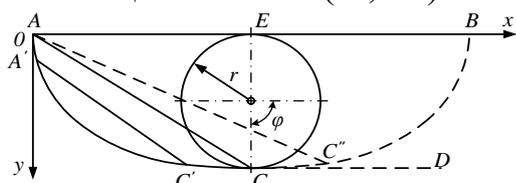


Рисунок 2. Кривая наискорейшего спуска

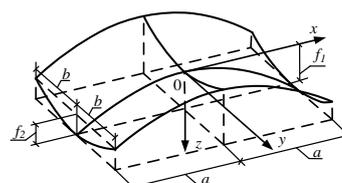


Рисунок 3. Гиперболический параболоид

Спуск вагона под действием силы тяжести по кривой АС или по любой ее части (например, А'С') всегда будет происходить быстрее, чем по

соответствующей прямой, соединяющей концы кривой, поскольку скорость спуска по брахистохроне всегда выше, чем скорость спуска по наклонной прямой. Рассмотрены возможности использования оболочек отрицательной гауссовой кривизны для формирования продольного профиля путей сортировочной горки. К оболочкам отрицательной гауссовой кривизны относят оболочки, очерченные по поверхности гиперболического со сторонами 2а и 2b, заданного параболой, выпуклой кверху, со стрелой подъема f1 над стороной 2а и параболой, выпуклой книзу, со стрелой провеса f2 над стороной 2b (рис. 3).

Уравнение поверхности в общем виде гиперболического параболоида имеет вид:

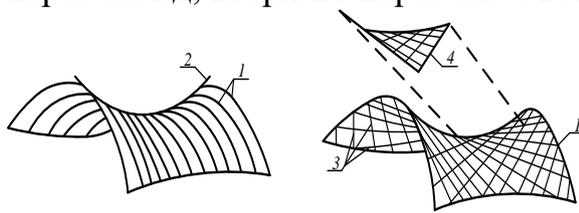
$$z = f_1 \left(\frac{x}{a}\right)^2 - f_2 \left(\frac{y}{b}\right)^2 \quad (1)$$



**Рисунок 4. Поверхности двойкой положительной (а), отрицательной (б) кривизны**

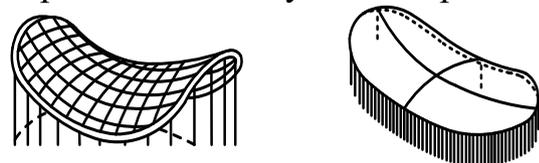
Знак кривизны зависит от расположения центров радиусов кривизны по отношению к поверхности. Когда центры расположены по одну сторону от нее, К имеет положительное значение, с обеих сторон - отрицательное (рис. 4).

Типичным примером поверхности отрицательной образованный перемещением параболы с ветвями кривизны является гиперболический параболоид, вверх по параболы с ветвями вниз (рис. 5).



**Рисунок 5. Гиперболический параболоид: 1 - парабола вершиной вверх (образующая); 2 - парабола вершиной вниз (направляющая); 3-генераторы прямые; 4- пространственный четырехугольник – гипар**

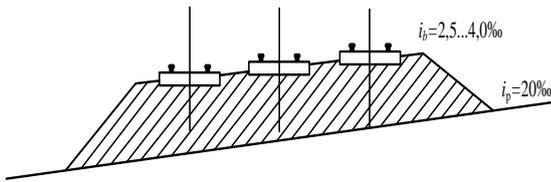
Для обеспечения быстрого скатывания вагонов и оцепов по поверхности горки предложены в гиперболическом параболоиде, параболу (рис. 5 (2)) с вершиной в низ это будет направляющей, заменит на брахистохрону, в итоге для проектирования поверхности сортировочной горки получены оболочки отрицательной гауссовой кривизны (рис. 6).



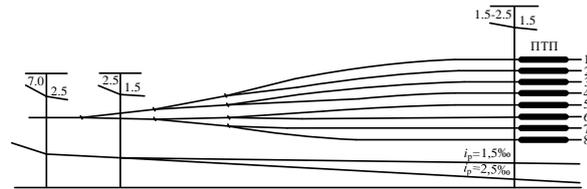
**Рисунок 6. Оболочки отрицательной гауссовой кривизны**

Для проектирования сортировочной горки выбираем одну половину полученной оболочки от седловой точки брахистохроны (для направления сортировки слева на право-левую половину, а для сортировки справа на левую -правую).

В соответствии с действующими нормами, поперечный профиль земляного полотна в пучке необходимо устраивать односкатным (либо двускатным) с уклоном 0,02 (рис. 7).



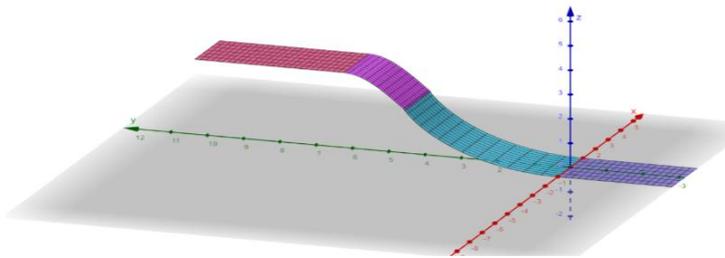
**Рисунок 7. Поперечный профиль пучка сортировочного парка**



**Рисунок 8. Продольный профиль пучка сортировочного парка**

Поперечный уклон пучка достигается путем изменения уклонов продольного профиля (за счет изменения толщины балластной призмы) после пучковой стрелки на каждом сортировочном пути. Очевидно, что максимальный поперечный уклон будет при условии проектирования крайних путей пучка, соответственно, с максимальным и минимальным допустимыми продольными уклонами, т.е.  $i_{c31} = 2,5 \text{ ‰}$  и  $i_{c38} = 1,5 \text{ ‰}$  (рис. 8).

Построим математическую модель поверхности сортировочной горки, состоящей из нескольких частей, то есть из нескольких поверхностей. В качестве общей поверхности возьмем прямолинейную поверхность, эта поверхность изометрична плоскости, то есть плоскость может быть отражена так, что можно перейти на поверхность  $F$  с сохранением расстояния и угла.



**Рисунок 9. Вид поверхности  $F$  в системе координат**

Рассмотрим поверхность на плоскости  $OXY$  как однозначную проективную поверхность  $F$ . Здесь плоскость  $OXY$  — это плоскость, проходящая через самую нижнюю часть горки, а ось  $OZ$  принята за перпендикулярную ей ось.

Поверхность  $F$  можно представить, разделив ее части в следующем порядке (рис. 9):

$$F = \begin{cases} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{cases} . \quad (2)$$

здесь:

$$F_1 = \begin{cases} x = v_1 & -\infty < v_1 < \infty \\ y = u_1 & -\infty < u_1 < 0 \\ z = H & H \in \text{const} \end{cases}, \quad F_2 = \begin{cases} x = v_2 & -\infty < v_2 < \infty \\ y = -u_2 + p & 0 < u_2 < u_0 \\ z = a \cdot e^{-bu_2^2} + q \end{cases} . \quad (3)$$

$$F_3 = \begin{cases} x = v_3 \\ y = \frac{k}{\sqrt{2}}(u_3 + \sin u_3), \\ z = \frac{k}{\sqrt{2}}(1 - \cos u_3) \end{cases}, \quad F_4 = \begin{cases} x = v_4 & -\infty < v_4 < \infty \\ y = u_4 & 0 < u_4 < \infty \\ z = 0 \end{cases}$$

$F_1$  рассматривается как поверхность. Первым делом находим вектор нормали к поверхности в этой точке.

$$F_2: \begin{cases} \vec{r}_{v_2} = \{1:0:0\} \\ \vec{r}_{u_2} = \{0:1:-2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2}\} \end{cases} \quad F_3: \begin{cases} \vec{r}'_{v_3} = \{1:0:0\} \\ \vec{r}'_{u_3} = \left\{0: \frac{k}{\sqrt{2}}(1+\cos u_3): \frac{k}{\sqrt{2}}(\sin u_3)\right\} \end{cases}$$

Используя это, согласно определению нормального вектора:

$$\vec{n}_{F_2, \gamma_2} = [\vec{r}_{v_2}, \vec{r}_{u_2}], \quad \vec{n}_{F_3, \gamma_2} = [\vec{r}'_{v_3}, \vec{r}'_{u_3}] \quad (4)$$

Чтобы нормали векторов  $\vec{n}_{F_2, \gamma_2}$  и  $\vec{n}_{F_3, \gamma_2}$  были равны, используя равенство векторов  $\vec{r}_{v_2}$  и  $\vec{r}'_{v_3}$  требуется выполнение равенства  $\vec{r}_{u_2} = \vec{r}'_{u_3}$ . Используя это, можно найти уравнение прямой  $\gamma_2$ . При этом:

$$\begin{cases} \frac{k}{\sqrt{2}}(1 - \cos u_3 + \sin u_3) = 1 \\ \frac{k}{\sqrt{2}}(-1 + \cos u_3 + \sin u_3) = -2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} \end{cases} \quad (5)$$

