

**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**

**MASHARIPOV MA'SUD NU'MONJONOVICH**

**TASHISH JARAYONLARI TORTUV TA'MINOTI TIZIMINI  
BOSHQARISHNING TEXNIK-TEXNOLOGIK YECHIMLARINI  
RIVOJLANTIRISH**

**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**

**Masharipov Ma'sud Nu'monjonovich**

Tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-  
texnologik yechimlarini rivojlantirish..... 3

**Машарипов Маъсуд Нуъмонжонович**

Развитие технико-технологических решений в управлении системы  
тягового обеспечения перевозочным процессом ..... 29

**Masharipov Masud Numonjonovich**

The development of technical and technological solutions in the management  
of the traction system for the transportation process ..... 56

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 61

**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**

**MASHARIPOV MA'SUD NU'MONJONOVICH**

**TASHISH JARAYONLARI TORTUV TA'MINOTI TIZIMINI  
BOSHQARISHNING TEXNIK-TEXNOLOGIK YECHIMLARINI  
RIVOJLANTIRISH**

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

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

**Toshkent – 2023**

**Fan doktori (DSc) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.DSc/T575 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Doktorlik dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchi:**

**Suyunbayev Shinpolat Mansuraliyevich**  
texnika fanlari doktori (DSc), professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Ibragimov Nazrilla Nabiyeovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Djumabayev Alijon Bakishevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Jizzax politexnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi PhD.15/31.08.2022.T.73.01 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik Ilmiy kengashning 2023-yil 25-sentabr soat 15<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'Ichilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: [rektorat@tstu.uz](mailto:rektorat@tstu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (122-raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'Ichilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-05-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil 12-sentabr kuni tarqatildi.  
(2023-yil 12-sentabrdagi 22-raqamli reyestr bayonnomasi).



**N.M. Aripov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

**J.R. Qobulov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
t.f.n., professor

**J.F. Kurbanov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi,  
t.f.d. (DSc), professor

## KIRISH (doktorlik (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda temir yo‘l infratuzilmasini rivojlantirish va poyezdlar harakatini masofadan boshqarish tizimlarini qo‘llash orqali o‘tkazuvchanlik qobiliyatini kuchaytirish va tortuv harakat tarkiblaridan foydalanish sifati, ishonchliligi, samaradorligini oshirish asosida yuklarni o‘z muddatida yetkazib berish va tashish vositalari harakatini intellektual kuzatish usullarini ishlab chiqish masalalariga alohida e‘tibor berilmoqda. Jahon miqyosida “... temir yo‘l transportida foydalanish xarajatlarining 19% yonilg‘i-energiyasi resurslariga to‘g‘ri kelishi va uning 85% poyezdlarni tortish va 15% boshqa faoliyatlarga sarflanishini ...”<sup>1</sup> e‘tiborga olib, tortuv harakat tarkiblarini ishlatishning transport jarayonlarida zamonaviy axborot texnologiyalari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish zarurati tug‘iladi. Shu nuqtai nazardan, temir yo‘l transporti tashish vositalari turlari va ularning texnik xususiyatidan kelib chiqib, poyezdlar harakatini tashkil etishning texnologik vaqtlari va undagi yonilg‘i-energiya resurslari sarfini me‘yorlash asosida magistral lokomotivlardan oqilona foydalanish bo‘yicha texnik-texnologik yechimlarni qabul qilish imkonini beruvchi tashish jarayonlari tortuv ta‘minoti tizimini boshqarish texnologiyalarini rivojlantirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Dunyoda magistral temir yo‘ldagi tashishlarga xususiy tortuv birliklarini kiritish, poyezdlar harakatini masofadan boshqarish va harakat xavfsizligini oshirishda kuchaytirilgan nazorat tizimlarini takomillashtirish, yuklarni yetkazib berish muddatini qisqartirish, harakatlanuvchi tarkiblardan samarali foydalanish va temir yo‘l uchastkalarini zamonaviy axborot-boshqaruv vositalari bilan jihozlashga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, ilmfan yutuqlaridan foydalangan holda zamonaviy ilmiy usullar asosida turli lokomotiv va vagonlar bilan yuk tashishda yonilg‘i-energiya resurslari sarfini kamaytirish bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, turli vagonlarning harakatiga asosiy solishtirma qarshiligining poyezdlarni tortish ko‘rsatkichlari va temir yo‘l uchastkasining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta‘siri ilmiy-texnik asoslash, tortuv yelkalarining optimal uzunligini aniqlash usullari va poyezdlarni stansiyadan jo‘natish vaqtlarini belgilashning avtomatlashtirilgan tizimlarini ishlab chiqish hamda kutish vaqtini minimallashtirish mezonini asosida lokomotivlarni poyezdlarga birlashtirish imkonini beruvchi dasturiy ta‘minotlarni yaratish dolzarb vazifalardan biri hisoblanmoqda.

Respublikamizda transport sohasini rivojlantirish, shu jumladan, temir yo‘l transporti tizimining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish va infratuzilmasini rivojlantirish, yuklarni yetkazib berish tezligini oshirish, harakatlanuvchi tarkiblarni yangilash va ularga xizmat ko‘rsatish jarayonini avtomatlashtirish borasida keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilib, bu borada muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot

---

<sup>1</sup> <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-organizatsii-resursosbergayushchikh-proizvodstvennykh-sistema-zheleznodorozh>

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 koridorlar” 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, yuk poyezdlari harakatiga o‘rtacha asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning turi va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlash hamda uning harakatlanish ko‘rsatkichlariga ta‘sirini asoslash, lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini hisoblash usulini takomillashtirish, grafikda harakat to‘xtatilgan davrni hisobga olgan holda poyezd lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo‘yicha yuk poyezdlarini jo‘natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimini yaratish, tortuv yelkalarining chegaralarida turish vaqtlarini minimallashtirish mezonini bo‘yicha poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli va ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan lokomotivlarning maqbul turini tanlashning texnik-texnologik yechimlarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 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 yonilg‘i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4779-sonli Qarorlari, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 15-iyuldagi “Osiyo taraqqiyot banki ishtirokida “lokomotivlarni xarid qilish yo‘li bilan lokomotiv parkini yangilash” investitsiya loyihasini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 586-sonli Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya 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.

---

<sup>2</sup> 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

**Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharhi**<sup>3</sup>. Tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish bo'yicha nazariy va amaliy tadqiqotlar yetakchi mamlakatlarning ilmiy markazlari, universitet va ilmiy-tadqiqot institutlarida, jumladan: Indian Institute of Technology Kharagpur (Hindiston), Beijing Jiaotong University (Xitoy), Washington State University (AQSH), Curtin University of Technology (Avstraliya), Newcastle Centre for Railway Research University (Buyuk Britaniya), University of Belgrade (Cerbiya), 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.

Tortuv birliklari harakatini tartibga solish va ularning maqbul turini tanlash transport jarayonlari texnologiyalarini takomillashtirish bo'yicha dunyoda olib borilayotgan tadqiqotlar asnosida bir qator ilmiy natijalarga erishilgan, xususan yuk tashishga jalb etilgan lokomotivlarning aylanish grafigi yurish vaqtini minimallashtirish mezonini bo'yicha optimallashtirilgan (Hindiston), turli tortish kuchiga ega poyezd lokomotivlari ishini rejalashtirishga doir axborot-boshqaruv tizimlari takomillashtirilgan (Xitoy), temir yo'l uchastkasining tashish qobiliyatini oshirish maqsadida katta quvvatli lokomotivlardan foydalanishning texnik-texnologik parametrlari asoslangan (AQSH), ikkilantirilgan tortuv birliklari yordamida yuk poyezdlari harakatini tashkil etish texnologiyasi grafik vaqtlari "yashil yo'l" mezonini asosida ishlab chiqilgan (Avstraliya), lokomotivlar harakatini kuzatish va mashinistlar xushyorligini oshirishning avtomatlashtirilgan tizimlari yaratilgan (Rossiya, Belorussiya).

Jahonda tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish bilan bog'liq muammolarning yechimini topishga qaratilgan bir qator, jumladan quyidagi ustuvor yo'nalishlarda: lokomotivlar harakatini monitoring qilish va baholashning avtomatlashtirilgan tizimlarini takomillashtirish, tortuv birliklarini boshqarishda sun'iy intellektga asoslangan usullardan foydalanish, turli xil tortish kuchiga ega bo'lgan tortuv harakat tarkiblarini mos og'irlikdagi poyezdlarga birlashtirish texnologiyasini ishlab chiqish, aylanish va almashish stansiyalarida harakatlanuvchi tarkiblarning turib qolish vaqtini kamaytirish imkonini beruvchi dasturiy ta'minotlar yaratish, harakatlanuvchi tarkiblarning yurish qismlarini ixchamlashtirish, xususiy lokomotivlar jalb etilgan tashish jarayonlarini tortuv birliklari bilan ta'minlash tizimini rivojlantirishga oid ilmiy-tadqiqotlar olib borilmoqda.

---

<sup>3</sup> Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi <https://www.sciencedirect.com/>, <https://www.elsevier.com/search-results?labels=journals>, <https://wsu.edu/>, <http://en.njtu.edu.cn/>, <http://www.iitkgp.ac.in/>, <https://rut-miit.ru>, <https://www.bg.ac.rs/en/>, <https://www.tu-braunschweig.de/>, <https://www.ncl.ac.uk/newrail/people/tsg/>, <http://www.pgups.ru/>, [www.dit.edu.ua](http://www.dit.edu.ua), <https://www.bsut.by/>, <https://alt.edu.kz/>, <https://tstu.uz> va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Temir yo'l uchastkalarida poyezd lokomotivlari harakatini tashkil etish nazariyasini ishlab chiqish bo'yicha jahondagi yirik tadqiqotchilar, jumladan, S.Y. Ayzinbud, V.I. Nekrashevich, A.K. Ugryumov, A.M. Makarochkin, Y.V. Dyakov, F.P. Kochnev, A.A. Abramov, S.A. Plaxotich, V.A. Kudryavsev, G.M. Groshev, D.Y. Levin, A.E. Aleksandrov, P.A. Kozlov, I.M. Kokurin, V.I. Bobrovskiy, A.T. Osminin, I.N. Shapkin, D.V. Jeleznov, M.I. Arpabekov, A.V. Xaritonov, O.V. Anikina, P.A. Shelest, Alex Landex, Anders H. Kaas, Sten Hansen, Xu Xiaoming, Keping Li, Xiaoshan Lu, Boysen Nils, Huang Lixiao, Malte Fliedner, Florian Jaehn, Erwin Pesch va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Yurtimizda bir qator olimlar o'zgarmas harakat grafigining poyezdlarni tortuv ta'minotiga ta'sirini baholash, zamonaviy axborot texnologiyalarini yaratish orqali tortuv birliklari ishini taqsimlash, tezkor rejalashtirish asosida poyezd lokomotivlari turib qolish vaqtini kamaytirish, temir yo'l infratuzilmasini rivojlantirish hisobiga temir yo'l uchastkasining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish, shuningdek avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini ishlab chiqish hisobiga temir yo'l transportini ishlatish ko'rsatkichlarini yaxshilashga qaratilgan tadqiqotlar olib borgan. Jumladan R.Z. Nurmuxamedov, K.T. Xudayberganov, N.M. Aripov, N.N. Ibragimov, M.X. Rasulov, D.X. Baratov, Sh.M. Suyunbayev, J.F. Kurbanov, D.I. Ilesaliyev, Z.G. Adilova va boshqalar bu sohada turli yillarda o'z tadqiqotlari asosida ijobiy natijalarga erishganlar.

Sezilarli muvaffaqiyatlarga qaramay, ko'p pog'onali murakkab ilmiy-texnik vazifa hisoblangan tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish bilan bog'liq ilmiy muammolar yetarli darajada o'rganilmagan. Mazkur dissertatsiya ishida yuk poyezdlari harakatiga o'rtacha o'girlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning turi va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlash va uning temir yo'l uchastkalari o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'sirini asoslash, lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini belgilash mezonlarini takomillashtirish, poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli va ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan tortuv birliklarining maqbul turini tanlashning texnik-texnologik yechimlarini ishlab chiqish taklif etilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat transport universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga kiritilgan 2303-01/03/06/2019-sonli "O'zbekiston metallurgiya kombinati" AJni yangi logistik markazi terminallarining qayta ishlash qobiliyatini tadqiq etish" (2019-2020-y.), 832-01/03/06/2020-sonli "O'zbekiston metallurgiya kombinati" AJning temir yo'llarini qurish va rekonstruksiya qilish loyihasini ishlab chiqish" (2020-y.), №47-sonli "Samarqand kimyo kompleksining ortish-tushirish, qabul qilish-jo'natish yo'llari, peregonlarini rivojlantirish va tortuv harakat tarkiblaridan samarali foydalanish bo'yicha takliflar ishlab chiqish" (2022-y.), 946410-sonli "'O'ztemiryo'lyo'lovchi" AJ barcha yo'nalishlardagi vagon kuzatuvchilari, poyezd

boshliqlari va poyezd elektromexaniklari ish rejimlari normalarini yangilash va ilmiy asoslangan me'yoriy hujjat ishlab chiqish" (2023-y.) mavzusidagi xo'jalik shartnomalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

temir yo'l transportida tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimining hozirgi holati va ularning samaradorligini oshirish masalalarini tadqiq etish;

yuk poyezdlari tarkibi harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning texnik parametrlari va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlashning yangi yondashuvini ishlab chiqish;

grafik davrini hisoblashda poyezd tarkibidagi vagonlarning yuklanganligini hisobga olishning tortishga sarflanadigan vaqt va temir yo'l uchastkalari o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'sirini asoslash;

poyezd lokomotivlarining tortuv yelkalari chegaralarida turish vaqtlarini minimallashtirish mezonini asosida ulardan umumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usulini ishlab chiqish;

temir yo'l uchastkalaridagi poyezdlar soni va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog'liq ravishda poyezd lokomotivlari ishlash chegaralarini belgilash nazariyasini takomillashtirish;

yuk poyezdlari harakati ta'qiqlangan davrlarni hisobga olgan holda poyezd lokomotivlarini ishga taqsimlash va stansiyalardan jo'nash vaqt intervallarini aniqlashning avtomatlashtirilgan tizimini ishlab chiqish;

temir yo'l va xususiy harakatlanuvchi tarkiblarga qo'yiladigan tashish talablarini e'tiborga olgan holda tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida temir yo'l stansiyalari, uchastkalari va tortuv harakatlanuvchi tarkiblari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** sifatida zamonaviy axborot texnologiyalari asosida temir yo'l uchastkalarining poyezd ishlarini tashkil etish va tortuv birliklari ishini samarali taqsimlash usullari olingan.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, Simpleks, kombinatorika, imitatsion va matematik modellashtirish, matematik statistika, eng kichik kvadratlar usullari, Nyuton qonuni, xarajatlar stavkasi va algoritmlar nazariyalaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

yuk poyezdlari tarkibi harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning texnik parametrlari va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlashning yangi yondashuvi ishlab chiqilgan;

harakat grafigida grafik davrini bo'sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisobga olishning bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalarining mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'siri asoslangan;

poyezd lokomotivlaridan umumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli tortuv yelkalarining chegaralarida harakatlanuvchi tarkiblarning turish vaqtlarini minimallashtirish asosida ishlab chiqilgan;

lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usuli poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog'liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda takomillashtirilgan;

poyezd lokomotivlarining uzaytirilgan aylanish uchastkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish vaqt intervallarini aniqlashning matematik modeli grafikda harakat to'xtatilgan davrni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan;

xususiy transport korxonalarida lokomotivlarining tashish jarayonlariga jalb etilishi sharoitida ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirishning matematik modeli noxiziqli tarmoq masalasini yechish asosida ishlab chiqilgan;

ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan poyezd lokomotivlarini tarkiblarga birlashtirishning texnik-texnologik yechimlari poyezdlarning stansiyaga kelishi va ulardan jo'nash vaqtlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

ketma-ket harakatlanayotgan yuk poyezdlari orasidagi xavfsiz masofa, yuk vagonlari harakatiga asosiy solishtirma qarshilik, aylanish uchastkalarida poyezd lokomotivlaridan foydalanishning keltirilgan xarajatlari, xususiy lokomotivlarning poyezdlarni tortishdagi yonilg'i-energiya resurslari sarfi, yuk harakati lokomotivlari foydalanish parkini poyezdlarning asosiy va aylanma depo stansiyalariga kelish-ketishining real grafik vaqtlaridan kelib chiqqan holda hisoblash, vagon raqami orqali uning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini aniqlash algoritmlari va dasturiy majmualar ko'rinishidagi instrumental vositalari ishlab chiqilgan;

TXK-2 hajmida tortuv birliklarini ko'rikdan o'tkazishning tarmoq grafigini hisobga olgan holda lokomotivlarining foydalanish parkini ishlatish va poyezd ishlarini tashkil etish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

xususiy tortuv birliklarining temir yo'l uchastkalari bo'ylab belgilangan grafik davrlarida harakatini tashkil etish talablaridan kelib chiqqan holda lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini stansiyadan jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi yaratilgan;

magistral temir yo'l va xususiy transport korxonalarida tortuv harakatlanuvchi tarkiblariga qo'yiladigan tashish talablarini e'tiborga olgan holda lokomotivlar parkidan ratsional foydalanish va ularning maqbul turini tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy usullar va qonuniyatlar asosida nazariy tadqiqotlar olib borilganligi, ishlab chiqilgan matematik model va dasturlar asosida olingan poyezdlarni tortishga sarflanadigan vaqt va elektr energiyasini hisobiy qiymatlarining tajriba ma'lumotlari bilan muvofiqligi, tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan taklif va tavsiyalarning amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tashish jarayoni tortuv ta'minoti nazariyasining rivojlantirilganligi,

lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish vaqt intervallari va aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash, poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirish va ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan lokomotivlarning maqbul turini tanlashdagi ilmiy-nazariy asoslar, modellar va usullar olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati harakatlanuvchi tarkiblarga qo'yiladigan tashish talablarini e'tiborga olgan holda lokomotivlar parkidan ratsional foydalanish bo'yicha kompleks amaliy tadbirlar ishlab chiqilganligi, poyezd lokomotivlarining foydalanish parkini ishga taqsimlash texnologiyasi, lokomotivlarning uzaytirilgan aylanish uchastkasi bo'ylab yuk poyezdlarini jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi va yuk vagonlari harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash uchun sayt yaratilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

yuk poyezdlari tarkibi harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning texnik parametrlari va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlashning yangi yondashuvi, vagon raqami orqali uning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini aniqlash, yuk vagonlari harakatiga bo'g'inli va bo'g'insiz temir yo'lda asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash algoritmlari va dasturiy majmualar ko'rinishidagi instrumental vositalar "Tashishlarni tashkil etish" boshqarmasida joriy etilgan ("O'zbekiston temir yo'llari" AJning 2023-yil 4-iyuldagi 01/1969-23-sonli ma'lumotnomasi). Natijada temir yo'l uchastkasida yuk poyezdlarining yurish tezligini o'rtacha 3% ga oshirish va tortishdagi elektr energiyasi sarfini 9% ga kamaytirish mumkinligi isbotlangan, turli og'irlikdagi poyezdlarning harakatlanish vaqtlari asosida grafik davrining o'zgarishi hisobiga bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalarining mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyatini mos ravishda 7% va 5% gacha oshirishga erishilgan va bundagi iqtisodiy samaradorlik bir yilda 340 mln. so'mni tashkil etgan;

tortuv yelkalarining chegaralarida harakatlanuvchi tarkiblarning turish vaqtlarini minimallashtirish asosida poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli, poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog'liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda lokomotivlar aylanish uchastkasining ratsional uzunligini aniqlash usuli, yuk poyezdlari orasidagi to'xtashi mumkin bo'lgan xavfsiz masofani aniqlash algoritmi va dasturiy majmualar ko'rinishidagi instrumental vositasi, ikkinchi texnik ko'rik hajmida tortuv birliklarini ko'rikdan o'tkazishning tarmoq grafigini hisobga olgan holda lokomotivlar foydalanish parkini ekspluatatsiya qilish va poyezd ishlarini tashkil etish texnologiyasi "Yagona dispetcherlik markazi"da joriy etilgan ("O'zbekiston temir yo'llari" AJning 2023-yil 4-iyuldagi 01/1969-23-sonli ma'lumotnomasi). Natijada poyezd lokomotivlari parkidan samarali foydalanish va harakatlanuvchi tarkiblarni ishlatish sharoitlaridan kelib chiqqan holda poyezd

ishlarini tartibga solish bo'yicha tezkor qaror qabul qilish, Sariyog'och – Maroqand va Maroqand – Buxoro poyezd lokomotivlari aylanish uchastkalarini yagona Sariyog'och – Buxoro tortuv yelkasiga birlashtirish orqali foydalanish xarajatlarini 5% ga qisqartirish imkonini bergan va bundagi iqtisodiy samaradorlik bir yilda 176 mln. so'mni tashkil etgan;

poyezd lokomotivlarining uzaytirilgan aylanish uchastkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish vaqt intervallarini grafikda harakat to'xtatilgan davrni hisobga olgan holda aniqlashning matematik modeli, poyezdlarning stansiyaga kelishi va ulardan jo'nash vaqtlarini hisobga olgan holda ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan poyezd lokomotivlarini tarkiblarga birlashtirishning texnik-texnologik yechimlari, xususiyl tortuv birliklarining temir yo'l uchastkalari bo'ylab belgilangan grafik davrlarida harakatini tashkil etish talablaridan kelib chiqqan holda lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini stansiyadan jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi "Toshtemiryo'loyiha" OAJda joriyl etilgan ("O'zbekiston temir yo'llari" AJning 2023-yil 4-iyuldagi 01/1969-23-sonli ma'lumotnomasi). Natijada temir yo'l infratuzilmasiga qo'yiladigan cheklovlardan kelib chiqqan holda tashilishi kutilayotgan yuk oqimiga bog'liq ravishda poyezd lokomotivlarining ekspluatatsiya parkini aniqlash va Enter Engineering korxonasi tomonidan xarid qilinishi ko'rib chiqilayotgan tortuv birliklarining maqbul turini tanlash asosida foydalanish parkini 11% tejash imkoniyati yaratilgan, bundagi iqtisodiy samaradorlik bir yilda 885 mln. so'mni tashkil etgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari 8 ta ilmiyl-amaliyl anjumanlar, shu jumladan 5 ta Scopus bazasidagi ilmiyl anjumanda va 3 ta xalqaro ilmiyl-amaliyl anjumanlarida aprobatsiyadan o'tgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 44 ta ilmiyl ish chop etilgan, shulardan, 2 ta monografiya, Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiyl natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiyl nashrlarda 23 ta maqolalar, jumladan 11 ta respublika va 12 ta xalqaro ilmiyl jurnallarida chop etilgan, 11 ta EHM uchun dasturlarga guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, 6 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya asosiy qismining hajmi 187 betni tashkil etadi.

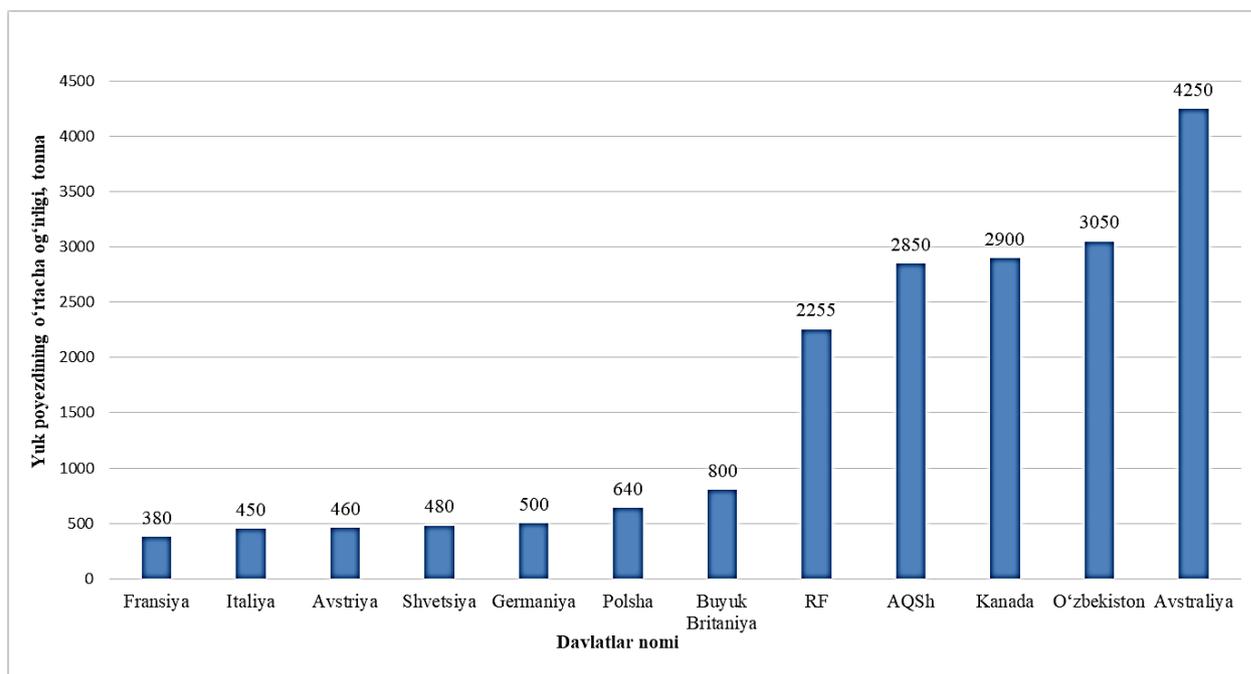
## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati, tadqiqotning maqsadi va vazifalari asoslangan, tadqiqot obyektii va predmetii ifodalangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojlanishi ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiyl yangiligi va amaliyl natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariyl va amaliyl ahamiyati ochib berilgan, dissertatsiya tadqiqoti natijalarining ishlab chiqarishga joriyl qilinishi

hamda sinov natijalari ko'rsatilgan, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Temir yo‘l transportida tashish jarayonlari tortuv ta‘minoti tizimining hozirgi holati va ularning samaradorligini oshirish masalalarini tadqiq etish”** deb nomlangan birinchi bobida temir yo‘l uchastkasining yuk tashish qobiliyati va yuk poyezdi og‘irlik me‘yorlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik, tashish jarayonlari tortuv ta‘minoti tizimini boshqarish va samaradorligini oshirish bo‘yicha mahalliy va xorijiy tajribalar tadqiq etilgan.

Temir yo‘llar hamkorligi tashkilotining ma‘lumotlariga asoslangan holda bir qator mamlakatlarning temir yo‘l transportida yuk poyezdlarining o‘rtacha og‘irligi bo‘yicha qiyosiy tahlil bajarilgan (1-rasm).

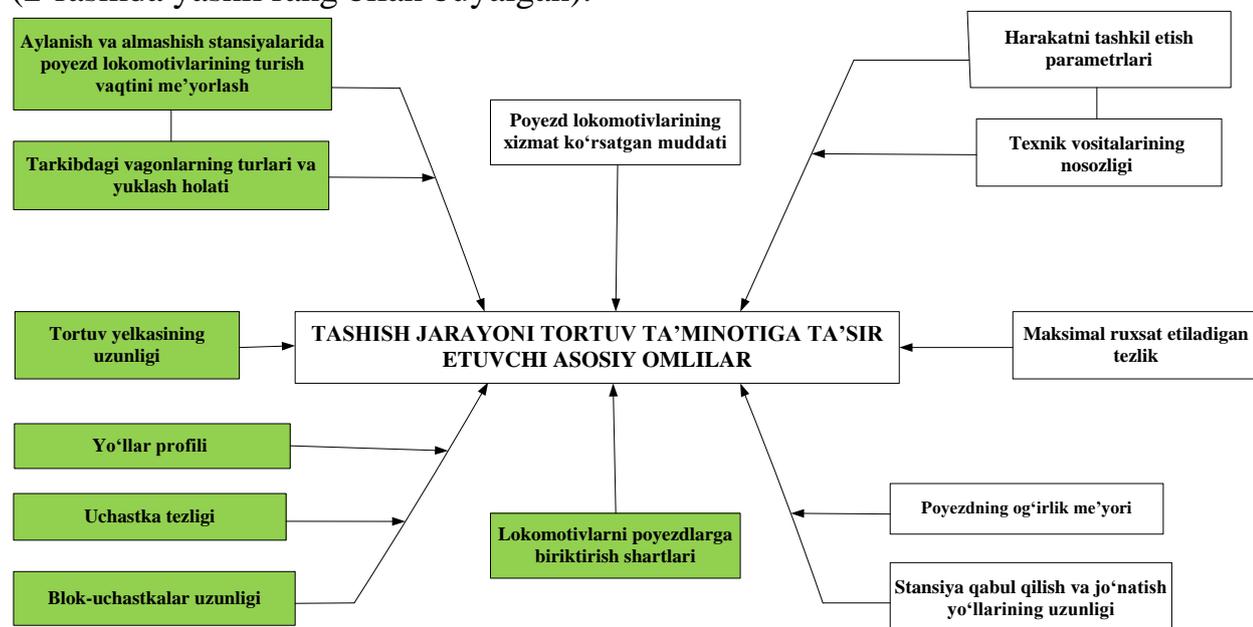


**1-rasm. Bir qator mamlakatlarning temir yo‘l transportida yuk poyezdlarining o‘rtacha og‘irligi bo‘yicha qiyosiy tahlil natijalari**

“O‘TY” AJda yuk poyezdlarining tarkibidagi maksimal vagonlar sonini boshqaruv raisining buyrug‘i bilan tasdiqlanishi va istisno hollarda belgilangan meyorlardan 90 tonnadan ortiq bo‘lmagan yoki bitta vagonga kamaytirib chetga chiqishga yo‘l qo‘yilishiga qaramay, yuk poyezdining o‘rtacha og‘irligi 3050 tonnani tashkil etadi. Aksariyat rivojlangan mamlakatlarning temir yo‘llarida korxonalar operatorlar tomonidan xususiy harakatlanuvchi tarkiblar orqali tashishlar yo‘lga qo‘yilganligi sababli yuk poyezdining og‘irlik me‘yorlari 380-800 tonnani tashkil etadi. Avstraliya kabi rivojlangan mamlakatlarning temir yo‘llarida ikkilantirilgan tortuv birliklari yordamida yuk poyezdlari harakat grafik vaqtlarining “yashil yo‘l” mezonida tashkil etilishi yuk poyezdlari o‘rtacha og‘irligi 4250 tonnani tashkil etishiga olib kelmoqda. Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda tarkibda turli vagonlar mavjud bo‘lganda har bir vagonning poyezd harakatlanish parametrlariga ta‘sirini asoslash zaruratini ko‘rsatgan.

“O‘TY” AJda yuk poyezdlarini tortuv birliklari bilan ta‘minlash “Yagona dispetcherlik markazi”da lokomotiv dispetcherining zimmasiga yuklatilganligi va bunda tortuv harakat tarkiblarini poyezdlarga birlashtirishning shartlarini hisobga olishning imkoniyati mavjud emasligi, yuk poyezdlarining harakat grafigida tezlanish, yurish va sekinlashish vaqtlari “Tashishlarni tashkil etish boshqarmasi” tomonidan turli og‘irlikdagi tarkiblar uchun bir xil belgilanishi, xususiy korxonalar tomonidan poyezdlarni tortish uchun shaxsiy harakatlanuvchi tarkiblarini xarid qilish bo‘yicha texnik-texnologik yechimlarni asoslash “Toshtemiryo‘lloyiha” OAJda yuk poyezdlarning stansiyadan jo‘nash grafik vaqtlarini aniq tanlash imkonini beruvchi avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalangan holda amalga oshirilmasligi aniqlangan.

Mahalliy va xorijiy tajribalar tadqiq etish asosida tashish jarayoni tortuv ta‘minotiga ta‘sir etuvchi asosiy omillar aniqlangan (2-rasm) va ular orasidan ilmiy asoslarga tayangan holda hal qilinishi zarur bo‘lgan omillar ajratib olingan (2-rasmda yashil rang bilan buyalgan).



2-rasm. Tashish jarayoni tortuv ta‘minotiga ta‘sir etuvchi asosiy omillar

Yuqorida bayon etilganlar, tashish jarayonlari tortuv ta‘minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish zaruratini ko‘rsatgan.

Dissertatsiyaning “**Yuk poyezdlari tarkibidagi vagonlarning xususiyatlarini hisobga olgan holda harakatga asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash usulini takomillashtirish**” deb nomlangan ikkinchi bobida vagonlarning harakatiga asosiy solishtirma qarshilikni aniqlash ifodalarining bir necha mamlakatlar kesimida qiyosiy tahlili bajarilgan, vagon raqami orqali va undagi yuk og‘irligi asosida tortish hisoblarida zarur bo‘lgan parametrlarni aniqlash uchun dastur ishlab chiqilgan, bo‘g‘inli va bo‘g‘insiz yo‘lda turli guruhdagi vagonlarning harakatiga asosiy solishtirma qarshiligini hisoblash usuli takomillashtirilgan.

“1520 mm koleyali yuk vagonlarini raqamlashning 8 xonali tizimi bo‘yicha ma‘lumotnoma”ga muvofiq yuk vagonlari 6 turga bo‘linadi: o‘qqa tushadigan

og'irligi ( $q$ ) olti tonnadan katta bo'lgan to'rt o'qli yarim ochiq ( $pv$ ) vagonlar; o'qqa tushadigan og'irligi olti tonnadan katta bo'lgan to'rt o'qli sisternalar ( $sys$ ); o'qqa tushadigan og'irligi olti tonnadan katta bo'lgan to'rt o'qli platforma ( $pl$ ), yopiq ( $kr$ ) va boshqa vagonlar ( $pr$ ); o'qqa tushadigan og'irligi olti tonnadan kichik va teng bo'lgan to'rt o'qli bo'sh vagonlar; o'qqa tushadigan og'irligi olti tonnadan katta bo'lgan sovutkichli vagonlar ( $rf$ ). Amaldagi "Poyezd ishlaridagi tortish hisoblari Qoidolari" tahlil qilingan. Natijada yuk vagonlarining harakatga asosiy solishtirma qarshiligini aniqlash uchun vagonlarning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini 6 guruhga bo'linishi aniqlangan. Bunda barcha hisoblar 2 turli temir yo'llar (bo'g'inli va bo'g'insiz) va 2 turli (rolikli va siljuvchi podshipnikli) vagonlar uchun bajariladi. "O'TY" AJ hududida yuk tashish parametrlarini inobatga olgan holda mazkur tadqiqotda bo'g'inli temir yo'llar va rolikli podshipnikli vagonlar uchun izlanishlar olib borilishi belgilab olingan.

"Poyezd ishlaridagi tortish hisoblari Qoidolari"da turli guruh vagonlardan tuzilgan tarkibning harakatiga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilikni aniqlash bo'yicha aniq ko'rsatma berilmagan. Shuning uchun bir qator tadqiqotlarda poyezd ishlaridagi tortish hisoblarida harakatga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilikni aniqlash turli vagonlarning tarkibdagi ulushi asosida amalga oshiriladi. Ammo, mavjud ilmiy tadqiqotlarda turli vagonlardan iborat tarkibning harakatiga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilik qanday aniqlanganligi yoritilmagan. Chunki, tarkibning harakatga o'rtacha asosiy solishtirma qarshiligini hisoblashda har bir vagon va unga yuklangan yukni e'tiborga olishning imkoniyati yaratilmagan. "Manyovr ishlaridagi tortish hisoblari uslubiyoti"da tarkibning harakatga o'rtacha asosiy solishtirma qarshiligi har bir guruh vagonlarning og'irligi bo'yicha tarkibdagi ulushi asosida hisoblanadi. Shuning uchun yuqorida keltirilgan usullar bo'yicha hisoblangan asosiy solishtirma qarshilik qiymatlarining yuk poyezdi ekspluatasion ko'rsatkichlariga ta'siri baholangan.

Yuk poyezdi tarkibidagi 6 ta vagonlar guruhining ular soni va og'irligi bo'yicha tarkibdagi ulushi 2023-yil yanvar oyidagi holat bo'yicha tahlil qilingan. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, vagonlarning soni va og'irligi bo'yicha tarkibdagi ulushi orasidagi farq 25% gacha kuzatilishi mumkin. Bular, tortish hisoblarini bajarishda tarkibning harakatiga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilikni har bir guruhdagi vagonlarning parametrlarini hisobga olgan holda aniqlash zaruratini asoslagan.

Har bir guruhdagi yuk vagonlarining harakatga asosiy solishtirma qarshiligi (mos ravishda  $\omega_{a.pv.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.sys.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.pl,kr,pr.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.4}^{''(q\leq 6)}$ ,  $\omega_{a.8}^{''}$ ,  $\omega_{a.rf}^{''(q>6)}$ ) harakatlanish tezligiga ( $V$ ) bog'liq ravishda "Poyezd ishlaridagi tortish hisoblari Qoidolari"ga muvofiq hisoblanadi. Tadqiqot doirasida 6 ta guruh yuk vagonlari uchun ularning hisobiy parametrlari bazasi shakllantirilgan. Ushbu baza asosida vagon raqami orqali uning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini aniqlash uchun dastur ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan EHM uchun dastur poyezdning natur varag'idan olinadigan vagonning 8 xonali raqami va undagi yuk og'irligi ( $q_n^k$ ) asosida quyidagilarni avtomatlashtirilgan tarzda aniqlaydi:

- tarkibdagi vagonlarning umumiy soni ( $\sum m$ );
- tarkibdagi har bir vagonning turi ( $T_t^k$ ), o'qlar soni ( $K_o^k$ ), uzunligi ( $l_d^k$ ) va tara og'irligi ( $q_t^k$ ).

Ushbu aniqlangan ma'lumotlar asosida vagonlarning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini avtomatlashtirilgan tarzda hisoblash imkoni yaratilgan. Bunda turli vagonlarning soni bo'yicha tarkibdagi ulushi asosida harakatga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilik quyidagicha hisoblanadi:

$$\overline{\omega''_{am}} = \alpha_{1m} \cdot \omega''_{a.pv.4}^{(q>6)} + \alpha_{2m} \cdot \omega''_{a.sys.4}^{(q>6)} + \alpha_{3m} \cdot \omega''_{a.pl,kr,pr.4}^{(q>6)} + \alpha_{4m} \cdot \omega''_{a.4}^{(q\leq 6)} + \alpha_{5m} \cdot \omega''_{a.8} + \alpha_{6m} \cdot \omega''_{a.rf}^{(q>6)}, \text{ N/kN.} \quad (1)$$

bu yerda  $\alpha_{1m}$ ,  $\alpha_{2m}$ ,  $\alpha_{3m}$ ,  $\alpha_{4m}$ ,  $\alpha_{5m}$ ,  $\alpha_{6m}$  – mos ravishda birinchi, ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi, beshinchi va oltinchi guruh vagonlarning soni bo'yicha tarkibdagi ulushi.

Turli vagonlarning og'irligi bo'yicha tarkibdagi ulushi asosida harakatga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilik quyidagicha hisoblanadi:

$$\overline{\omega''_{aq}} = \frac{\omega''_{a.pv.4}^{(q>6)} \cdot \sum Q_{br.pv.4}^{q>6} + \omega''_{a.sys.8}^{(q>6)} \cdot \sum Q_{br.sys.4}^{q>6}}{\sum Q_{br}} + \frac{\omega''_{a.pl,kr,pr.4}^{(q>6)} \cdot \sum Q_{br.pl,kr,pr.4}^{q>6} + \omega''_{a.4}^{(q\leq 6)} \cdot \sum Q_{br.4}^{q\leq 6} + \omega''_{a.8} \cdot \sum Q_{br.8} + \omega''_{a.rf}^{(q>6)} \cdot \sum Q_{br.rf}^{q>6}}{\sum Q_{br}}, \text{ N/kN.} \quad (2)$$

bu yerda  $\sum Q_{br.pv.4}^{q>6}$ ,  $\sum Q_{br.sys.4}^{q>6}$ ,  $\sum Q_{br.pl,kr,pr.4}^{q>6}$ ,  $\sum Q_{br.4}^{q\leq 6}$ ,  $\sum Q_{br.8}$ ,  $\sum Q_{br.rf}^{q>6}$  – mos ravishda birinchi, ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi, beshinchi va oltinchi guruh vagonlarning umumiy og'irligi, t.

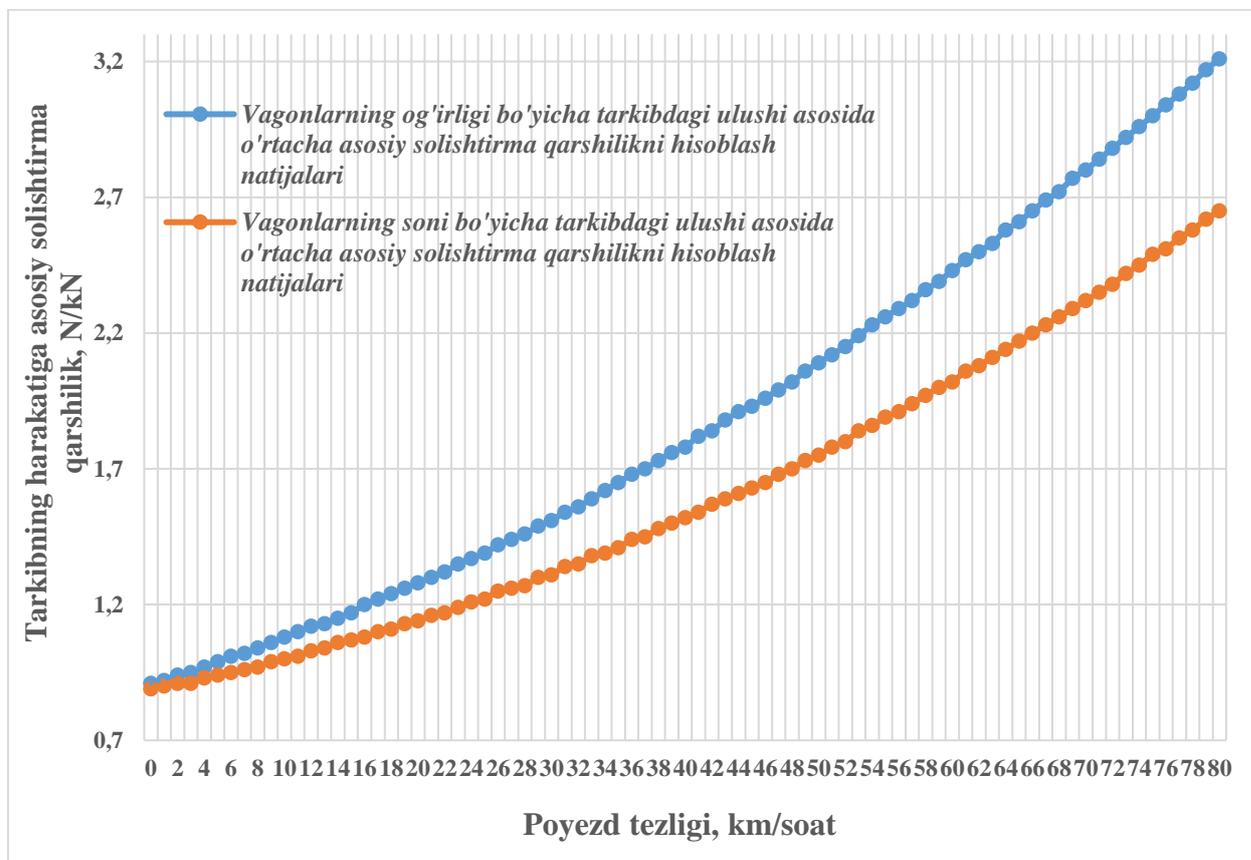
Natijada, yuk vagonlari harakatiga bo'g'inli va bo'g'insiz yo'lda asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash uchun dastur ishlab chiqilgan. Ushbu dasturdan <https://trainlocomotive.netlify.app/> sayti orqali foydalanish mumkin. Natijalarni ko'rgazmali ko'rsatish maqsadida yuk poyezdi tarkibining harakatga asosiy solishtirma qarshiligi va tezliklar orasidagi bog'liqlik grafigi tuzilgan (3-rasm).

Yuk vagonlarining harakatiga asosiy solishtirma qarshilikning poyezdlarni boshqarish energetik xarajatlariga ta'sirini baholash maqsadida tortish hisoblari bajarilgan. Ishlab chiqilgan dastur orqali olingan poyezdlarni tortishga sarflanadigan vaqt va elektr energiyasining hisobiy qiymatlari tajriba ma'lumotlari bilan muvofiq kelgan. Shunday qilib, yuk poyezdlari tarkibi harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni vagonlarning texnik parametrlari va yuklanganligini hisobga olgan holda aniqlashning yangi yondashuvi ishlab chiqilgan.

Tarkibning harakatiga asosiy solishtirma qarshilikni turli vagonlarning xususiyatlaridan kelib chiqqan holda aniqlash orqali temir yo'l uchastkasida yuk poyezdlarining yurish tezligini o'rtacha 3% ga oshirish va tortishdagi elektr energiyasi sarfini 9% ga kamaytirish mumkinligi isbotlangan, bundagi iqtisodiy samaradorlik bir yilda 340 mln. so'mni tashkil etadi.

Dissertatsiyaning **“Harakat grafigida turli og'irlikdagi yuk poyezdlarini temir yo'l uchastkalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'sirini baholash”** deb nomlangan uchinchi bobida turli og'irlikdagi tarkiblarning poyezdlar

harakatlanish parametrlariga ta'siri baholangan, harakat grafigida grafik davrini bo'sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisobga olishning bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalarining mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'siri asoslangan.