Из системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{k}{\sqrt{2}}(1 + \cos u_3) &= 1 \\ \cos u_3 &= \frac{\sqrt{2}}{k} - 1 \\ u_3 &= \arccos\left(\frac{\sqrt{2}}{k} - 1\right) \end{aligned} \quad (6)$$

Подставляя значение  $u_3$  в равенство (2) в системе уравнений (5), получаем следующие уравнения:

$$\begin{aligned} 2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{k}{\sqrt{2}} \sin u_3 \\ 2abu_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{\sqrt{2}}{k} \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{2}}{k} - 1\right)^2} \\ u_2 \cdot e^{-bu_2^2} &= \frac{k}{2\sqrt{2}ab} \cdot \sqrt{\frac{2}{k^2} - \frac{2\sqrt{2}}{k}} \end{aligned} \quad (7)$$

упрощая его, запишем так:

$$u_2 \cdot e^{-bu_2^2} = A \quad (8)$$

здесь,

$$A = \frac{k}{2\sqrt{2}ab} \cdot \sqrt{\frac{2}{k^2} - \frac{2\sqrt{2}}{k}}.$$

Уравнение (7) решается для чисел  $b$  и  $A$  с использованием математического пакета Maple. В среде Maple он вводится следующим образом:

- Restart
- fun:=u2exp(-b\*u2)=A;
- sole(fun, u);
- u2=natija.

Теперь вычислим первую квадратичную форму для каждой части заданной поверхности F отдельно.

Для поверхности:

$$F_1: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1 \end{cases} \quad I_{F_1} = du_1^2 + dv_1^2 \quad F_2: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1+4a^2b^2u_2^2e^{-2bu_2^2} \end{cases} \quad I_{F_2} = dv_2^2 + (1+4a^2b^2u_2^2e^{-2bu_2^2})du_2^2 \quad (9)$$

$$F_4: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=1 \end{cases} \quad I_{F_4} = dv_4^2 + du_4^2 \quad F_3: \begin{cases} E=1 \\ F=0 \\ G=k^2(1+\cos u_3) \end{cases} \quad I_{F_3} = dv_3^2 + k^2(1+\cos u_3)dU_3^2$$

Длина регулярной линии на поверхности определяется по следующей формуле:

$$l = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{\Pi} dt \quad (10)$$

Если принять заданную линию  $\tilde{\gamma}$  над поверхностью, над которой мы рассматриваем, суммой  $\tilde{\gamma}_1, \tilde{\gamma}_2, \tilde{\gamma}_3$  и  $\tilde{\gamma}_4$ , то есть, если мы считаем, что он начинается с конца  $\tilde{\gamma}_{i+1}$  ( $i=1,2,3$ ), то в этом случае длина прямой равна сумме длин каждого отрезка.

Теперь вычислим длину каждой изогнутой линии, используя следующие интегралы:

$$l(\tilde{\gamma}_1) = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{1} dt = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{1} dt = t_1 - t_0; \quad l(\tilde{\gamma}_2) = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1+4a^2b^2t_1^2 \cdot e^{-2bt_1^2}} dt; \quad (11)$$

$$l(\tilde{\gamma}_3) = \int_0^{\alpha_0} k\sqrt{1+\cos t} dt; \quad l(\tilde{\gamma}_4) = \int_0^{t_4} \sqrt{1} dt = t_4.$$

Нормальная кривизна в направлении касательной поверхности  $\tau(du, dv)$

$$K_N = \frac{Ldu^2 + 2Mdudv + Ndv^2}{Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2} \quad (12)$$

здесь E, F, G и L, M, N – коэффициенты квадратичной формы,

$$L = \frac{(r_{uu}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG-F^2}}, \quad M = \frac{(r_{uv}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG-F^2}}, \quad N = \frac{(r_{vv}, r_u, r_v)}{\sqrt{EG-F^2}} \quad (13)$$

Если  $k_n=0$  в  $\vec{a}$  направлении, то это направление называется асимптотическим.

$$k_n = 0 \Leftrightarrow \Pi = 0,$$

поэтому мы определяем асимптотическое направление поверхности  $F_3$ , полагая вторую квадратичную форму равной 0 (нулю).

Чтобы найти вторую квадратичную форму для поверхности  $F_3$ , мы определяем следующее:

$$r_{u_3v_3} = \{0:0:0\}; \quad r_{v_3u_3} = \{0:0:0\}; \quad r_{u_3u_3} = \left\{ 0: -\frac{k}{\sqrt{2}} \sin c: \frac{k}{\sqrt{2}} \cos u_3 \right\} \quad (14)$$

Чтобы вагон, отпускаемый с горки, мог присоединиться к составу, он должен перейти на другой путь, отличающийся от направления, в котором он движется. Он делает это на поверхности  $F_3$ . Путь перемещения является геодезической линией, которая в свою очередь, является самой короткой, и линией, которая ведет себя как прямая линия на поверхности. Для этого линию перехода обозначим и ее формулу представим в виде:

$$\{p_1 = p_1(t), p_2 = p_2(t)\}. \quad \text{Здесь введем следующие обозначения: } \begin{matrix} p_1 = v_3, \\ p_2 = u_3 \end{matrix}.$$

Уравнение геодезической линии решается путем вычисления следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d^2 p_1}{dt^2} + \sum_{i,j=1}^2 \Gamma_{ij}^1 \frac{dp_i}{dt} \frac{dp_j}{dt} = 0 \\ \frac{d^2 p_2}{dt^2} + \sum_{i,j=1}^2 \Gamma_{ij}^2 \frac{dp_i}{dt} \frac{dp_j}{dt} = 0 \end{cases}. \quad (15)$$

Коэффициент Кристофеля определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} \Gamma_{11}^1 = \Gamma_{11}^2 = \Gamma_{12}^1 = \Gamma_{12}^2 = \Gamma_{22}^1 = 0 \\ \Gamma_{22}^2 = -\frac{k^2}{2} \sin(p_2). \end{aligned} \quad (16)$$

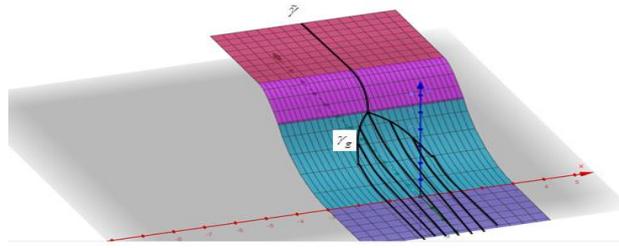
Подставляя полученное значение  $\Gamma_{ij}^k$  – в уравнение (15), получим следующее уравнение:

$$\begin{cases} \frac{d^2 p_1}{dt^2} = 0 \\ \frac{d^2 p_2}{dt^2} - \frac{k^2}{2} \sin(p_2) \left( \frac{dp_2}{dt} \right)^2 = 0 \end{cases}. \quad (17)$$

Из этого уравнения можно найти уравнение геодезической линии:

$$\begin{cases} p_1 = C_1 t + C_2 \\ p_2 = C_3. \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 = C_1 t + C_2 \\ p_2 = -\arctg \left( \frac{\operatorname{th} \left( \frac{x - C_4}{2} \sqrt{\frac{k^4}{4} - C_3^2} \right)}{\frac{k^2}{2} + C_3} \sqrt{\frac{k^4}{4} - C_3^2} \right). \end{cases} \quad (18)$$

Из этих двух уравнений первое-это известная нам линия  $\gamma$ , второе-необходимая нам линия, по которому нужно двигаться вагону.  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – можем определить этих постоянных, зная начальную точку сортировки и угол поворота при передвижении вагонов. Вагон, движущийся по  $\gamma_s$  при удалении на расстояние междупутья  $d$ , переходит на параллельный путь  $\gamma$  и присоединяется к формируемому составу (рис. 10).



**Рисунок 10. Вид модели для роспуска состава с горки, спроектированной с помощью кривой Брахистохроны**

Если начальную скорость вагона при скатывании с горки назначим  $V_0$ , то кроме прямой  $\gamma$ , по всем остальным путям вагон, для присоединения к формируемому составу, проходит как минимум по двум точкам поворота. Потерянную энергию за счет сопротивления от среды и ветра обозначив через  $E_{sh}$  и силу трения обозначив через  $F_\mu$ , для вагона массой  $m$  можно написать следующее: начальная энергия -  $\frac{mV_0^2}{2} + mgH$ , конечная энергия -  $\frac{mV^2}{2}$ , энергетическая высота, теряемая при торможении -  $h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{in}$ .