**3-rasm. Yuk poyezdi tarkibining harakatiga asosiy solishtirma qarshilik va tezliklar orasidagi bog'liqlik grafigi**

Bugungi kunda "O'TY" AJda yuk poyezdlarining peregonda grafik bo'yicha tezlanish, yurish va sekinlanish vaqtlari tajriba-sinov asosida turli og'irlikdagi tarkiblar uchun bir xil belgilanadi. Bu, o'z navbatida, temir yo'l uchastkasining mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyatini aniq baholash imkonini bermaydi. Shuning uchun tortish hisoblari asosida turli og'irlikdagi poyezdlarning yurish vaqtlari va elektr energiyasi sarfi 2-bobda ishlab chiqilgan yuk poyezdi tarkibi harakatiga o'rtacha asosiy solishtirma qarshilikni aniqlashning yangi yondashuvi asosida aniqlangan. 1-jadvalda Oltiariq-Marg'ilon temir yo'l uchastkasi uchun aniqlangan turli og'irlikdagi yuk poyezdlarining yurish vaqtlari va elektr energiyasi sarfi keltirilgan.

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, turli og'irlikdagi poyezdlar peregonda turlicha vaqt davomida harakatlanadi. Bunda tarkibida bo'sh vagonlari mavjud bo'lgan yuk poyezdlari yuklangan poyezdlarga nisbatan tezlanishga kamroq vaqt va elektr energiyasini sarflaydi. O'z navbatida, temir yo'l uchastkasi bo'ylab to'xtashlar soni qanchalik ko'p bo'lsa, bo'sh vagonlari mavjud bo'lgan yuk poyezdlari shunchalik tezroq va kam xarajat bilan harakatlanadi deb xulosa qilish mumkin.

## 1-jadval

**Turli og'irlikdagi yuk poyezdlarining yurish vaqti va elektr energiyasi sarfini hisoblash natijalari (lokomotiv turi – Uz-el, peregonning uzunligi – 19 km, maksimal ruxsat etilgan tezlik – 70 km/s)**

T/r	Poyezd og'irligi (Q), t	Tezlanish vaqti ( $t_{tez}$ ), daq.	Harakatlanish vaqti ( $t_{har}$ ), daq.	Sekinlashish vaqti ( $t_{sek}$ ), daq.	Yurish vaqti ( $t_{yur}$ ), daq.	Elektr energiyasi sarfi (A), kVt-soat
1	1480	1,84	15,55	0,98	18,37	102,24
2	2520	1,84	15,55	0,98	18,37	102,24
3	3270	2,11	16,32	0,99	19,42	122,20
4	3670	2,24	16,31	0,99	19,54	135,68
5	4110	2,38	17,15	0,99	20,52	146,10
6	4120	2,39	17,13	0,99	20,51	145,30
7	4170	2,40	17,07	1,00	20,47	147,00
8	4230	2,42	17,13	1,00	20,55	150,00
9	4280	2,43	17,05	1,00	20,48	150,68
10	4380	2,47	17,10	1,00	20,57	154,40
11	4440	2,49	17,14	1,01	20,64	158,40
12	4480	2,50	17,16	1,01	20,67	160,40
13	4580	2,53	17,01	1,01	20,55	160,36
14	4600	2,53	17,02	1,01	20,56	161,00
15	5000	2,65	17,88	1,02	21,55	168,30
16	5100	2,68	17,88	1,02	21,58	171,75

Bo'sh vagonlari mavjud bo'lgan poyezdlarning bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalari o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'sirini asoslash bo'yicha hisoblarni ixchamlashtirilgan tarzda ko'rsatish maqsadida turli og'irlikdagi poyezdlarning o'rniga bo'sh vagonli tarkibdan tashkil topgan poyezdlarni olamiz. Bunda, bir yo'llik temir uchastkasida mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyati quyidagicha hisoblanadi:

$$N_{mav(1)} = \frac{(1440 - t_{mex}) \cdot \alpha_u}{T'_{davr}}, \text{ juft poyezd} \quad (3)$$

bu yerda  $t_{mex}$  – infratuzilmani ta'mirlash va ko'rikdan o'tkazish uchun ajratiladigan texnologik vaqt, daq.;  $\alpha_u$  – texnik vosita va qurilmalarning ishonchlilik koeffitsiyenti;  $T'_{davr}$  – yukli va bo'sh tarkibli poyezdlarning o'rtacha yurish tezligini hisobga olgan holdagi grafik davri (uchastkaning o'tkazish qobiliyatini cheklovchi peregon uchun hisoblanadi), daq.

$T'_{davr}$  ning qiymati bo'sh tarkibli poyezdlar harakati bir yo'nalishda (masalan, juft) mavjud bo'lganda quyidagicha aniqlanadi:

$$T'_{davr} = t^t + \alpha \cdot (t^j - \Delta t) + \beta \cdot t^j + 2 \cdot \tau_{bk}, \text{ daq.} \quad (4)$$

bu yerda  $t^t$ ,  $t^j$  – mos ravishda yukli tarkibli poyezdlarning toq va juft yo'nalish bo'yicha yurish vaqti (tezlanish va sekinlanishga sarflanadigan vaqtlarni hisobga olgan holda), daq.;  $\Delta t$  – yukli va bo'sh tarkibli poyezdlarning yurish vaqtlari

orasidagi farq, daq.;  $\alpha, \beta$  – mos ravishda bo‘sh va yukli tarkibli poyezdlarning ulushi;  $\tau_{bk}$  – bir vaqtda kelmaslik intervali, daq.

$T'_{davr}$  ning qiymati bo‘sh tarkib poyezdlar harakati ikki yo‘nalishda (toq va juft) mavjud bo‘lganda quyidagicha aniqlanadi:

$$T''_{davr} = \alpha \cdot (t^i - \Delta t) + \beta \cdot t^i + \alpha \cdot (t^j - \Delta t) + \beta \cdot t^j + 2 \cdot \tau_{bk}, \text{ daq.} \quad (5)$$

1-jadval ma'lumotlari asosida turli og'irlikdagi yuk poyezdlarining bir yo‘llik temir yo‘l uchastkasining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta’siri baholandi (2-jadval). 2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, grafik davrini belgilashda bo‘sh tarkibli poyezdlarning harakatlanish vaqtlarini aniq hisobga olish bir yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyati zaxirasi mavjudligini isbotlaydi. “O‘TY” AJ sharoiti ( $\alpha=0,4; \beta=0,6$ ) uchun (3) ifoda asosida bir yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyati hisoblangan. Natijada, harakat grafigida grafik davrini bo‘sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisoblash orqali bir yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 7% gacha oshirish imkoniyati asoslangan.

2-jadval

**Turli og'irlikdagi yuk poyezdlarining bir yo‘llik temir yo‘l uchastkasining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta’siri**

Bo‘sh tarkibli poyezdlar harakati	Bo‘sh tarkibli poyezdlar ulushi, %	Yurish vaqti		$\tau_{ok}$	$T_{davr}$	$t_{tex}$	$\alpha_{mus}$	$N_{mav}$
		toq	juft					
Bir tomonga	0	20	20	6	46,0	60	0,93	27
	25	20	18/20	6	45,5	60	0,93	28
	50	20	18/20	6	45,0	60	0,93	28
	75	20	18/20	6	44,5	60	0,93	28
	100	20	18	6	44,0	60	0,93	29
Ikki tomonga	0	20	20	6	46,0	60	0,93	27
	25	18/20	18/20	6	45,0	60	0,93	28
	50	18/20	18/20	6	44,0	60	0,93	29
	75	18/20	18/20	6	43,0	60	0,93	29
	100	18	18	6	42,0	60	0,93	30

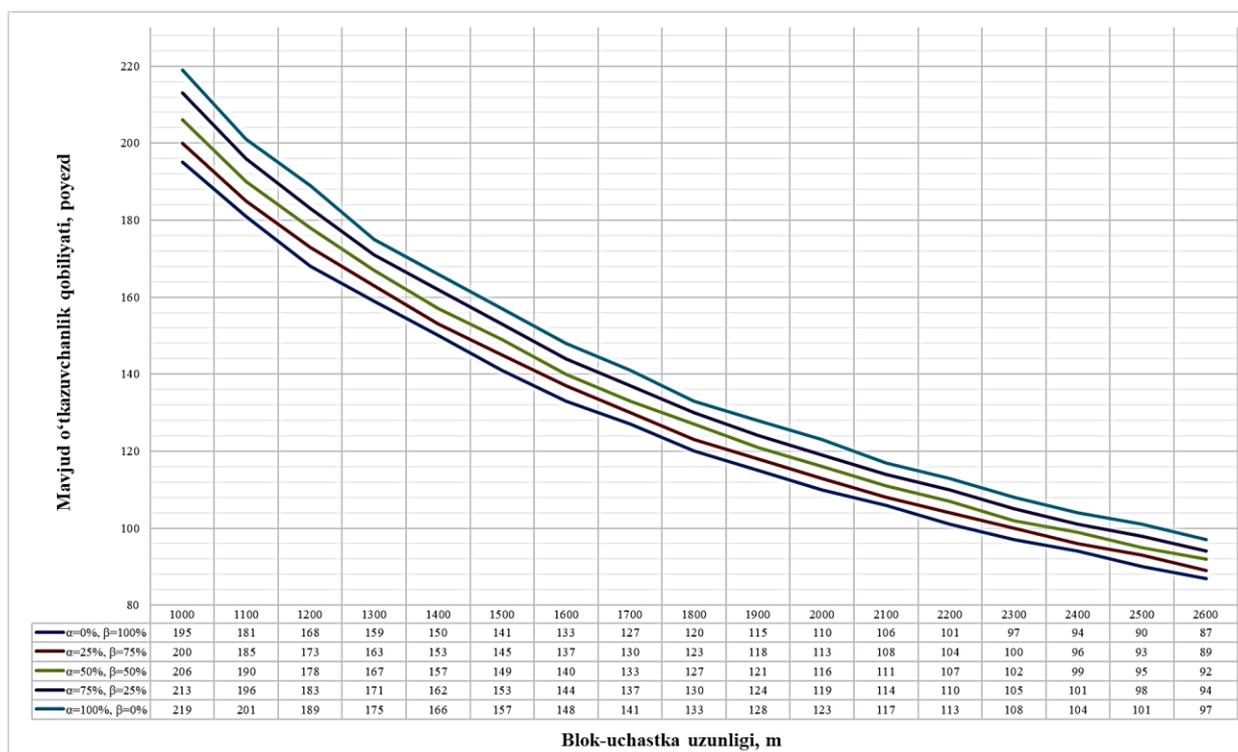
Ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkalari bo‘ylab turli og'irlikdagi yuk poyezdlarini ketma-ket jo‘natishda ular orasidagi to‘xtashi mumkin bo‘lgan xavfsiz masofani hisoblash talab etiladi. Ushbu masofaning qiymati tarkibining og'irligi, harakatlanish tezligi, yo‘l xususiyatlari va tarkibdagi vagonlar soniga bog‘liq. Tadqiqot doirasida yuk poyezdlari orasidagi to‘xtashi mumkin bo‘lgan xavfsiz masofani hisoblash uchun dastur ishlab chiqilgan.

Turli og'irlikdagi yuk poyezdlari harakatlanadigan uch belgili avtoblokirovka bilan jihozlangan ikki yo‘llik temir uchastkasida mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyati quyidagicha hisoblanadi:

$$N_{mav(2)} = \frac{(1440 - t_{mex}) \cdot (\alpha \cdot g_{yur}^{\alpha} + \beta \cdot g_{yur}^{\beta}) \cdot \alpha_u}{0,06 \cdot (3l_{bl} + l_p)}, \text{ poyezd} \quad (6)$$

bu yerda  $g_{yur}^{\alpha}$ ,  $g_{yur}^{\beta}$  – mos ravishda bo‘sh va yukli tarkibli poyezdlarning temir yo‘l uchastkasida yurish tezligi, km/soat;  $l_{bl}$  – blok-uchastka uzunligi, m;  $l_p$  – yuk poyezdining uzunligi, m.

Turli og‘irlikdagi yuk poyezdlarining ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkasining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta’siri (4) ifoda asosida baholandi. “O‘TY” AJ sharoitlari ( $\alpha=0,4$ ;  $\beta=0,6$ ;  $l_{bl}=1500$  m) uchun ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyati hisoblangan (4-rasm). Natijada, harakat grafigida grafik davrini bo‘sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisoblash orqali ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 5% gacha oshirish imkoniyati asoslangan.

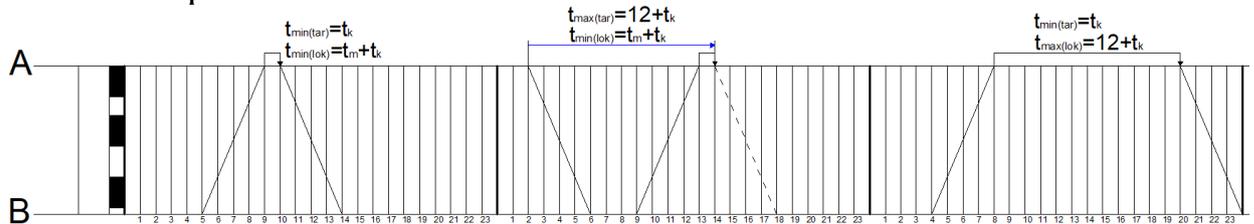


4-rasm. Turli og‘irlikdagi yuk poyezdlarining ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkasining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta’siri

Shunday qilib, harakat grafigida grafik davrini bo‘sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisobga olishning bir va ikki yo‘llik temir yo‘l uchastkalarining mavjud o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga ta’siri asoslangan.

Dissertatsiyaning **“Poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usulini tortuv yelkalarining chegaralarida turish vaqtlarini minimallashtirish asosida ishlab chiqish”** deb nomlangan to‘rtinchi bobi tortuv birliklarini poyezdlarga biriktirishda lokomotivning stansiyada turish vaqtini aniqlashning mavjud usullari tanqidiy tahlil qilingan, lokomotivlarni tarkiblarga biriktirishning mumkin bo‘lgan variantlari va shartlari bo‘yicha texnik xizmat ko‘rsatishni hisobga olish jarayonini avtomatlashtirish asosida poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli ishlab chiqilgan.

Umumiy holda, poyezd lokomotivlari va tarkiblarining aylanish punktlarida turishining maksimal va minimal miqdorlari (mos ravishda  $t_{max(lok)}$ ,  $t_{max(tar)}$ ,  $t_{min(lok)}$ ,  $t_{min(tar)}$ ) 5-rasmdagidek aniqlanadi. Amaliyotda o‘zgaruvchan grafik qo‘llanilayotganligi tufayli har qanday jo‘nashga tayyor bo‘lgan poyezd peregonning bo‘shlashini kutishiga ( $t_k$ ) to‘g‘ri keladi.  $t_k$  ning qiymati temir yo‘l uchastkasining texnik jihozlanganligi va poyezd oqimlari parametrlariga bog‘liq ravishda aniqlanadi.