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgH = \frac{mV^2}{2} + mg \sum_{i=1}^n h_{ii} + E_{sh} + F_\mu l(\gamma). \quad (19)$$

Отсюда, можем определить высоту сортировочной горки:

$$H = \frac{1}{mg} \left( \frac{mV^2}{2} + mg \sum_{i=1}^n h_{ii} + E_{sh} + F_\mu l(\gamma) - \frac{mV_0^2}{2} \right). \quad (20)$$

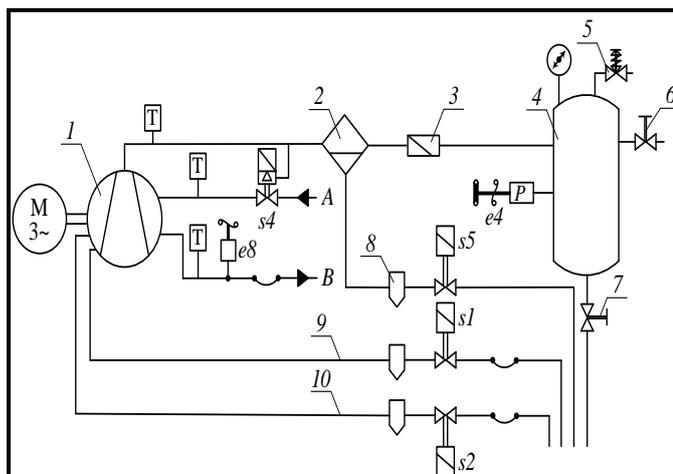
Подставляя данные в формулу (20), получим высоту сортировочной горки, определенную с применением брахистохронных кривых.

Третья глава диссертации «**Энергоэффективные решения по оптимизации транспортных процессов сортировочных станций**» посвящена разработке инновационного метода рекуперации энергии при торможении поездов в парке приема, оптимизации профиля и уклона элементов сортировочной горки для ускорения процесса расформирования составов и инновационному методу интенсификации работы сортировочной горки.

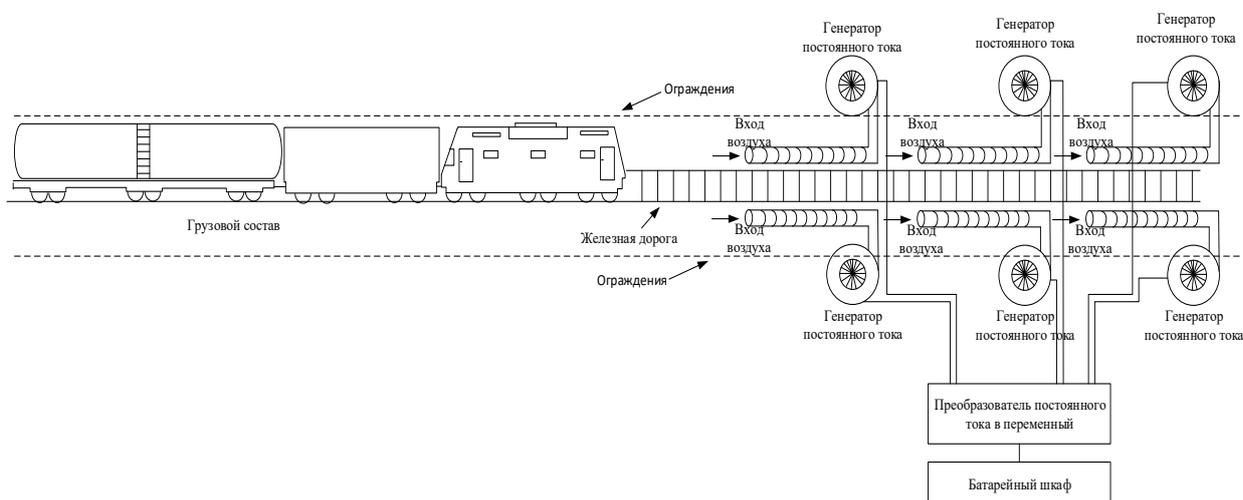
В настоящее время в связи с обострением проблемы распределения энергии в нашей стране и в мире большое внимание уделяется альтернативным видам энергии. На рис. 11 приведена предлагаемая принципиальная схема аккумулирования (в виде сжатого воздуха) кинетической энергии прибывающего поезда на сортировочную станцию.

Структурная схема выработки источника электроэнергии методом рекуперации в парке приёма сортировочной станции представлена на рис. 12. На сегодняшний день рекуперированная энергия торможения повторно на железной дороге практически не используется. С применением накопителя кинетической (электрической) энергии она может полностью направляться через компрессорную станцию на торможение вагонов и другие потребности. При этом, расходы на оборудование системы рекуперации на один путь

составит  $\approx 40$  млн. сум. Экономия от применения системы рекуперации равна 299 млн. сум в год.



**Рисунок 11. Принципиальная схема системы аккумуляции пневматической энергии:** 1-двухступенчатый пневматический компрессор; 2-маслоотделитель; 3-триггерный клапан давления; 4-воздушный баллон сжатого воздуха; 5-предохраняющий клапан; 6- клапан расхода сжатого воздуха; 7- клапан очистки и продувания; 8- грязеуловитель; 9,10- воздухопроводы для сжатого низкого и высокого давления воздуха; Т- термометр; S1, S2, S5- соленоидные клапаны дренажные S4, – соленоидный клапан для воды; e4-реле пуска и остановки компрессора по давлению в емкости сжатого воздуха; e3- реле остановки компрессора при превышении допустимой температуры охладителя; М- шкив соединенный, с приводом передачи усилий от нажимной педали через кривошипно-шатунный механизм. «А» и «В» - направления входа и выхода охладителя.



**Рисунок 12. Структурная схема выработки источника электроэнергии методом рекуперации в парке приема сортировочной станции**

Общий принцип действия сортировочной горки основан на гравитационном спуске оцепов и вагонов с интервальным и прицельным торможением на тормозных позициях, где осуществляется необходимая переработка вагонов. Для увязки брахистохронных кривых и ее элементов с проектируемым продольным профилем сортировочной горки и с соответствующими требованиями, воспользуемся алгоритмом формирования

фрактальных сигналов и свойством гомотетичности параметрических циклоидальных функций.

Задача о брахистохроне может трактоваться как задача об оптимальном проектировании продольного профиля сортировочной горки, которая учитывает в классической постановке минимизацию лишь одного фактора – времени движения материальной точки по кривой  $y(x)$ , и определяется известным выражением:

$$r = \int_0^i \sqrt{\frac{1+y'^2}{2gy}} dx \rightarrow \min. \quad (21)$$

здесь (21) штрихом обозначена производная по координате  $x$ . Брахистохрона задается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x = r\varphi - r \sin \varphi, \\ y = -(r - r \cos \varphi) + 2r. \end{cases} \quad (22)$$

где  $r$  – радиус образующей окружности,  $\varphi \in [0; \pi]$  – угол поворота образующей окружности.

В системе уравнений (22) член формулы  $2r = h$  (верхней точке кривой) дает смещение циклоиды вдол оси  $y$ , так что вся кривая лежит в IV-ой четверти;  $r, \varphi$  - искомые параметры «кривой Брахистохроны», определяемые из дополнительных условий  $(H_r, L_{рт}, H_{торм}, h_0, v_0, w_0)$ .

Анализ влияния различных видов сопротивления показали, что они оказывают сильное влияние на скорость вагона в процессе скатывания с горба горки. С учетом этих данных была разработана математическая модель влияния сопротивлений на скорость скатывания вагона, а также модель энергопотребления на торможение отцепа, на который воздействуют силы сопротивлений. Эта модель позволила скорректировать систему (22) с учетом влияния перечисленных условий на скатывающийся отцеп и специализацию путей:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_k = m_{kj}, m_{k(j+1)}, \dots, m_{km} \\ L_{ck(j+1)} = L_{ckj} - B_j \\ H_{Tj} = H_r + h_{v_0j} - h_{wj} - H_{npj} \\ h_{0j} = \frac{\left(1 - \frac{420n_j}{100m_j}\right) V_0^2}{2g} \end{array} \right. \quad (23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{wj} = 10^{-3} \left( w_{0j} \pm \frac{17,8C_x S + \sum_{j=2}^n C_{xxj} S_j}{(273 + t) \sum_{i=1}^n m_i} \right) V_{скор}^2 \\ x = rt - \sin t, \quad y = -(r - r \cos t). \end{array} \right. \quad (24)$$

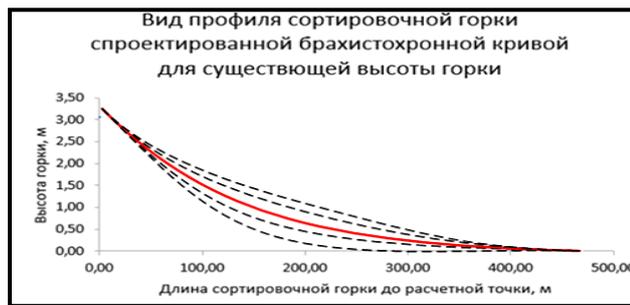
где  $m_k$  – вес  $j$ -го вагона,

$n$  – количество вагонов в составе

$B_j$  – вектор длины вагонов

$L_{ck(j+1)}$  – одномерный массив данных свободы участков путей.

Результат обвода Брахистохронной кривой для существующей горки представлен на рис.13.



**Рисунок 13. Обвод- брахистохронной кривой для проектируемой горки**

Расчеты проводились при начальных углах спуска  $\alpha_1$ , не превышающих 35-50 ‰, но с постоянным конечным горизонтальным углом - не более 1,5 ‰ до 1/3 длины путей сортировочного парка. Рассчитано изменение высоты сортировочной горки при температуре от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  в соответствии с КМК 2.01.01-94, а также «розы ветров» ст. Чукурсай. Расчеты велись по двум методикам: по существующей и по предлагаемой, которая учитывает особенности брахистохроны. По результатам расчетов по действующей методике начальная скорость меняется от 1,44 м/с до 1,72 м/с. (рис. 14). Отсюда можно сделать выводы о том, что при снижении температуры воздуха от  $+7$  и ниже начальная скорость роспуска резко увеличивается.



**Рисунок 14. Изменение начальной скорости роспуска в зависимости от температуры (при существующей методике)**



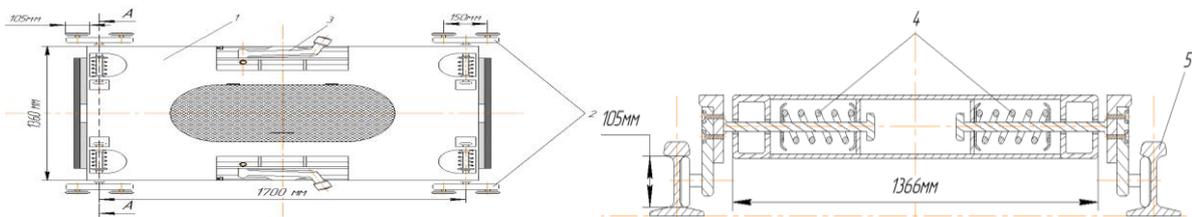
**Рисунок 15. График зависимости начальной скорости роспуска от температуры (при предлагаемой методике)**

Результаты расчетов по предлагаемой методике показывают, что при любых изменениях температуры воздуха колебание в значениях начальной скорости роспуска состава составляет от 0,03 до 0,05 м/с (рис.15). Значение начальной скорости состава не превышает 1,55 м/с.

Произведен расчет высоты сортировочной горки по существующей и предлагаемой методике. Анализ результатов расчета для конкретно рассматриваемой станции, с применением брахистохронной кривой в расчетную формулу показала, что высота горки должна составлять 2,85 м, в то время, как существующая высота горки равна 3,05 м.

Рассмотрен вариант применения ускорителей-замедлителей на подгорочном парке не зависимо от автоматизации или механизации сортировочной горки. Проведены работы по конструированию ускорителей-замедлителей тележечного типа.

Конструкция предложенного варианта ускорителя-замедлителя показана на рис. 16.

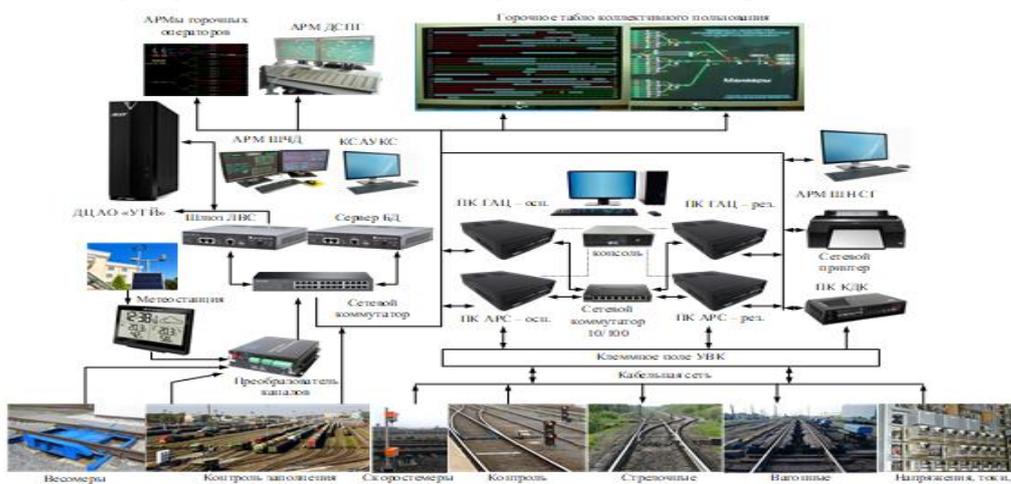


**Рисунок 16 – Конструктивная схема ускорителя-замедлителя тележечного типа:**

1 – корпус ускорителя-замедлителя; 2 – тележки с роликовыми парами; 3 – выдвигаемые рычаги; 4 – компрессионные пружины; 5 – железнодорожные рельсы

По результатам проведенных исследований можно сказать, что данная конструкция ускорителя-замедлителя вполне соответствует требованиям, указанным в технико-нормативных документах, с запасом прочности равным 5,9, что даёт возможность рекомендовать к использованию на соответствующих железнодорожных станциях Республики Узбекистан.

Совершенствована система автоматизированного управления торможением на сортировочной горке для увеличения её перерабатывающей способности, а также для обеспечения безопасности процесса расформирования-формирования поездов. Структурная схема разрабатываемой системы автоматизации и управления технологическими процессами сортировочной станции представлена на рис. 17.



**Рисунок 17. Структурная схема разрабатываемой системы автоматизации и управления технологическими процессами сортировочной станции**

Ускоритель-замедлитель может управляться вручную АРМ-ДСПГ или автоматически на основе данных путевых датчиков.

При эксплуатации ускорителя-замедлителя на подгорочном парке перерабатывающая способность сортировочной горки повышается от 2604 вагонов до  $\approx 3243$  вагонов в сутки.

Четвертая глава диссертации «**Оптимизация технико-технологических параметров местной работы сортировочной станции и района тяготения**» посвящена формализации технологии работы с местными вагонами с использованием нейронных сетей, функциональному моделированию местной работы железнодорожного узла, а также методике оптимизации параметров передаточных поездов.

Важным при оптимизации параметров функционирования сортировочной станции и прилегающих участков является выбор

эффективных алгоритмов поиска экстремума. Следовательно, необходимо использование методов оптимизации, и дискретное изменение параметров. Для этой цели можно применить теорию «коллектива оптимизирующих автоматов», основанную на использовании алгоритмов случайного поиска.

Идея использования «коллектива оптимизирующих автоматов» заключается в том, что каждому оптимизируемому параметру «подключается» стохастический автомат ( $A_{lp}$ ), независимо работающий от других  $A_{lp}$ . Информацией, управляющей работой каждого из них, является знак приращения показателя качества (целевой функции):

$$\Delta E_r = E_r - E_{r-1}. \quad (25)$$

На основе  $\Delta E_r$ , автомат определяет направления изменения  $\Delta x_{lp}$  ( $p$ -го параметра  $l$ -й подсистемы на  $r$ -м шаге поиска)

$$\Delta x_{lp}^r = a_{lp} \alpha_{lp}^{(r)}, \quad (26)$$

где  $\alpha_{lp}^{(r)}$  - знак направления шага на  $r$ -м шаге;

$a_{lp} > 0$  - модуль шага вдоль  $n$ -го параметра  $l$ -й подсистемы

$$\alpha_{lp}^{(r)} = \begin{cases} +I, & \text{если } \Delta E_r < 0; \\ -I, & \text{если } \Delta E_r > 0. \end{cases}$$

Таблица 1

### Порядок расчета автоматов (фрагмент)

№	№ тактов	№ авто-матов	ПАРАМЕТРЫ				$\sum E$	Sign( $\Delta E$ ) направ. шага
			$x_1$	$x_2$	...	$x_n$		
1	2	3	4	5	...	П+3	П+4	П+5
1	Исходное состояние		$x_1^0$	$x_2^0$	...	$x_n^0$	$E_0$	
2	$I$	1 2 ⋮ $n$	$x_1^0 + h_1$ $x_1^0$ ⋮ $x_1^0$	$x_2^0$ $x_2^0 + h_2$ ⋮ $x_2^0$	...	$x_n^0$ $x_n^0$ ⋮ $x_n^0 + h_n$	$E_0^1$ $E_0^2$ ⋮ $E_0^n$	$\pm$ $\pm$ ⋮ $\pm$
3	Состояние после $I$ -го такта		$x_1^I$	$x_2^I$	...	$x_n^I$	$E_0 = E_I$	

Каждый автомат работает на основе принципа: закрепляют направление поиска, если действие приводит к цели (+), сменит направление шага на обратное (-), если действие не приводит к цели. Выход какого-либо параметра за пределы ограничений, автоматы будут рассматривать как (-). Таким образом, автоматы будут работать до достижения значений параметров  $E_{min}$  (табл. 1)

Выполнена математическая постановка задачи определения размеров передаточных поездов. Целевая функция суммарных приведенных затрат представлена в следующем виде:

$$E_{прив} = \min f \left( N_{ji}^c, m_{ij}^{пер}, m_{jk}^{под}, m_{jk}^{уб}, T_{ij}^{фер}, T_{ij}^{выс}, T_{ij}^{по}, M_{jk}, ML_{ji} \right). \quad (27)$$