**5-rasm. Poyezd lokomotivlari va tarkiblarining aylanish punktlarida turishining maksimal va minimal miqdorlari sxematik ko‘rsatish**

5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, aylanish punktlarida poyezd lokomotivlari turishining minimal miqdori lokomotivlarni poyezdlarga birlashtirishning “Tarkib lokomotivni kutadi” shartiga, tarkiblar turishining minimal miqdori esa “Lokomotiv tarkibni kutadi” shartiga to‘g‘ri keladi. Poyezdlar harakati grafigida yuk poyezdlarining stansiyalarga kelish va ulardan jo‘nash vaqtlari o‘zaro bog‘liq hamda  $N_l$  ta poyezdlar harakati mavjud bo‘lgan aylanish uchastkalarida lokomotivlarining maksimal turish vaqtlarini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_{max(lok)} = \frac{12}{\sum N_l} + t_k, \text{ soat.} \quad (7)$$

Ma’lumki, temir yo‘l uchastkalarining zamonaviy axborot-boshqaruv tizimlari bilan jihozlangan sharoitlarida poyezd ishlarini keyingi sutka uchun rejalashtirishning imkoniyati mavjud. Natijada, poyezd ishlari rejalashtirilayotgan sutka uchun har bir aylanish va almashish punktlarida yuk poyezdlarining stansiyalardan jo‘nash-kelish vaqtlarini aniqlash imkoniyatiga ega bo‘lamiz.

Poyezd lokomotivlari va tarkiblarining aylanish punktlarida turish vaqtlarini aniqlash uchun ishga shay bo‘lgan tortuv birliklari sonidan kelib chiqqan holda poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli ishlab chiqilgan. Bunda 1-stansiyaga poyezdlarning kelish vaqti  $t_i^l$  va undan jo‘nash vaqti  $T_j^l$  belgilangan, bu yerda  $i = \overline{1, N_l}$ ;  $j = \overline{1, N_l}$ . Yuk poyezdlarining stansiyadan jo‘nash va unga yetib kelish jadvallari asosida aylanish stansiyasi vaqt o‘qi  $k$  bo‘laklarga bo‘lingan. Bunda har bir poyezd stansiyaga kelganidan keyin tarkiblar soni oshib boradi va har bir poyezd jo‘natilganidan so‘ng  $\min k_v = 0$  dan  $1 \leq v \leq 2N_l + 1$  birlikkacha kamayadi. Aks holda hech bo‘lmaganda bitta tarkib aylanish stansiyasida sutka davomida turib qoladi va bu, o‘z navbatida, barcha  $k_v$  larni aniqlash imkonini beradi.

Tarkiblar soniga teng bo‘lgan holat uchun  $k_v$  bo‘laklarni vaqt oralig‘ida aylanish stansiyasida bo‘lgan tarkiblarga qo‘yib chiqiladi. Bunda  $t_i^l$  qabul qilish

jadvali lokomotivlar sonini oshirmagan holda  $t_j^l$  jo‘natish jadvali bilan bog‘langan bo‘lishi mumkin, qachonki barcha  $[t_i^l; T_j^l]$  ga taalluqli bo‘lgan bo‘laklar uchun indekslar  $k_v > 0$  ga teng bo‘lsa. Aks holda, ushbu jadvallarning bog‘lanishi lokomotivlar umumiy sonining oshishiga olib keladi. Masalan,  $t_1^l$  jadvali  $T_1^l$  yoki  $T_2^l$  bilan bog‘lanishi mumkin hamda  $t_1^l$  ni  $T_3^l$  bilan bog‘lash mumkin emas, chunki bunday bog‘lanish lokomotivlarning talab etilgan miqdorining oshishiga olib keladi.

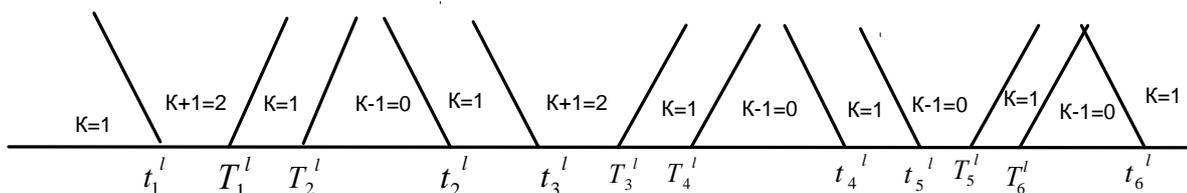
$\{x_{ij}^l\}$  bog‘lanishlar matritsasini kiritamiz:

$$\{x_{ij}^l\} = \begin{cases} 1, & \text{agar kelish jadvali } t_i^l \text{ jo‘natish jadvali } [T_j^l] \text{ bilan bog‘lansa;} \\ 0 & \text{– aksi holda.} \end{cases} \quad (8)$$

Har bir kelish jadvali  $t_i^l$  bittadan ortiq bo‘lmagan jo‘natish jadvallari  $T_j^l$  bilan bog‘lanishi mumkin va aksincha har bir  $T_j^l$  bittadan ortiq bo‘lmagan  $t_i^l$  bilan bog‘lanishi mumkin bo‘lsa, quyidagi tengsizlik o‘rinli bo‘ladi:

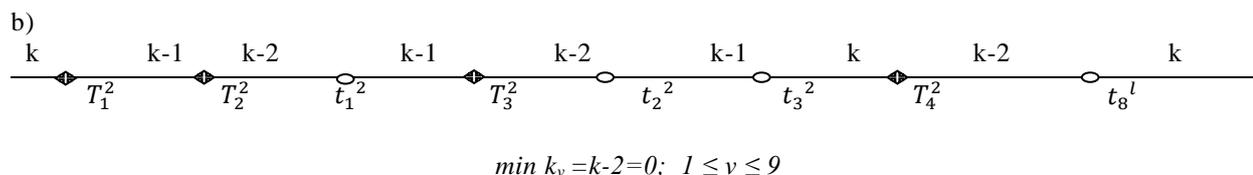
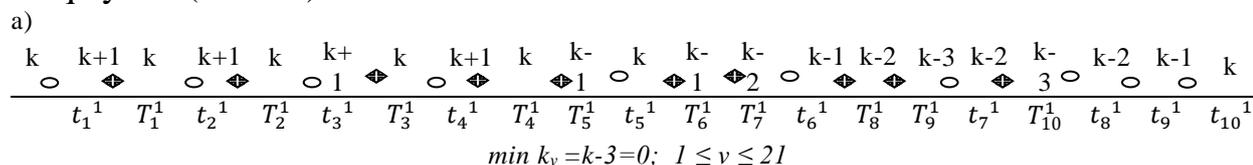
$$\sum_i x_{ij}^l \leq 1, \forall_j; \sum_j x_{ij}^l \leq 1, \forall_i. \quad (9)$$

Ya‘ni, har bir bog‘lanishlar matritsasi qatorida bittadan ortiq bo‘lmagan birlik mavjud (6-rasm).



**6-rasm. Aylanish stansiyasida poyezd lokomotivlarini mumkin bo‘lgan bog‘lanishlari tasviri**

Stansiyalari soni ikkita bo‘lgan temir yo‘l uchastkasi uchun berilgan harakat grafigi vaqtlari bo‘yicha poyezd lokomotivlari aylanish grafigini tuzib olamiz, bunda  $l = 1, 2$  deb olamiz.  $k_v$  indekslarini vaqt o‘qlari bo‘laklariga nisbatan aniqlaymiz (7-rasm).



**7-rasm.  $k_v$  indekslarini vaqt o‘qlari bo‘laklariga nisbatini aniqlash tartibi**

Birinchi va ikkinchi aylanish stansiyalari uchun mumkin bo‘lgan bog‘lanishlar matritsalarini tuzib olinadi. Har bir matritsalar uchun “Tarkib

lokomotivni kutadi” shartidan boshlab lokomotivlarni poyezdlarga biriktiriladi va ushbu biriktirish “Lokomotiv tarkibni kutadi” shartigacha davom etadi. Shunday qilib, lokomotivlarni poyezdlarga biriktirishning “Tarkib lokomotivni kutadi” shartidan “Lokomotiv tarkibni kutadi” shartigacha bo‘lgan  $r$  ta variant uchun tortuv yelkalariga chegaralarida ( $l; l+1$ ) poyezd lokomotivlari va tarkiblarning o‘rtacha turish vaqtlarini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$t_{lok}^{-l;l+1(r)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{l;l+1}} t_{lok}}{N_{l;l+1}}, \text{ soat}; \quad (10)$$

$$t_{tar}^{-l;l+1(r)} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{l;l+1}} t_{tar}}{N_{l;l+1}}, \text{ soat}. \quad (11)$$

O‘z navbatida,  $r$  ta variant uchun  $e$ -nchi tortuv yelkalarida poyezd lokomotivlarining foydalanish parki (TXK-2 ko‘rigisiz) quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{fp(e)}^r = \frac{N_l}{24} \left( \frac{2 \cdot L_{uch}}{V_{uch}} + t_{lok}^{-l(r)} + t_{lok}^{-l+1(r)} \right), \text{ lok}. \quad (12)$$

Tadqiqot doirasida yuk harakati lokomotivlari foydalanish parkini poyezdlarning grafik vaqtlaridan kelib chiqqan holda hisoblashga doir EHM uchun dastur ishlab chiqilgan. Ushbu dastur yuk poyezdlari soni, ularning stansiyalarga kelish-ketish vaqtlari, uchastka tezligi va tashish masofasiga bog‘liq ravishda yuk harakati lokomotivlari foydalanish parkini avtomatlashtirilgan tarzda  $r$  ta variant bo‘yicha hisoblaydi. Ushbu dastur yordamida olingan natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

### 3-jadval

**Lokomotiv va poyezd tarkibining aylanish stansiyasida turishining  $r$  ta varianti bo‘yicha poyezd lokomotivlarining foydalanish parkini aniqlash natijalari ( $V_{uch}=30$  km/soat;  $L_{uch}=300$  km,  $N_l=18$  poyezd bo‘lganda)**

$r$	$t_{lok}^{-l(r)}$	$t_{tar}^{-l(r)}$	$t_{lok}^{-l+1(r)}$	$t_{tar}^{-l+1(r)}$	$M_{fp(e)}^r$
1*	0,57	1,68	0,92	1,62	17,48
2	0,97	0,75	1,15	0,92	16,25
3	1,63	0,08	2,02	0,22	15,23
4**	2,88	0	2,73	0	15,00

\* “Tarkib lokomotivni kutadi” sharti; \*\* “Lokomotiv tarkibni kutadi” sharti.

3-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, 1-shartdan 2-shartgacha bo‘lgan poyezd lokomotivlarini tarkiblarga biriktirish variantlari bo‘yicha lokomotivlarning foydalanish parki 16% gacha farq qiladi. Demak, ertangi sutkada ishga shay bo‘lgan poyezd lokomotivlarining sonidan kelib chiqqan holda poyezd lokomotivlarini tarkiblarga biriktirish shartlarini qo‘llash tortuv birliklari tanqisligi sharoitida harakatlanuvchi tarkiblarni samarali ekspluatatsiya qilishga zamin yaratadi.

Lokomotivlarni poyezdlarga biriktirishda ularning navbatdagi texnik ko‘rigiga kirishi talablarini inobatga olish zarur. Hozirgi vaqtda poyezd lokomotivlarini navbatdagi ikkinchi texnik ko‘rigidan o‘tkazishni hisobga olish depo navbatchisi tomonidan maxsus jurnallarni to‘ldirilgan holda amalga oshiriladi. Shuning uchun poyezd lokomotivlarining navbatdagi texnik ko‘rigiga kelish vaqti to‘g‘risidagi ma’lumotlarga asoslangan dastur ishlab chiqilgan.

Shunday qilib, poyezd lokomotivlaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli tortuv yelkalarining chegaralarida

harakatlanuvchi tarkiblarning turish vaqtlarini minimallashtirish asosida ishlab chiqilgan. Natijada poyezd lokomotivlari parkidan samarali foydalanish va harakatlanuvchi tarkiblarni ishlatish sharoitlaridan kelib chiqqan holda poyezd ishlarini tartibga solish bo'yicha tezkor qaror qabul qilish imkonini bergan.

Dissertatsiyaning **“Lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usulini ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda takomillashtirish”** deb nomlangan beshinchi bobida poyezd tarkiblarini lokomotiv va lokomotiv brigadalari bilan ta'minlash parametrlari asosida tortuv yelkalarining maksimal uzunligini belgilashning amaldagi usullari tadqiq etilgan, lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi yaratilgan, lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usulini takomillashtirish asosida “O'TY” AJ tortuv yelkalarini qayta taqsimlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Yuk poyezdlarini lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkalarini bo'yicha jo'natishda grafik vaqtlarini tanlash uchun rejalashtirilayotgan sutkaning soatlik intervallari bo'yicha vagonlar yetib kelishining smena-sutkalik tahlilini amalga oshirish talab etiladi. Tadqiqot jarayonida lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi yaratilgan. Avtomatlashtirilgan tizimda tavsiya etilayotgan vaqtlar soatlik intervalda yetib kelayotgan vagonlar asosidagi minimal vagon-soatlar mezonini va stansiya parklari bo'ylab tarkiblarga ishlov berish texnologik grafigi asosida tanlab olinadi.

Tortuv yelkalarining uzunligini aniq bir poyezdlar oqimidan kelib chiqqan holda bir yillik davr uchun belgilashning amaldagi usuli vagon oqimlarining yil mobaynida o'zgarishini inobatga olmaydi. Tadqiqot doirasida uzunligi 100 dan 600 km bo'lgan tortuv yelkalarini turli poyezdlar oqimi sharoitida birlashtirishning lokomotivlar foydalanish parkiga ta'siri 4-bobda keltirilgan usul asosida tadqiq etildi. 8-rasmda ikkita 500 kilometrlik temir yo'l uchastkasida poyezd lokomotivlarining alohida va birlashgan aylanish yelkalarini joriy etishdagi ekspluatatsion parkning o'zgarishi ko'rsatilgan. 8-rasmdan ko'rinib turibdiki, lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usulini poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog'liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Tadqiqot doirasida umumiy ekspluatatsiya xarajatlarini o'z ichiga oladigan quyidagi maqsad funksiyasi orqali poyezd lokomotivlari aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash tavsiya etilgan:

$$E_{pr} = \frac{N_e}{24} \cdot \frac{(1 + \alpha_{o,r})}{(1 - \beta_n)} \cdot \left( \frac{2 \cdot L_e}{V_{uch}} + t_{as} + t_{ay} \right) \cdot \left( 365 \cdot e_{Mt} + \frac{C_{br} \cdot K_{br}}{1 - \delta} + E_p \cdot C_e \right) + N_e \cdot e_r \cdot (365 \cdot l_{sl} + 0,96 \cdot \alpha_{sl} \cdot L_e^2) \rightarrow \min \quad (13)$$

Bunda quyidagi chegaralar mavjud:

$$L_d^{min} \leq L_e \leq \begin{cases} L_{yon}^{max} \\ L_{TKK-2}^{max} \end{cases}; t_m^{min} + t_k \leq t_{as} \leq 12 + t_k; t_m^{min} + t_k \leq t_{ay} \leq 12 + t_k.$$