В (27) управляемыми переменными являются  $m_{ij}^{пер}$ ,  $m_{jk}^{под}$ ,  $M_{jk}$ ,  $ML_{ji}$ , а остальные параметры зависят от этих основных параметров перемещения вагонов в составах передаточных поездов. Выражение (27) можно представить в виде:

$$E_{прив} = \min f(N_{ij}^c, m_{ij}^{пер}, m_{jk}^{под}, M_{jk}, ML_{ij}). \quad (28)$$

При этом ограничения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} m_{ij}^0 &\leq m_{ij}^{пер} \leq m_{ij}^1; & m_{jk}^0 &\leq m_{jk}^{под} \leq m_{jk}^1; \\ M^0 &\leq \sum_{j=1}^{j_0} \sum_{k=1}^{k_0} M_{jk} \leq M^1; & ML^0 &\leq \sum_{i=1}^{i_0} \sum_{j=1}^{j_0} M_{ij} \leq ML^1. \end{aligned} \quad (29)$$

где  $m_{ij}^0$ ,  $m_{jk}^0$ ,  $M^0$ ,  $ML^0$  – нижние ограничения соответствующих параметров местной работы узла;  $m_{ij}^1$ ,  $m_{jk}^1$ ,  $M^1$ ,  $ML^1$  – соответственно верхние ограничения параметров.

Для выбора оптимальных параметров передаточного движения разработаны алгоритм и программы. На основе полученных результатов, произведен анализ влияния параметров передаточных поездов на экономические показатели организации местной работы железнодорожного узла. Это позволило выявить резервы и выработать экономически обоснованные рекомендации по повышению эффективности планирования местной работы узла.

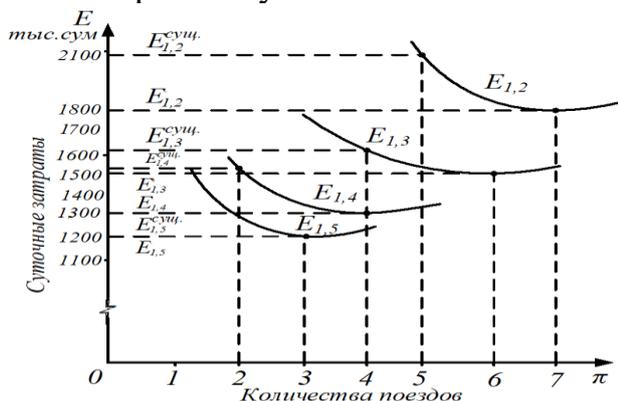


Рисунок 18. Суточные затраты на накопление, формирование и отправление передаточных поездов в зависимости от размеров движения

эта сумма составит 285.млн. сум/год.

В пятой главе диссертации «**Практическая реализация и оценка эффективности инновационных технологий транспортных процессов на сортировочной станции**» освещены методологические аспекты формирования и размещения логистических центров по обслуживанию грузовых перевозок, разработана модульная система управления сортировочной станцией и выполнена оценка синергетической эффективности внедрения инновационных технологий транспортных процессов на сортировочной станции.

На основе общих требований транспортной логистики по доставке необходимого груза (G), по требуемому адресу (A), в определенное время

Из рис.18. видно, что эксплуатационные затраты для передаточных поездов, сформированных на сортировочной станции (станция-1) до грузовой станции (станция-2,3,4,5) различаются по существующей и по предлагаемой методике. Экономия от внедрения предлагаемой методике по каждой станции составляет соответственно 323,0; 120,0; 223,0 и 114,0 тыс. сум/сутки, следовательно за год

(Т), в нужном количестве (N) и состоянии (Q), затребованному потребителю (R) расходуя минимальные логистические затраты (С), сформулирована задача доставки товара с применением принципов транспортной логистики. Эта задача сформулирована в виде целевой функции (L) при перечисленных выше параметрах:

$$F_{G,A,T,N,Q,R}(C) \rightarrow \min \quad (30)$$

при

$$f(G,A,T,N,Q,R)=1.$$

При этом требуется выполнение условий:

$$L \ll D_p - D_s \quad (31)$$

где  $D_p - D_s$  – разница между стоимостью услуги  $D_p$  и стоимостью продажи партии товара.

Экспериментальные исследования параметров сортировочных станций и сортировочных горок, в частности, её роли в поставке грузов показывают, что сортировочные станции предназначены для массового расформирования и формирования составов, перерабатывают местные и транзитные вагонопотоки. Здесь ограничивающим звеном сортировочной станции является сортировочная горка и парк отправления.

Для реализации поставленной задачи для сортировочной станции предложено решение следующих задач:

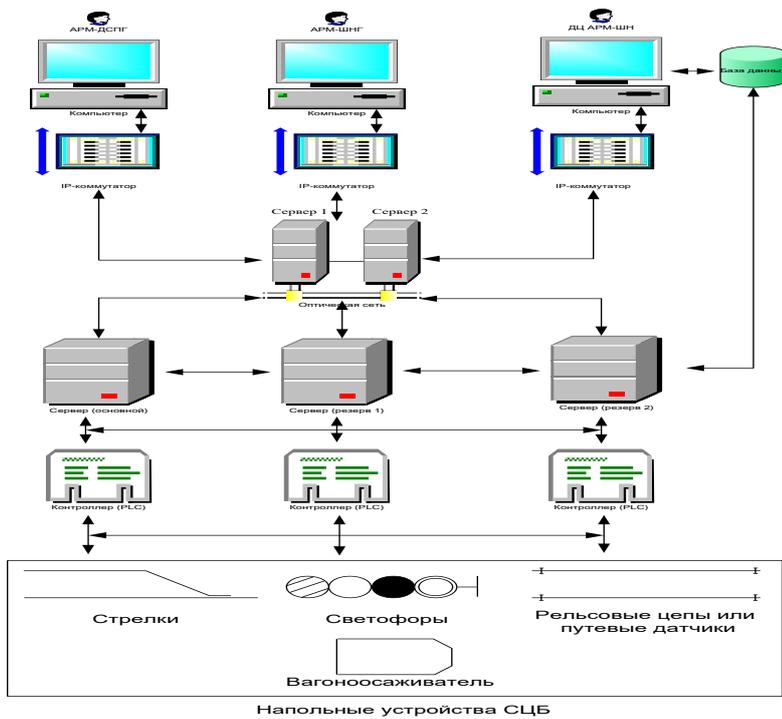
- совершенствование профиля сортировочной горки (СГ);
- повышение возможности увеличения количества формируемых местных поездов (передаточных, вывозных и сборных), на основе ресурсосберегающих технологий;
- формирование и отправление местных поездов по фиксированным графикам движения, согласованные с грузовыми станциями и терминалами.

Неконтролируемое количество грузового транспорта, по весовым и количественным нормативам, въезжающие на городские дороги приводят к возрастанию транспортного передвижения разной грузоподъёмности.

Для устранения данной ситуации, сортировочная станция во взаимодействии с грузовыми станциями и терминалами, расположенными на станциях сортировочной станции, должна формировать групповые, передаточные поезда, консолидированные по терминалам, группы вагонов-сборные поезда и передавать их по станциям узла, терминалам и подъездным путям с глубокими входами на территории города.

На сегодняшний день увеличение грузопотока на железнодорожном транспорте требует применения современных методов. Одним из таких методов являются микропроцессорные модульные устройства на базе цифровой техники.

Усовершенствованная система управления и контроля сортировочной станцией на базе устройства «Ускоритель-замедлитель» (рис.19) позволит сократить ежедневный процесс работы АРМ-ДСПГ и АРМ-ШНГ, повышает



**Рисунок 19. Разработанная модульная система управления сортировочной станцией с микропроцессором**

Экономическая эффективность внедрения новых нормативных коэффициентов при расчёте параметров сортировочной горки определяется на основе сопоставления экономии в эксплуатационных затратах с капитальными вложениями, которые необходимы для изменения параметров горки. Экономия от внедрения разработанного предложения составит  $\mathcal{E}_p = 756$  млн. сум в год. По установленным правилам срок окупаемости не должен превышать 10 лет. По произведенным расчетам срок окупаемости равен  $\approx 6$  годам. По результатам проведенных расчетов установлено, что тернарный синергетический эффект от внедрения предлагаемых мероприятий равен 3071,2 млн. сум в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен системный анализ организации работы сортировочных станций. В результате выявлено, что за истекшие годы наблюдается отрицательная тенденция снижения времени пребывания вагонов в движении. Так, в 2016 году его доля составила 17%, к 2021 она была равна 13%. При этом возросло время простоя вагонов на технических станциях от 43% до 49% времени оборота, что привело к превышению времени простоя вагонов на данных станциях. На основе выполненного анализа установлено, что основной причиной превышения технологических норм продолжительности обработки перерабатываемых вагонов является несоответствие отдельных параметров, т.е., высоты и профиля спускной части сортировочной горки к требуемым условиям.