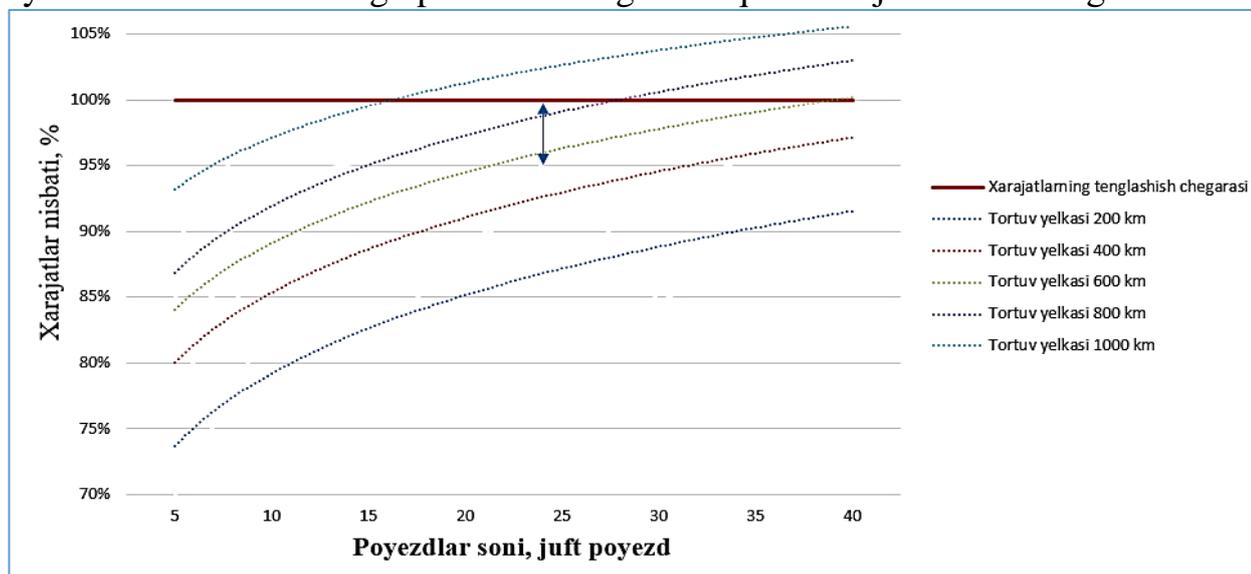
bu yerda  $\alpha_{o,r}$  – lokomotivlarning uzaytirilgan qatnov uchastkasida ularni tezkor boshqarish (muvofiqlashtirish) murakkabligi bilan bog‘liq bo‘lgan lokomotiv parki ulushi;  $\beta_n$  – nosoz lokomotivlar ulushi;  $t_{as}, t_{ay}$  – poyezd lokomotivlarining asosiy va aylanma depolarda turish vaqti, soat;  $N_e$  – lokomotivlar aylanish uchastkasidagi yuk poyezdlari soni, poyezd;  $e_{Mt}, e_r$  – mos ravishda bir lokomotiv-soat va lokomotiv-kilometr xarajatlar stavkasi, so‘m/lok-soat(lok-km);  $C_{br}$  – bir lokomotiv brigadasini yillik saqlash qiymati, so‘m;  $K_{br}$  – ekspluatatsiya qilinayotgan parkning bir lokomotivga to‘g‘ri keladigan brigadalar shtati;  $\delta$  – kasallar va mehnat ta‘tilidagilarning o‘rniga ishga chiqilishini hisobga oluvchi koeffitsiyent;  $l_{sl}$  – lokomotivning u yetib kelgan poyezddan uzilgan joyidan jo‘natilayotgan poyezdga tirkalish joyiga qadar bosib o‘tgan masofasi, km;  $\alpha_{sl}$  – lokomotivlarning bir yil davomida qatnov yo‘lidagi bir poyezd-kilometrغا to‘g‘ri keluvchi nosozlik holatlari soni;  $E_p$  – kapital kiritmalar samaradorligining normativ koeffitsiyenti;  $C_e$  – poyezd lokomotivni xarid qilish narxi, so‘m;  $L_d^{min}$  – tortuv yelkasining dastlabki uzunligi, km;  $L_{yon}^{max}$  – poyezd lokomotivining yonilg‘i zaxirasi bilan chegaralanadigan tortuv yelkasining maksimal uzunligi, km;  $L_{TKK-2}^{max}$  – poyezd lokomotivining ikkinchi texnik ko‘rikka kirish masofasi bilan chegaralanadigan tortuv yelkasining maksimal uzunligi, km;  $t_m^{min}$  – poyezd lokomotivining bir poyezddan uzilib keyingi poyezdga ulanishiga sarflanadigan me‘yoriy vaqt, soat.



**8-rasm. Poyezd lokomotivlarining alohida va birlashgan tortuv yelkalarini joriy etishdagi ekspluatatsion parkning o‘zgarishi**

Tadqiqot doirasida tortuv yelkalarida poyezd lokomotivlaridan foydalanishning keltirilgan xarajatlarini hisoblash uchun dastur ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan dastur orqali poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish

shartlariga bog‘liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash mumkin. 9-rasmda tranzitlik koeffitsiyenti 0,3 bo‘lgan holat uchun poyezd lokomotivlari aylanish uchastkalarining optimal uzunligini aniqlash natijalari ko‘rsatilgan.



**9-rasm. Tranzitlik koeffitsiyenti 0,3 bo‘lgan holat uchun poyezd lokomotivlari aylanish uchastkalarining maqbul uzunligini aniqlash natijalari**

Shunday qilib, lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usuli poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog‘liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan takomillashtirilgan. Ushbu usulni amaliyotga qo‘llash natijasida Sariyog‘och – Maroqand (308 km) va Maroqand – Buxoro (231 km) poyezd lokomotivlari aylanish uchastkalarini yagona Sariyog‘och – Buxoro (539 km) tortuv yelkasiga birlashtirish (o‘rtacha poyezdlar soni 24 juft) orqali foydalanish xarajatlarini 5% ga qisqartirish mumkinligi va yillik iqtisodiy samaradorlik 176 mln. so‘mni tashkil etishi asoslangan.

Dissertatsiyaning **“Xususiy temir yo‘l korxonalarini tomonidan ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan lokomotivlarning maqbul turini tanlashning texnik-texnologik yechimlarini ishlab chiqish”** deb nomlangan oltinchi bobida transport korxonasi yuklarini tashishda poyezdlar tortuviga elektr energiyasi sarfini hisoblash uslubiyati, xususiy transport korxonalarini lokomotivlarining tashish jarayonlariga jalb etilishi sharoitida ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirishning matematik modeli ishlab chiqilgan va xususiy lokomotivlardan foydalanish samaradorligi baholangan.

Xususiy lokomotivlar bilan tashishlar rejasini bajarishdagi umumiy ekspluatatsiya xarajatlari quyidagicha ifodalangan:

$$E = E_{up} + E_{bog}, \text{ ming so‘m} \quad (14)$$

bu yerda  $E_{up}$  – shartli-doimiy sarf-xarajatlar, ming so‘m;  $E_{bog}$  – tashishlar hajmiga bog‘liq sarf-xarajatlar, ming so‘m.

Tadqiqot doirasida xususiy lokomotivlarning poyezdlarni tortishdagi elektr energiyasi sarfini hisoblash uchun dastur ishlab chiqilgan. Xususiy transport

korxonalari lokomotivlarining tashish jarayonlariga jalb etilishi sharoitida ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirishning matematik modeli nochiqli tarmoq masalasini yechish asosida ishlab chiqilgan. Natijada, tashishdagi o'zgaruvchan xarajatlarga energiyaga (yonilg'iga) qilinadigan xarajatlar asosiy ulush bo'lib qo'shilishi, tashish uchun zarur bo'lgan elektr energiyasi (yonilg'i) miqdorining yuk hajmiga bog'liqligini yuqoriga qabariq botiq bo'lak-chiziqli funksiya bilan approksimatsiyalanishi mumkinligi isbotlangan.

Tadqiqot natijalari bo'yicha Enter Engineering korxonasi tomonidan xarid qilinishi ko'rib chiqilayotgan poyezd lokomotivlar bilan tashishlar rejasini bajarishdagi umumiy ekspluatatsiya xarajatlarini aniqlash asosida tortuv birliklarining maqbul turini tanlashga doir tavsiyalar ishlab chiqilgan. Jumladan, HXD3 va O'zbekiston elektrovozlaridan foydalanishdagi elektr energiyasi sarfi farqi bir yilda 1968375,16 kVt-soatni tashkil etishi aniqlangan. Hozirgi kunda sanoat korxonalari uchun bir kVt-soat elektr energiyasining narxi 450 so'm, demak, O'zbekiston rusumli lokomotivdan foydalanish natijasida yillik iqtisodiy samaradorlik 885 mln. so'm tashkil etishi asoslangan.

Shunday qilib, xususiy temir yo'l kompaniyalari tomonidan ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan lokomotivlarning maqbul turini tanlashning texnik-texnologik yechimlari poyezdlarning stansiyaga kelishi va ulardan jo'nash vaqtlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan.

## XULOSA

“Tashish jarayonlari tortuv ta'minoti tizimini boshqarishning texnik-texnologik yechimlarini rivojlantirish” mavzusidagi fan doktori (DSc) dissertatsiyasi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar taqdim etilgan:

1. Vagon raqami orqali olinadigan tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlar va poyezdning yuklanganlik holati asosida tarkib harakatiga o'rtacha og'irlikdagi asosiy solishtirma qarshilikni aniqlashning yangi yondashuvi ishlab chiqilgan. Natijada, temir yo'l uchastkasida yuk poyezdlarining yurish tezligini o'rtacha 3% ga oshirish va tortishdagi elektr energiyasi sarfini 9% ga kamaytirish mumkinligi isbotlangan.

2. Harakat grafigida grafik davrini bo'sh tarkibli yuk poyezdlari ulushi asosida hisobga olishning bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalarining mavjud o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ta'siri asoslangan. Natijada, turli og'irlikdagi poyezdlarning harakatlanish vaqtlari asosida grafik davrining o'zgarishi hisobiga bir va ikki yo'llik temir yo'l uchastkalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini mos ravishda 7% va 5% gacha oshirishga erishilgan.

3. Lokomotivlarni poyezdlarga birlashtirishda turib qolish vaqtlarini kamaytirish va tarmoq grafigi bo'yicha ikkinchi texnik ko'rikdan o'tkazish imkoniyatini hisobga olgan holda tortuv birliklaridan unumli foydalanishni rejalashtirishning innovatsion usuli ishlab chiqilgan. Natijada poyezd lokomotivlari parkidan samarali foydalanish

va harakatlanuvchi tarkiblarni ishlatish sharoitlaridan kelib chiqqan holda poyezd ishlarini tartibga solish bo'yicha tezkor qaror qabul qilish imkonini bergan.

4. Lokomotivlar aylanish uchastkasining optimal uzunligini aniqlash usuli poyezdlar oqimi va tortuv birliklarini birlashtirish shartlariga bog'liq ravishda ekspluatatsiya xarajatlarini hisobga olgan holda takomillashtirilgan. Tadqiqot natijalarini amaliyotga qo'llash natijasida Sariyog'och – Maroqand va Maroqand – Buxoro poyezd lokomotivlari aylanish uchastkalarini yagona Sariyog'och – Buxoro tortuv yelkasiga birlashtirish orqali foydalanish xarajatlarini 5% ga qisqartirish imkoni yaratilgan.

5. Poyezd lokomotivlarining uzaytirilgan aylanish uchastkasi bo'yicha yuk poyezdlarini jo'natish vaqt intervallarini aniqlashning matematik modeli grafikda harakat to'xtatilgan davrni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan. Natijada tortuv birliklarining temir yo'l uchastkalari bo'ylab belgilangan grafik davrlarida harakatini tashkil etish talablaridan kelib chiqqan holda lokomotivlarning uzaytirilgan tortuv yelkasi bo'yicha yuk poyezdlarini stansiyadan jo'natish grafik vaqtlarini tanlashning avtomatlashtirilgan tizimi yaratilgan.

6. Ekspluatatsiya qilinishi rejalashtirilayotgan poyezd lokomotivlarini tarkiblarga birlashtirishning texnik-texnologik yechimlari poyezdlarning stansiyaga kelishi va ulardan jo'nash vaqtlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan. Natijada temir yo'l infratuzilmasiga qo'yiladigan cheklovlardan kelib chiqqan holda tashilishi kutilayotgan yuk oqimiga bog'liq ravishda poyezd lokomotivlarining ekspluatatsiya parkini aniqlash imkoni yaratilgan.

7. Xususiy transport korxonalarini lokomotivlarining tashish jarayonlariga jalb etilishi sharoitida ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirishning matematik modeli noxiziqli tarmoq masalasini yechish asosida ishlab chiqilgan. Natijada tashish uchun zarur bo'lgan elektr energiyasi (yonilg'i) miqdorining yuk hajmiga bog'liqligini yuqoriga qabariq bo'lak-chiziqli funksiya bilan approksimatsiyalanishi mumkinligi isbotlangan va uning miqdorini rejalashtirilayotgan tashish hajmiga bog'liq ravishda aniqlash imkoniyati yaratilgan.

8. Magistral temir yo'l va xususiy transport korxonalarini tortuv harakatlanuvchi tarkiblariga qo'yiladigan tashish talablarini e'tiborga olgan holda lokomotivlar parkidan ratsional foydalanish va ularning maqbul turini tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Natijada Enter Engineering korxonasi tomonidan xarid qilinishi ko'rib chiqilayotgan tortuv birliklarining maqbul turini tanlash asosida foydalanish parkini 11% tejash imkoniyati yaratilgan.

9. Tadqiqot natijalari "O'zbekiston temir yo'llari" AJ tasarrufiga kiruvchi "Tashishlarni tashkil etish boshqarmasi", "Yagona dispetcherlik markazi" va "Toshtemiryo'lloyiha" MCHJ korxonalarida joriy etilgan. Natijada, poyezdlar oqimi va tashish masofasiga bog'liq ravishda lokomotivlar foydalanish parki ishini rejalashtirish, aylanish uchastkalari chegaralarida harakatlanuvchi tarkiblarning turib qolish vaqtlarini qisqartirish va tortuv birliklarining maqbul turini tanlashga erishilgan. Umumiy iqtisodiy samaradorlik 1,4 mlrd. so'mni tashkil etadi.

**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**

**МАШАРИПОВ МАЪСУД НУЪМОНЖОНОВИЧ**

**РАЗВИТИЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

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

**Ташкент – 2023**

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2022.4.DSc/T575.

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

**Научный консультант:**

**Суёнбаев Шинполат Мансуралиевич**  
доктор технических наук (DSc), профессор

**Официальные оппоненты:**

**Ибрагимов Назрилла Набиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Шарипов Конгратбай Авезимбетович**  
доктор технических наук, профессор

**Джумабаев Алижон Бакишевич**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится 25 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. Темирийулчилар, 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 - 122). Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан 12 сентября 2023 года.  
(реестр протокола рассылки №22 от 12 сентября 2023 года).



**Н.М. Арипов**  
Председатель Научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор

**Ж.Р. Кобулов**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
к.т.н., профессор

**Ж.Ф. Курбанов**  
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 разработке методов своевременной доставки грузов и интеллектуального мониторинга движения перевозочных средств на основе усиления пропускной способности и повышения качества, надежности и эффективности эксплуатации тягового подвижного состава путем развития железнодорожной инфраструктуры и применения систем дистанционного управления поездами. В мировом масштабе, учитывая, что «...19% эксплуатационных затрат железнодорожного транспорта приходится на топливно-энергетические ресурсы, из них 85% расходуются на тягу поездов и 15% на другие виды деятельности ...<sup>1</sup>», то возникает необходимость внедрения современных информационных технологий и автоматизированных систем управления в транспортные процессы эксплуатации тягового подвижного состава. В связи с этим особое внимание уделяется развитию технологий управления системы тягового обеспечения перевозочных процессов, позволяющих принимать технико-технологические решения по рациональному использованию магистральных локомотивов на основе нормирования технологического времени организации движения поездов и расхода топливно-энергетических ресурсов с учетом типов перевозочных средств железнодорожного транспорта и их технических характеристик.