2. Разработана инновационная технология аккумуляции кинетической энергии прибывающего поезда в парк прибытия

производительность труда, в первую очередь, повышает безопасность железнодорожного движения на более высокий уровень, а также позволяет сократить почти в 2 раза простой вагонов под накоплением на сортировочной станции, использование микропроцессорных систем, контроллеров, датчиков, оптических сетевых устройств, энергопотребление.

сортировочной станции в электрическую и пневматическую энергию. В результате достигнуто сокращение затрат на выработку электрической и пневматической энергии за счет передачи сжатого воздуха на компрессорную станцию в целях использования его для торможения вагонов на сортировочном парке, при инициализации различных устройств автоматики и др.

3. Предложена форма гиперповерхности сортировочной горки, в которой направляющей является брахистохрона (кривая с отрицательной гауссовой кривизной), а образующей является парабола (кривая положительной кривизной). Применение разработанных параметров профиля спускной части сортировочной горки дала возможность ускорить передвижение вагонов под действием силы тяжести по кривой в 1,5 раза чем по соответствующей прямой.

4. Установлено, что уклоны сортировочной горки, меняются в заданных пределах, но зависят от уклона предыдущего участка. В связи с этим, вся сортировочная горка принята как единая система используя критерии оптимальности Беллмана, получен оптимальный профиль сортировочной горки. В результате появилась возможность выбрать оптимальный вариант уклонов профиля сортировочной горки в соответствии требованиям действующих ГОСТ.

5. Разработан комплекс программных продуктов, включающий в себя совокупность инновационных технологий по расчету высоты, коэффициента полезного использования, перерабатывающей способности сортировочной горки и мощности тормозных позиций на спускной части. В результате, появилась возможность моделировать процесс расформирования составов что привело к оптимизации расходов на торможение оцепов на 7%.

6. Совершенствована система автоматизации торможения вагонов в сортировочном парке не зависящая от параметров технического оснащения сортировочной горки с проверкой его на прочность. В результате появилась возможность устранить вероятность образования «окон» между отцепами и установлено, что данная конструкция ускорителя-замедлителя соответствует требованиям, указанным в технико-нормативных документах с запасом прочности равным 5,9.

7. Разработан передовой метод моделирования местной работы на сортировочной станции, а также взаимодействия сортировочных и грузовых станций в системе городской логистики. В результате появилась возможность перевозки вагонов и контейнеров от сортировочных станций до грузовых терминалов, расположенных в городе с минимальными затратами на перемещение грузов.

8. Результаты исследования были внедрены на сортировочной станции и железнодорожный узел «Ташкент» АО «Узбекистон темир йуллари». В результате достигнуты эффективное использование путей подгорочного парка, экономия затрат при торможении оцепов с помощью разработанного ускорителя-замедлителя, сокращение расходов на перемещение передаточных поездов в узле. Суммарный экономический эффект составляет 1,3 млрд. сум.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC  
DEGREE OF THE DOCTOR OF SCIENCES BASED ON SCIENTIFIC  
COUNCIL PhD.15/31.08.2022.T.73.01 AT TASHKENT STATE  
TRANSPORT UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**KHADJIMUKHAMETOVA MATLUBA ADILOVNA**

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF TRANSPORT PROCESSES BASED  
ON OPTIMIZATION TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL  
PARAMETERS OF THE SORTING STATION**

**05.08.03 – Operation of railway transport**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2023**

The theme of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2023.2.DSc/T405

The doctoral dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) and on the web site of "Ziyonet" Information and education portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Aripov Nazirjan Mukaramovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Rakhmangulov Alexander Nelevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Fayzibaev Sherzod Sabirovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Muxamedjanova Ayjan Vesmovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Tashkent University of Information  
Technologies named after Muhammad  
al-Khwarizmi**

Defense of the dissertation will take place on 12.09.2023 at 15<sup>00</sup> o'clock at a meeting of One-time Scientific Council PhD.15/31.08.2022.T.73.01 at Tashkent State Transport University. Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz)

The doctoral (DSc) dissertation can be reviewed at the Information – Resource Center of the Tashkent State Transport University (Registration number – 116). (Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66.

Abstract of dissertation was distributed on 31.08.2023 year (mailing record № 19 on 30.08.2023 year).



**J.F. Kurbanov**  
Chairman of Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences (DSc), professor

**Sh.M.Suyunbayev**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences (DSc), professor

**D.X. Baratov**  
Chairman of this scientific seminar under  
scientific council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences (DSc), professor

## **INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)**

**The aim of the study** is to develop innovative technologies for transport processes based on the optimization of the technical and technological parameters of the marshalling yard.

**The object of the study** is marshalling yards and marshalling infrastructure.

**The subject of the research** is innovative technologies of transport processes, technical and technological parameters of marshalling yards.

### **Research objectives:**

to conduct a systematic analysis of the current state and study the issues of improving the design of marshalling yards, technical and technological support for the transportation of goods at marshalling yards;

explore existing methods and theoretical foundations for determining the functional parameters of hump yards;

develop energy-efficient technical and technological solutions for receiving trains at the station with a stop;

substantiate the need to use Brachistochrone curves for designing a marshalling yard, taking into account their functional and technological properties;

to develop innovative technologies of transport processes based on the optimization of the marshalling yard profile to ensure the rolling of cars of various categories at the highest speed;

improvement of braking modes on the hump tracks of the marshalling yard;

optimization of the interaction parameters of marshalling yards with adjacent cargo terminals and stations to ensure intensive processing of vehicles.

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

an innovative technology has been created for converting the lost kinetic energy of a train arriving at the reception park of the marshalling yard into electric, as well as pneumatic, due to the accumulation of compressed air;

improved method for optimizing the hump profile, taking into account the rolling of cars of various categories at the highest speed based on Brachistochronous curves;

a new approach was developed to establish the admissible elements of a various sorting hump rolling profile based on the Bellman optimality criterion;

the device for braking wagons in the marshalling yard has been improved, taking into account the maximum tension in the rollers of the retractable levers, depending on the weight of cut cuts;

mathematical models for the functioning of a marshalling yard in the organization of local car traffic are determined, taking into account the optimal size of the movement of transfer trains based on minimizing the reduced costs;

developed an advanced method of interaction between sorting and cargo stations in the system of urban logistics, taking into account the requirements for the delivery of local cargo in time to consumers.

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained scientific results of the development of innovative technologies of transport processes based on the optimization of the technical and technological parameters of the marshalling yard, the following were introduced:

Algorithms and tools for searching for the optimal parameters of the longitudinal profile of the hump have been introduced at Uzbekistan Temir Yullari JSC (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated May 26, 2023 No. 2/3463). As a result, it was possible to optimize the hump profile for rolling cars of various categories at the highest speed, which makes it possible to increase the productivity of hump yards, cargo terminals and various types of transport through the optimal search for solutions to increase the processing capacity of the system elements, as well as timely and high-quality delivery of goods in wagons and containers to consumers;

a pneumatic energy storage system has been introduced at the marshalling yard Chukursai JSC "Uzbekiston temir yullari" (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated May 26, 2023 No. 2/3463). This system will increase efficiency when accumulating the kinetic energy of a train arriving at the park, which is lost during its braking. At the same time, the savings will amount to 9977,3 thousand soums for one train per year;

a technique for modeling shunting work at a marshalling yard to serve local work has been introduced at the marshalling yard Chukursai JSC "Uzbekiston temir yullari" (certificate of the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated May 26, 2023 No. 2/3463). As a result, models and algorithms for the formation and departure of local trains for the marshalling yard gravity area were developed, therefore, they made it possible to bring wagons and containers to cargo terminals located in the city by reducing the number and distance of movement of heavy vehicles within the city. The economic effect of the introduction will be 285,000, soums per year.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

## И бўлим (I часть; I part)

1. Хаджимухаметова М.А. Теоретические основы методов определения параметров горки на сортировочных станциях (в условиях Узбекистана): монография. – Т.: “Илм, зиё, заковат”, 2019. – 250 с.
2. Хаджимухаметова М.А. Совершенствование управления вагонопотоками в современных условиях / Хаджимухаметова М.А. // Вестник ТашИИТа. – 2014. №2/3, с.75-80. (05.00.00; №11)
3. Хаджимухаметова М.А. Исследование функциональной зависимости высоты сортировочной горки / Хаджимухаметова М.А., Садилов Х.Х., Жалилов И.К. // Вестник ТашИИТа. – 2014. №1, с.65-69. (05.00.00; №11)
4. Khadjimukhametova M.A. Development of improved technical means for transportation fruits and vegetables / Khadjimukhametova M.A., Rahimov R. V., Rakhmatov Z. X. // European science review. № 1–2 2016. January–February. Vienna, 2016. P 175-177, (Scientific Journal Impact Factor = 5.99). <http://sjifactor.com/passport.php?id=22930>
5. Khadjimukhametova M.A. Problems of export uzbekistan’s horticultural products / Khadjimukhametova M.A., Ibragimov N.N., Rakhmatov Z. X.// European science review № 3–4 2016. March-april. Vienna, 2016, p 312-314 (Scientific Journal Impact Factor=5.99). <http://sjifactor.com/passport.php?id=22930>
6. Khadjimukhametova M.A. Modeling the movement of local cars at a marshalling yard using different networks / Khadjimukhametova M.A., Suyunbayev Sh.M., Khudayberganov S. K.// International journal of mechanical engineering. Vol. 7 No. 1 January, 2022. ISSN: 0974-5823 6292-6303. (Scopus IF=2.1), <https://kalaharijournals.com/ijme.php>
7. Хаджимухаметова М.А. Оценка экономической эффективности применения универсальных контейнеров для перевозки плодоовощей / Хаджимухаметова М.А. // Вестник ТашИИТа.-.2016. №4, с 67 – 75. (05.00.00; №11)
8. Хаджимухаметова М.А. Численно-аналитический прикладной метод для инженерных расчетов в процессе трехмерного моделирования температурных полей / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н.// Вестник ТАДИ. – 2016. №1, с36-42 (05.00.00; №15)
9. Хаджимухаметова М.А. Математическая модель процесса укладки ящиков при перевозке плодоовощей в рефрижераторных контейнерах / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н.// Научно-технический журнал ФерПИ. – 2016. Том 20, №3. С 70-77 (05.00.00; № 20)
10. Хаджимухаметова М.А. Способы модификации простых контейнеров для перевозки скоропортящихся продуктов / Хаджимухаметова М.А., Маликов З. // Журнал “Проблемы механики”, № 1, с 58-61, 2017. (05.00.00; №6)
11. Хаджимухаметова М.А. К вопросу о циркуляции воздуха внутри контейнера при открытом люке под определенным углом при модификации контейнеров для перевозки скоропортящихся грузов / Хаджимухаметова

М.А., Коровяковский Е.К. // Известия ПГУПС, 2018-1, стр 47-549. (05.00.00; №110).

12. Хаджимухаметова М.А. Математическое моделирование инъекционного эффекта / Хаджимухаметова М.А. // ТТЙМИ ахбороти, 2018, 2-3, 86-93. (05.00.00; №11)

13. Хаджимухаметова М.А. Geometric formation of schemes of technical objects in automated design systems / Хаджимухаметова М.А.//ТТЙМИ Ахбороти, 2019, 3, 196-201. (05.00.00; №11)

14. Khadjimukhametova M.A. Method of calculating the injection effect to create air circulation inside containers / Khadjimukhametova M.A., A.Merganov // International journal of innovative technology and exploring engineering (IJIRTEE), 2019, v-9, i-1, 3222-3224 (SCOPUS Scientific Journal Impact Factor = 6.37). <http://sjifactor.com/passport.php?id=1340>

15. Khadjimukhametova M.A. Optimization of the sorting hill profile to speed up rolling of cars of various categories with the highest speed/ Khadjimukhametova M.A. // Asian journal of reseach, 2020, № 1-3, 336-345. (IF=5.005), <https://journalofresearch.asia>

16. Khadjimukhametova M.A. A modern approach to the formation of surface and elements of sorting slide profiles / Khadjimukhametova M.A. // JOURNALNX, 2020, V6, I 7, 312-319, (IF=8.075), <https://repo.journalnx.com/index.php/nx>

17. Khadjimukhametova M.A. Improvement of methods of calculation of key parameters roller coaster for Uzbekistan / Khadjimukhametova M.A. // International journal of advansed science and technology, 2020, v 29, no 5, 1505-1514, (IF=1,7), <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/10062>

18. Khadjimukhametova M.A. Development of the design and conditions of operation of containers for transportation of Fruit and vegetable products / Khadjimukhametova M.A., A.Merganov // International journal of recent technology and engineering (IJRTE). 2020, V 8, I-8. p 252-256. (SCOPUS Scientific Journal Impact Factor = 6.27), <http://sjifactor.com/passport.php?id=1323>

19. Khadjimukhametova M.A. Evaluation of the impact of different types of uncoupling on the processing capacity of hump yards / Khadjimukhametova M.A., Miroslava Mikusova, Joanna Zukowska, Tomasz Mackun // Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(3), pp. 293–298, 2022. (Scopus IF=3.1) <https://doi.org/10.3311/PPtr.16509> [Creative Commons Attribution b|293](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

20. Хаджимухаметова М.А. Расчет параметров сортировочной горки с учетом условий Узбекистана // Вестник ТашИИТа, №1, 2011, с 45 – 49. (05.00.00; №11).

21. Хаджимухаметова М.А. Оценка внедрения новых нормативных коэффициентов при расчете параметров сортировочной горки // Вестник ТашИИТа, № ¾, 2012, с 40 – 44. (05.00.00; №11).

22. Хаджимухаметова М.А. Оптимизация профиля сортировочной горки // Вестник ТашИИТа, № 2, 2012, с 56 – 60. (05.00.00; №11).

23. Хаджимухаметова М.А. Анализ зарубежного и отечественного опыта по проблеме перевозок транзитных грузов через Республику

Узбекистан / Хаджимухаметова М.А., Бекмуродов Ш.М., Ибрагимов С.С. // Вестник ТашИИТа, № 3/4, 2013, с 67-69. (05.00.00; №11).

24. Хаджимухаметова М.А. Современное состояние транзитного потенциала ГАЖК «Узбекистон темир йуллари», проблемы и пути их решения / Хаджимухаметова М.А., Расулов М.Х., Ибрагимов У.Н. // Вестник ТашИИТа, № 3/4, 2013, с 75-78. (05.00.00; №11).

25. Хаджимухаметова М.А. Основы формирования правил перевозок грузов республики Узбекистан / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов У.Н. // Вестник ТашИИТа.-.2014. №2/3., с 95-98. (05.00.00; №11).

26. Хаджимухаметова М.А. Анализ существующих нормативно-правовых документов по организации перевозок плодов и овощей / Хаджимухаметова М.А., Мирхамидова М.К. // Вестник ТашИИТа.-.2015. №2., с 82 – 86. (05.00.00; №11).

27. Хаджимухаметова М.А. Моделирование оценки влияния различных факторов на сохранность качества свежих плодов и овощей при перевозке железнодорожным транспортом / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н. // Вестник ТашИИТа.-.2016. №1, с 82 – 87. (05.00.00; №11).

28. Хаджимухаметова М.А. Проблемы экспорта плодоовощной продукции Узбекистана // Вестник ТАДИ, № 1, 2016 г., стр.109-113. (05.00.00; №15).

29. Хаджимухаметова М.А. Современный подход к формированию поверхности и элементов профилей сортировочной горки // Universum: технические науки. – Москва. – 2021.- в 1(82).- с.50-57.19. (02.00.00; №1).

30. Khadjimukhametova M.A. An innovative method of designing the surface and elements of the hump profiles / Khadjimukhametova M.A., Merganov A.M., Egamberdiev R.A. // AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030046 (Scopus) <https://www.scopus.com/sourceid/26916>

### **II bo'lim (II часть; II part)**

31. Khadjimukhametova M.A. Development of a mathematical model of freight car maintenance / Khadjimukhametova M.A., Egamberdiev R.A., Ibragimov N.N. // AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030047 (Scopus) <https://www.scopus.com/sourceid/26916>

32. Хаджимухаметова М.А. Методика расчета основных параметров горки для условий Узбекистана // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых посвященная 80 – летию ТашИИТ «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент, 2011, с 11 – 14.

33. Хаджимухаметова М.А. Модель расчета высоты сортировочной горки для условий Узбекистана // Труды научного семинара молодых ученых «Актуальные проблемы инновационных технологий на железнодорожном транспорте». – Ташкент, 2011, с 23 – 26.

34. Хаджимухаметова М.А. Применение переменного управления вагонным замедлителем для формирования поездов // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных

ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент, 2012, с 28 – 30.

35. Хаджимухаметова М.А. Интегрированный логистический подход к международным железнодорожным перевозкам / Хаджимухаметова М.А., Рузиев К.Э. // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Транспортная логистика, мультимодальные перевозки». – Ташкент, 2012, с 100 – 102.

36. Хаджимухаметова М.А. Использование транзитно – транспортного потенциала Узбекистана / Хаджимухаметова М.А., Абдуллаев Х.Б. // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Транспортная логистика, мультимодальные перевозки». – Ташкент, 2012, с 111 – 112.

37. Хаджимухаметова М.А. Применение ресурсосберегающих технологий в процессе формирования составов в подгорочном парке // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Транспортная логистика, мультимодальные перевозки». – Ташкент, 2012, с 139 – 141.

38. Хаджимухаметова М.А. Роль обеспечения безопасности железнодорожных вокзалов (станций) в развитии и туризма в республике Узбекистан / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов С.С. // Международная конференция «Туризм и образование. Пути их взаимодействия». – Ташкент, 2013, с 188-189.

49. Хаджимухаметова М.А. Оценка влияния характера оцепов на перерабатывающую способность сортировочных горок // Межвузовский сборник научных трудов молодых ученых, магистрантов и аспирантов «Современные проблемы транспортного комплекса России». – Магнитогорск, 2013, с 185-191.