В мире осуществляются научно-исследовательские работы, направленные на внедрение частных тяговых единиц для перевозки магистральным железнодорожным транспортом, совершенствование систем дистанционного управления движением поездов и усиленного контроля в повышении безопасности движения, сокращение сроков доставки грузов, эффективное использование подвижного состава и оснащение железнодорожных участков современными информационно-управляющими средствами. В этом направлении необходимо проводить ряд исследований, которые считаются приоритетными, в том числе по снижению расхода топливно-энергетических ресурсов при грузоперевозках различными типами локомотивов и вагонов на базе современных научных методов с использованием достижений науки. При этом одной из актуальных задач является научно-техническое обоснование влияния основного удельного сопротивления движению разных вагонов на тяговые показатели поезда и наличной пропускной способности железнодорожного участка, разработка методов определения оптимальной длины тяговых плеч и автоматизированных систем установления времени отправления поездов со станции, а также создание программного обеспечения, позволяющего осуществлять привязку локомотивов к поездам на основе критерия минимизации времени ожидания.

---

<sup>1</sup> <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-organizatsii-resursosberegayushchikh-proizvodstvennykh-sistem-na-zheleznodorozh>

В республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по развитию транспортной отрасли, в том числе по увеличению пропускной способности и развитию инфраструктуры системы железнодорожного транспорта, увеличению скорости доставки грузов, обновлению подвижного состава и автоматизации процесса его обслуживания, 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, в том числе определение среднего основного удельного сопротивления движению грузового поезда с учетом типов вагонов и степени загрузки, а также обоснование его влияния на показатели передвижения, совершенствование метода расчёта оптимальной длины тяговых плеч, создание автоматизированной системы выбора графического времени отправления грузовых поездов на удлинённый участок обращения поездных локомотивов с учетом периодов отмены движения в графике, разработка инновационного метода планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе минимизации простоя на границах тяговых плеч и технико-технологических решений по выбору рационального типа локомотивов, планируемых к эксплуатации, считается одной из необходимых задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решению задач, предусмотренных в 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, Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №586 «О мерах по реализации инвестиционного проекта «Обновление парка локомотивов путем приобретения локомотивов» с участием азиатского банка развития» от 15 июля 2019 года, а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данному виду деятельности.

---

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

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики: П. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение», ППИ-3 – «Энергетика, энергия, ресурсосбережение, транспорт, машино- и приборостроение».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>3</sup>.** Теоретические и практические исследования по развитию технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочным процессом проводятся в научных центрах, университетах и научно-исследовательских институтах ведущих стран мира, в том числе: Indian Institute of Technology Kharagpur (Индия), Beijing Jiaotong University (Китай), Washington State University (США), Curtin University of Technology (Австралия), Newcastle Centre for Railway Research University (Великобритания), University of Belgrade (Сербия), Technische Universitat Carolo-Wilhelminazu Braunschweig (Германия), Российском университете транспорта (Россия), Петербургском государственном университете путей сообщения (Россия), Днепрпетровском национальном университете железнодорожного транспорта (Украина), Белорусском государственном транспортном университете, Академии логистики и транспорта (Казахстан), Ташкентском государственном транспортном университете (Узбекистан).

В мире в результате проведённых научных исследований по совершенствованию технологий транспортных процессов при регулировании движения тяговых единиц и выбора их рационального типа достигнут ряд научных результатов, в частности график оборота локомотивов, задействованных в грузоперевозках, оптимизирован по критерию минимизации времени в движении (Индия), усовершенствованы информационно-управляющие системы планирования работы поездных локомотивов различной тяговой силы (Китай), обоснованы технико-технологические параметры эксплуатации локомотивов большой мощности с целью увеличения пропускной способности участка железной дороги (США), разработана технология организации движения грузовых поездов с помощью сдвоенных тяговых единиц на основе графикового времени по критерию «зеленой дороги» (Австралия), созданы автоматизированные системы контроля за движением локомотивов и повышения бдительности машинистов (Россия, Белоруссия).

В мире к ряду основных направлений научно-исследовательских работ, выполняемых по развитию технико-технологических решений в управлении

---

<sup>3</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основании <https://www.sciencedirect.com/>, <https://www.elsevier.com/search-results?labels=journals>, <https://wsu.edu/>, <http://en.njtu.edu.cn/>, <http://www.iitkgp.ac.in/>, <https://rut-mit.ru>, <https://www.bg.ac.rs/en/>, <https://www.tu-braunschweig.de/>, <https://www.ncl.ac.uk/newrail/people/tsg/>, <http://www.pgups.ru/>, [www.diit.edu.ua](http://www.diit.edu.ua), <https://www.bsut.by/>, <https://alt.edu.kz/>, <https://tstu.uz> и других источников.

системы тягового обеспечения, в том числе являющихся приоритетными, можно привести следующие: совершенствование автоматизированных систем мониторинга и оценки движения локомотивов, применение методов искусственного интеллекта в управлении тяговыми единицами, разработка технологии прикрепления тягового подвижного состава с различной силой тяги к поездам соответствующей массы, создание программного обеспечения, позволяющего сократить время нахождения подвижного состава на станциях оборота и перецепки, унификация ходовых частей подвижного состава, развитие системы обеспечения тяговыми единицами при перевозочных процессах частными локомотивами.

**Степень изученности проблемы.** Научно-исследовательские работы по разработке теории организации движения поездных локомотивов на железнодорожных участках осуществлялись рядом известных исследователей, таких как: С.Я. Айзинбуд, В.И. Некрашевич, А.К. Угрюмов, А.М. Макарович, Ю.В. Дьяков, Ф.П. Кочнев, А.А. Абрамов, С.А. Плахотич, В.А. Кудрявцев, Г.М. Грошев, Д.Ю. Левин, А.Е. Александров, П.А. Козлов, И.М. Кокурин, В.И. Бобровский, А.Т. Осминин, И.Н. Шапкин, Д.В. Железнов, М.И. Арпабеков, А.В. Харитонов, О.В. Аникина, П.А. Шелест, Alex Landex, Anders H. Kaas, Sten Hansen, Xu Xiaoming, Keping Li, Xiaoshan Lu, Boysen Nils, Huang Lixiao, Malte Fliedner, Florian Jaehn, Erwin Pesch и многими другими.

В республике исследованием вопросов оценки влияния твёрдого графика движения на тяговое обеспечение поездов, регулирование работы тяговых единиц за счёт создания современных информационных технологий, сокращение простоя поездных локомотивов на основе оперативного планирования, усиление пропускной способности железнодорожного участка за счёт развития железнодорожной инфраструктуры, а также улучшение эксплуатационных показателей железнодорожного транспорта за счёт разработки автоматизированных систем управления занимались ряд учёных. В частности, Р.З. Нурмухамедов, К.Т. Худайберганов, Н.М. Арипов, Н.Н. Ибрагимов, М.Х. Расулов, Д.Х. Баратов, Ш.М. Суюнбаев, Ж.Ф. Курбанов, Д.И. Илесалиев, З.Г. Адилова и другие в разные годы добились положительных результатов в рамках своих исследований в данной области.

Несмотря на значительные успехи, научные проблемы, связанные с развитием технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочного процесса, считающихся многоступенчатой сложной научно-технической задачей, изучены недостаточно. В данной диссертационной работе предложено определение средневзвешенного основного удельного сопротивления движению грузовых поездов с учетом типа и загруженности вагонов, а также обоснование его влияния на пропускную способность участков железных дорог, совершенствование критериев определения оптимальной длины участков обращения локомотивов, разработка инновационного метода планирования

эффективного использования поездных локомотивов и технико-технологических решений по выбору рационального типа тяговых единиц, планируемых для эксплуатации.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета, таких хозяйственных договоров как: №2303-01/03/06/2019 «Исследование перерабатывающей способности терминалов нового логистического центра АО «Узбекский металлургический комбинат» (2019-2020 г.), №832-01/03/06/2020 «Разработка проекта строительства и реконструкции железных дорог АО «Узбекский металлургический комбинат» (2020 г.), №47 «Разработка предложений по развитию погрузочно-разгрузочных, приемо-отправочных путей и эффективному использованию тягового подвижного состава Самаркандского химического комплекса» (2022 г.), №946410 «Обновление и разработка научно обоснованного нормативного документа по нормированию режимов работы проводников вагонов, начальников поездов и поездных электромехаников по всем направлениям АО «Узтемирйуловчи»» (2023 г.).

**Целью исследования** является развитие технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочного процесса.

**Задачи исследования:**

исследование современного состояния системы тягового обеспечения перевозочного процесса железнодорожного транспорта и вопросов повышения их эффективности;

разработка нового подхода к определению средневзвешенных значений основного удельного сопротивления движению составов грузовых поездов с учетом технических параметров и загрузки вагонов;

обоснование влияния учета загрузки вагонов в составе поездов при расчете периода графика на время тяги и пропускной способности участков железной дороги;

разработка инновационного метода планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе критерия минимизации времени их нахождения на границах тяговых плеч;

совершенствование теории определения границы эксплуатации поездных локомотивов в зависимости от количества поездов на железнодорожных участках и условий прикрепления тяговых единиц;

разработка автоматизированной системы распределения поездных локомотивов на работу и определения интервалов времени отправления со станций с учетом периодов запрета движения грузовых поездов;

разработка технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения с учетом требований к перевозкам железнодорожного и

частного подвижного состава.

**Объектом исследования** являются железнодорожные станции, участки и тяговый подвижной состав.

**Предметом исследования** являются методы эффективной организации поездной работы железнодорожного участка и регулирование работы тяговых единиц на основе современных информационных технологий.

**Методы исследования.** В процессе исследований использованы методы системного анализа, Симплекса, комбинаторики, имитационного и математического моделирования, математической статистики, наименьших квадратов, закон Ньютона, теорий расходных ставок и алгоритмов.

**Научная новизна исследования** состоит из следующего:

разработан новый подход к определению средневзвешенных значений основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда с учетом технических параметров и степени загрузки вагонов;

обосновано влияние расчета периода графика движения с учетом доли порожних поездов на наличную пропускную способность однопутных и двухпутных железнодорожных участков;

разработан инновационный метод планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе минимизации простоя подвижного состава, курсирующего в пределах тягового плеча;

усовершенствован метод определения оптимальной длины участка обращения локомотивов с учетом эксплуатационных расходов, зависящих от объемов поездопотоков и условий прикрепления тяговых единиц;

разработана математическая модель определения интервалов времени отправления грузовых поездов на удлиненные участки обращения локомотивов с учетом периодов отмены движения в графике;

разработана математическая модель оптимизации эксплуатационных расходов в условиях привлечения к перевозочному процессу локомотивов частных транспортных компаний на основе решения нелинейной сетевой задачи;

разработаны технико-технологические решения по прикреплению планируемого эксплуатируемого парка поездных локомотивов к составам с учетом времени прибытия и отправления поездов со станции.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны инструментальные средства в виде алгоритмов и программных комплексов для расчета безопасного расстояния между попутно движущимися грузовыми поездами, основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов, приведенных эксплуатационных расходов на поездные локомотивы по участкам их обращения, расходов топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов частными локомотивами, эксплуатируемого парка поездных локомотивов для грузового движения исходя из реального графикового времени прибытия и отправления поездов со станции основного и оборотного депо, а также определения необходимых для

тяговых расчетов параметров вагонов по их нумерации;

разработана технология организации поездной работы и эксплуатации парка поездных локомотивов с учетом сетевого графика проведения осмотра тяговых единиц в объеме ТО-2;

создана автоматизированная система выбора графического времени отправления грузовых поездов со станции на удлинённый участок обращения локомотивов исходя из требований организации движения частных тяговых единиц по железнодорожным участкам в определенные периоды графика;

разработаны рекомендации по рациональной эксплуатации парка локомотивов и выбора их рационального типа, учитывая требования к перевозкам тяговым подвижным составам магистральных железных дорог и частных транспортных компаний.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования заключается в использовании теоретических исследований на основе современных методов и закономерностей, в совпадении результатов расчетных значений затрат времени и электроэнергии на тягу поездов, полученных на основе разработанных математических моделей и программ с опытными данными, во внедрении в практику предложений и рекомендаций, разработанных в рамках исследования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований заключается в развитии теории тягового обеспечения перевозочным процессом, получении научно-теоретических основ, модели и методов определения интервалов времени отправления грузовых поездов на удлинённом тяговом плече локомотивов и оптимальной длины участка обращения, планирования эффективного использования поездных локомотивов и выбора рационального типа локомотивов, планируемых к эксплуатации.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке комплексных практических мероприятий по рациональному использованию парка локомотивов с учетом требований к перевозкам подвижного состава, технологии регулирования эксплуатационного парка поездных локомотивов, создании автоматизированной системы выбора графического времени отправления грузовых поездов на удлинённый участок обращения локомотивов и сайта для расчета средневзвешенного значения основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по развитию технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочным процессом:

новый подход к определению средневзвешенных значений основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда с учетом типа и степени загрузки вагонов, инструментальные средства в виде алгоритмов и программных комплексов для определения необходимых для тяговых расчетов параметров вагонов по их нумерации и расчета основного удельного

сопротивления движению грузовых вагонов на звеньевых и бесстыковых путях железной дороги внедрены в «Управлении организации перевозок» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» от 4 июля 2023 года №01/1969-23). В результате доказана возможность повышения ходовой скорости движения грузовых поездов на железнодорожном участке на 3% и сокращение затрат электроэнергии на тягу на 9%, достигнуто увеличение наличной пропускной способности одно- и двухпутных железнодорожных участков до 7% и 5% соответственно за счет изменения времени движения поездов разного веса в периоде графика, при этом экономический эффект составляет 340 млн. сум в год.

инновационный метод планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе минимизации простоя подвижного состава, курсирующего в пределах тягового плеча, метод определения рациональной длины участка обращения локомотивов с учетом эксплуатационных расходов, зависящих от объемов поездопотоков и условий прикрепления тяговых единиц, инструментальные средства в виде алгоритмов и программных комплексов для расчета безопасного расстояния между попутно движущимися грузовыми поездами, технология организации поездной работы и эксплуатации парка поездных локомотивов с учетом сетевого графика проведения осмотра тяговых единиц в объеме второго технического обслуживания внедрены в «Едином диспетчерском центре» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» от 4 июля 2023 года №01/1969-23). В результате получена возможность эффективно использовать парк поездных локомотивов и оперативно принимать решения по регулированию поездной работы исходя из условий эксплуатации подвижного состава, снизить эксплуатационные затраты на 5% путем объединения участков оборота поездных локомотивов Сарыагач – Мароканд и Мароканд – Бухара в единое тяговое плечо Сарыагач – Бухара, при этом экономический эффект составляет 176 млн. сум в год.