40. Khadjimukhametova M.A. Improvement of car traffic volume management in modern conditions // Материалы VI международной научной конференции и III симпозиума молодых ученых «проблемы транспорта», организованных в рамках международных проектов TEMPUS, CEEPUS, LLP-ERASMUS факультетом транспорта Силезского технологического университета в Польше в городах Катовисеи Краков с 23 по 27 июня 2014 года, с 819-824.

41. Хаджимухаметова М.А. Проблемы организации и условий перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным и автомобильным транспортом республики Узбекистан / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н., Нишанбаев Х.З. // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», 6-7 декабря, 2014 года., Ташкент-2014, с 22-24.

42. Хаджимухаметова М.А. Совершенствование комплексной системы обеспечения сохранности свежих плодоовощей при транспортировке / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н, Ибрагимов У.Н. // Труды XVI международной научно-практической конференции молодых ученых,

студентов и аспирантов «Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности и на транспорте», Санкт-Петербург, 21-23 апреля 2015 г. стр. 191-199.

43. Khadjimukhametova M.A. Modern methods of traffic management on railway transport / Proceeding of the tashkent international innovation forum (ТИИФ) – 2015 Ташкентский Международный инновационный форум, 19-21 май, С 163-169.

44. Хаджимухаметова М.А. Современные методы управления вагонопотоками в условиях развития железных дорог Узбекистана // Научно-технический информационно-аналитический журнал «Современные проблемы транспортного комплекса России». – Магнитогорск, № 1 (6)2015, с 34 – 37.

45. Хаджимухаметова М.А. Разработка конструкции контейнера для перевозки плодоовощной продукции / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н., Рахимов Р.В. // Научный журнал «Молодой ученый», № 21(101)/2015, с 168-173.

46. Хаджимухаметова М.А. Оценка влияния скорости движения транспорта на перевозимые плодоовощи / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н. // Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», 14-15 декабря, 2015 года., Ташкент-2015.

47. Хаджимухаметова М.А. Разработка конструкции и условия эксплуатации контейнера для перевозки плодоовощной продукции / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В. // Вестник транспорта Поволжья – 2016г, № 1. Стр. 75 – 81.

48. Хаджимухаметова М.А. Логистика экспортоориентированной плодоовощной продукции Узбекистана // XV международную научно-практическую конференцию «Логистика: Современные тенденции развития» г. Санкт – Петербург 2016 г.

49. Хаджимухаметова М.А. Research of design and operating conditions of containers for fruit and vegetables / Хаджимухаметова М.А., Ибрагимов Н.Н., Рахимов Р.В. // Материалы VIII международной научной конференции и V симпозиума молодых ученых «проблемы транспорта», организованных в рамках международных проектов TEMPUS, СЕЕРУС, LLP-Erasmus факультетом транспорта Силезского технологического университета в Польше в городах Катовице Краков с 23 по 27 июня 2014 года, с 819-824.

50. Хаджимухаметова М.А. Методика расчета эффекта инъекции при создания циркуляции воздуха внутри модифицированного контейнера / Хаджимухаметова М.А., Маликов З. // Материалы II международной научно-практической конференции «развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (РИЛТТРАНС - 2017), стр 180-185.

51. Хаджимухаметова М.А. Расчет эффекта инъекции для создания циркуляции воздуха в универсальных контейнерах // Материалы республиканской научно-технической конференции с участием Зарубежных

ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» - 2017, стр 36-40.

52. Хаджимухаметова М.А. Современное состояние и перспективы пользования услугами АО «Yo'lreftrans» / Хаджимухаметова М.А., Ибрашимов Н.Н. // Материалы республиканской научно-технической конференции с участием Зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» - 2017, стр 34-36.

53. Хаджимухаметова М.А. Разработка темы практического занятия «Значение железнодорожных станций и узлов» по методике УПТГ // Институт кафедраларининг илмий-услугий анжумани. Тошкент-2018й.

54. Хаджимухаметова М.А. Определение инжекционного потока при создании циркуляции воздуха внутри контейнера / Хаджимухаметова М.А., Маликов З. // Электронный журнал «Транспорт шелкового пути», 2019, № 1-2, 92-99.

55. Хаджимухаметова М.А. Формирование схем сложных технических объектов в системах автоматизированного проектирования / Хаджимухаметова М.А., Абдуллаев Р.Я. // Материалы республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», 2019.

56. Khadjimukhametova M.A. Geometric formulation of the surface of the sorting slide // Materials Of the XVI international scientific and Practical conference, modern scientific potential – 2020 February 28 - March 7, 2020 Volume 10, 97-105.

57. Хаджимухаметова М.А. Оптимизация профиля сортировочной горки для ускорения скатывания вагонов различных категорий с наибольшей скоростью / Хаджимухаметова М.А. // Техника фанлари. 2020 йил, 3 сон, 3 жилд, 67-77.

58. Хаджимухаметова М.А. Инновационный подход к развитию сортировочных станций и транспортно-логистических центров в крупных городах / Хаджимухаметова М.А., Арипов Н.М., Суюнбаев Ш.М. // Труды международной научно-практической конференции. Москва, 2021., 42-48 стр.

59. Xadjimuxametova M.A. Avtomatik lokomotiv signalini kodlash uchun rels zanjirlarini uzunligini hisoblash uchun avtomatlashtirilgan dastur / Xadjimuxametova M.A., Boltayev S.T. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi Guvohnoma. №DGU 14765, 01.02.2022.

60. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения коэффициента полезного использования сортировочной горки // Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Нигматов О.Б. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022614169. Российская Федерация, 17.03.2022.

61. Xadjimuxametova M.A. Tijoriy ko'rikdan o'tkazish punkti hujjatlarini rasmiylashtirish dasturi / Xadjimuxametova M.A., Egamberdiyev R.A. // Elektron

hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi Guvohnoma. №DGU 14766, 02.02.2022.

62. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения перерабатывающей способности сортировочной горки / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Зафаров Д.Ш. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022614330. Российская Федерация, 18.03.2022.

63. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения мощности тормозных позиций на спускной части сортировочной горки / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Зафаров Д.Ш. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022616753. Российская Федерация, 15.04.2022.

64. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения высоты сортировочной горки / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Абдуллоев М.К. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022660596. Российская Федерация, 06.06.2022.

65. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения удельного сопротивления движению вагона от воздушной среды и ветра для оцепов / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Нигматов О.Б. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022662883. Российская Федерация, 07.07.2022.

66. Хаджимухаметова М.А. Программа для определения удельного сопротивления движению вагона от воздушной среды и ветра для одиночных вагонов / Хаджимухаметова М.А., Рахимов Р.В., Султонов Ш.Х., Нигматов О.Б. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022663065. Российская Федерация, 11.07.2022.

67. Хаджимухаметова М.А. Выявление технологических факторов, влияющих на период коммерческого осмотра вагонов на железнодорожном транспорте / Хаджимухаметова М.А., Эгамбердиев Р.А. // Сборник трудов шестой международной Научно-практической конференции «Транспорт и логистика: актуальные проблемы стратегического развития и операционного управления». Ростов на Дону. 2022 г.

68. Хаджимухаметова М.А. Вагонлар паркини бошқаришда тасодифий омиллардан келиб чиқадиган хавфларни камайтиришнинг мумкин бўлган ёндашувлари / Хаджимухаметова М.А., Абдуллаев Р.Я., Эгамбердиев Р.А. // Международный научно-образовательный электронный журнал «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №24 (том 3) (март, 2022).

69. Хаджимухаметова М.А. Моделирование движения местных вагонов на сортировочной станции с использованием нейронных сетей / Хаджимухаметова М.А., Абдуллаев Р.Я. // Молодой специалист Young specialist Жас маман Yosh mutaxassis. Volume 1 / Issue 3 / June 2022 ISSN 2791-3651.

70. Хаджимухаметова М.А. Формирование схем сортировочных станций в «САПР станций» / Хаджимухаметова М.А., Абдуллаев Р.Я.,

Содиков С.Б. // Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitida korporativ boshqaruv modellarining transformatsiyasi. Toshkent, Toshkent davlat transport universiteti, 2022.

71. Aripov N.M., Suyunbaev Sh.M., Khadjimukhametova M.A., Jumaev Sh.B. Technology of shunting operations to divide a group of wagons in the freight train into two directions / International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO - 2021 AS). Volume 265, 2021. (*Scopus*).

Avtoreferat «TDTrU axborotnomasi» ilmiy-amaliy jurnali  
tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va matnlarni mosligi tekshirildi.

---

Qog‘oz bichimi 60×84/16. Rizograf bosma usuli Times New Roman garniturasida.

Shartli bosma tabog‘i: 4,2 b.t. Adadi: 100 nusxa.

Buyurtma № 43-18/2023

Nashrga ruxsat etildi: 30.08.2023 y.

Toshkent davlat transport universiteti bosmaxonasida chop etilgan.

Manzil: 100167, Toshkent shahar, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.