математическая модель определения интервалов времени отправления грузовых поездов на удлинённые участки обращения локомотивов с учетом периодов отмены движения в графике, технико-технологические решения по прикреплению планируемого эксплуатируемого парка поездных локомотивов к составам с учетом времени прибытия и отправления поездов со станции, автоматизированная система выбора графического времени отправления грузовых поездов со станции на удлинённый участок обращения локомотивов, исходя из требований организации движения частных тяговых единиц по железнодорожным участкам в определенные периоды графика внедрены в ОАО «Тoshtemiryoʻlloyiha» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» от 4 июля 2023 года №01/1969-23). В результате получена возможность определения эксплуатационного парка поездных локомотивов в зависимости от ожидаемых объемов грузоперевозок с учетом ограничений, налагаемых на железнодорожную инфраструктуру и сэкономить 11% эксплуатационного

парка за счет выбора рационального типа поездных локомотивов, рассматриваемых для закупки в компании Enter Engineering, при этом экономический эффект составляет 885 млн. сум в год.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждены на 8 научно-практических конференциях, в том числе на 5 научных конференциях в базе Scopus и на 3 международных научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 44 научные работы, в том числе 2 монографии, 23 статьи в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 11 республиканских и 12 зарубежных научных журналах, получено 11 свидетельств на программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем основной части диссертации составляет 187 страницы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

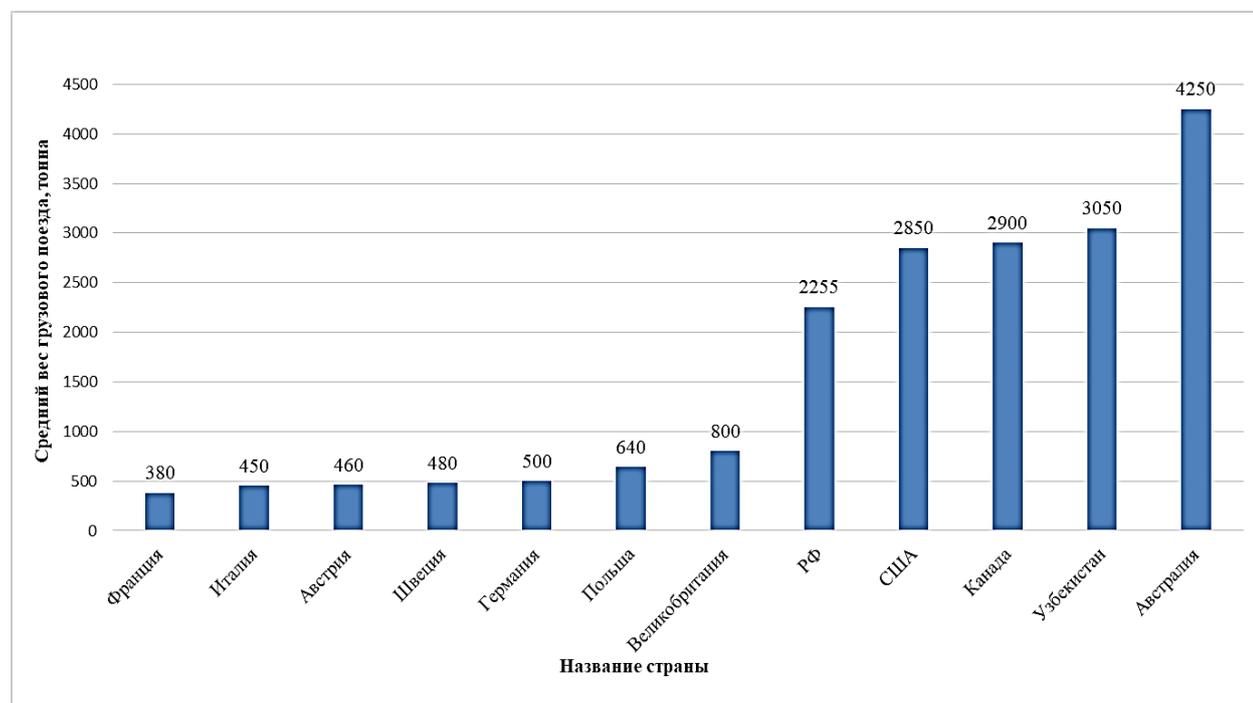
Во введении обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, даны характеристики объекта и предмета исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложены научная новизна и практические 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 **«Исследование современного состояния системы тягового обеспечения перевозочного процесса на железнодорожном транспорте и вопросы повышения их эффективности»** исследованы взаимосвязь между пропускной способностью железнодорожного участка и весовыми нормами грузовых поездов, отечественный и зарубежный опыт по управлению и повышению эффективности системы тягового обеспечения перевозочного процесса.

На основе данных Организации сотрудничества железных дорог проведен сравнительный анализ среднего веса грузовых поездов на железнодорожном транспорте ряда стран (рис. 1).

Несмотря на то, что максимальное количество вагонов в грузовых поездах в АО «УТЙ» утверждается приказом председателя правления и в исключительных случаях допускается отклонение от установленных норм не более чем на 90 тонн или одного физического вагона, средний вес грузового поезда составляет 3050 тонн. В связи с тем, что на железных дорогах большинства развитых стран налажены перевозки частным подвижным составом компаний-операторов, весовые нормы грузового поезда составляют

380-800 тонн. На железных дорогах таких развитых стран, как Австралия, организация графиковых времен движения грузовых поездов с помощью сдвоенных тяговых единиц на основе критерия «зеленой дороги» привели к тому, что средний вес грузовых поездов составил 4250 тонн. Все вышеизложенное показало необходимость обоснования влияния каждого вагона на параметры движения поезда при наличии в составе разных вагонов.



**Рис. 1. Результаты сравнительного анализа среднего веса грузовых поездов на железнодорожном транспорте ряда стран**

Выявлено, что в АО «УТЙ» обеспечение грузовых поездов тяговыми единицами вменены в обязанность локомотивного диспетчера в «Едином диспетчерском центре», и здесь не имеется возможности учитывать условия прикрепления тягового подвижного состава к поездам, а время разгона, движения и замедления в графике движения грузовых поездов устанавливается в «Управлении организации перевозок» одинаковым для составов разной массы, обоснование технико-технологических решений по приобретению собственного подвижного состава для тяги осуществляется в ОАО «Тoshtemiryo‘lloyiha», не применяя автоматизированных систем, позволяющих точно выбрать графиковое время отправления грузовых поездов со станции.

На основе исследования отечественного и зарубежного опыта определены основные факторы, влияющие на тяговое обеспечение перевозочного процесса (рис. 2) и среди них выделены факторы, требующие решения на основе научных подходов (на рис. 2 выделены зеленым цветом).

Вышеизложенное показало необходимость развития технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочного процесса.

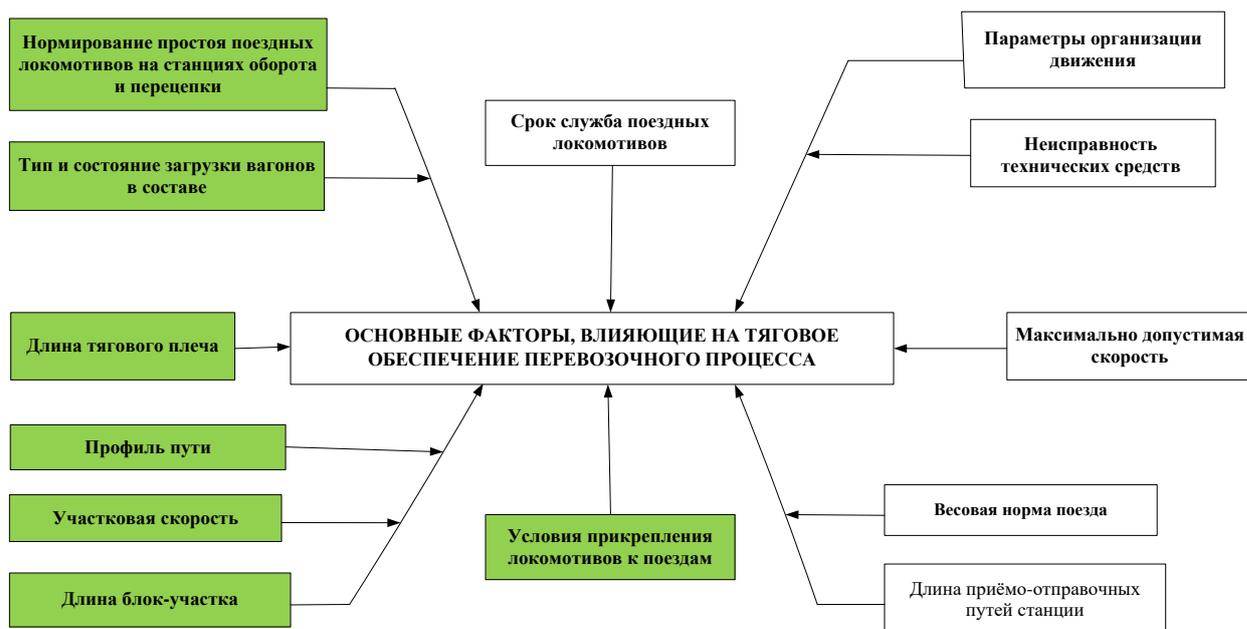


Рис. 2. Основные факторы, влияющие на тяговое обеспечение перевозочного процесса

Во второй главе диссертации «Совершенствование метода расчета основного удельного сопротивления движению с учетом характеристик вагонов состава грузовых поездов» проведен сравнительный анализ выражений для определения основного удельного сопротивления движению вагонов в ряде стран, разработана программа определения необходимых параметров для тяговых расчетов по номеру вагона и веса груза в нем, усовершенствован метод расчета основного удельного сопротивления движению различных групп вагонов по звеньевому и бесстыковому пути.

Согласно «Справочника 8-мизначной системы нумерации грузовых вагонов колеи 1520 мм» грузовые вагоны разделяют на 6 групп: четырехосный полувагон ( $pv$ ), осевая нагрузка ( $q$ ) которых больше шести тонн; четырехосная цистерна ( $pl$ ), крытые ( $kr$ ) и прочие ( $pr$ ) вагоны, осевая нагрузка которых больше шести тонн; четырехосные порожние вагоны, осевая нагрузка которых меньше и равна шести тоннам; четырехосные рефрижераторные вагоны ( $rf$ ), осевая нагрузка которых больше шести тонн. Проанализированы действующие «Правила тяговых расчетов для поездной работы». В результате выявлено, что параметры вагонов, необходимые в тяговых расчетах для определения основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов, разделены на 6 групп. Все расчеты выполняются для 2-х типов пути железных дорог (звеньевых и бесстыковых) и 2-х типов подшипников (роликовых и скольжения) вагонов. Учитывая параметры грузовых перевозок на территории АО «УТЙ», в данной диссертации сфера исследования ограничена для звеньевому пути железных дорог и вагонов с роликовыми подшипниками.

В «Правилах тяговых расчетов для поездной работы» не имеется рекомендаций по определению основного удельного сопротивления

движению состава, имеющих разные группы вагонов. Поэтому в ряде исследований определение среднего основного удельного сопротивления движению при тяговых расчетах поездной работы основывается на количественной доле разных вагонов в составе. Однако в существующих научных исследованиях не объясняется порядок определения среднего основного удельного сопротивления движению состава, имеющего разные вагоны. Одна из основных причин заключается в том, что невозможно учитывать особенности каждого вагона и их степень загрузки при расчете среднего основного удельного сопротивления движению состава. В «Методике тяговых расчетов при маневровой работе» среднее основное удельное сопротивление движению состава рассчитывается по средневзвешенной массе каждой группы вагонов. Поэтому обосновано влияние значений основного удельного сопротивления, рассчитанных по вышеуказанным методам на эксплуатационных показатели грузовых поездов.

Проанализированы доли 6 групп вагонов в составе грузовых поездов по их количеству и массе за январь месяц 2023 года. Анализ показал, что разница между долями разных групп вагонов в составе по количеству и весу наблюдается до 25%. Этим обоснована необходимость определения среднего основного удельного сопротивления движению состава при тяговых расчетах с учетом параметров вагонов каждой группы.

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов каждой группы (соответственно  $\omega_{a.pv.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.sys.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.pl,kr,pr.4}^{''(q>6)}$ ,  $\omega_{a.4}^{''(q\leq 6)}$ ,  $\omega_{a.8}^{''}$ ,  $\omega_{a.rf}^{''(q>6)}$ ) рассчитывается согласно «Правилам тяговых расчетов в поездной работе» в зависимости от скорости движения ( $V$ ). В рамках исследования сформирована база данных расчетных параметров для 6 групп грузовых вагонов. На основе этой базы разработана программа для определения необходимых для тяговых расчетов параметров вагонов по их нумерации. Разработанная программа для ЭВМ на основании 8-значного номера вагона и веса груза ( $q_n^k$ ), получаемого из натурального листа поезда, автоматически определяет следующее:

- общее количество вагонов в составе ( $\sum m$ );
- тип ( $T_t^k$ ), количество осей ( $K_o^k$ ), длина ( $l_d^k$ ) и тара ( $q_t^k$ ) каждого вагона в составе.

На основе этих данных создана возможность автоматически рассчитать параметры вагонов, необходимые для тяговых расчетов. При этом среднее основное удельное сопротивление движению состава по доле разных групп вагонов определяется по формуле:

$$\overline{\omega_{am}''} = \alpha_{1m} \cdot \omega_{a.pv.4}^{''(q>6)} + \alpha_{2m} \cdot \omega_{a.sys.4}^{''(q>6)} + \alpha_{3m} \cdot \omega_{a.pl,kr,pr.4}^{''(q>6)} + \alpha_{4m} \cdot \omega_{a.4}^{''(q\leq 6)} + \alpha_{5m} \cdot \omega_{a.8}^{''} + \alpha_{6m} \cdot \omega_{a.rf}^{''(q>6)}, \text{ Н/кН} \quad (1)$$

где  $\alpha_{1m}$ ,  $\alpha_{2m}$ ,  $\alpha_{3m}$ ,  $\alpha_{4m}$ ,  $\alpha_{5m}$ ,  $\alpha_{6m}$  – доля первой, второй, третьей, четвертой, пятой и шестой группы вагонов в составе по их количеству соответственно.

Среднее основное удельное сопротивление движению состава по средневзвешенной массе групп вагонов определяется по формуле:

$$\overline{\omega''_{aq}} = \frac{\omega''_{a.pv.4} \cdot \Sigma Q_{br.pv.4}^{q>6} + \omega''_{a.sys.8} \cdot \Sigma Q_{br.sys.4}^{q>6}}{\Sigma Q_{br}} + \frac{\omega''_{a.pl,kr,pr.4} \cdot \Sigma Q_{br.pl,kr,pr.4}^{q>6} + \omega''_{a.4} \cdot \Sigma Q_{br.4}^{q \leq 6} + \omega''_{a.8} \cdot \Sigma Q_{br.8} + \omega''_{a.rf} \cdot \Sigma Q_{br.rf}^{q>6}}{\Sigma Q_{br}}, \text{ Н/кН} \quad (2)$$

где  $\Sigma Q_{br.pv.4}^{q>6}$ ,  $\Sigma Q_{br.sys.4}^{q>6}$ ,  $\Sigma Q_{br.pl,kr,pr.4}^{q>6}$ ,  $\Sigma Q_{br.4}^{q \leq 6}$ ,  $\Sigma Q_{br.8}$ ,  $\Sigma Q_{br.rf}^{q>6}$  – общая масса (в тоннах) первой, второй, третьей, четвертой и шестой группы вагонов соответственно.

В результате разработана программа расчета основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов на звеньевых и бесстыковых путях. Данной программой можно пользоваться через сайт <https://trainlocomotive.netlify.app/>. Для наглядного отображения результатов был построен график зависимости основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда от скорости (рис. 3).

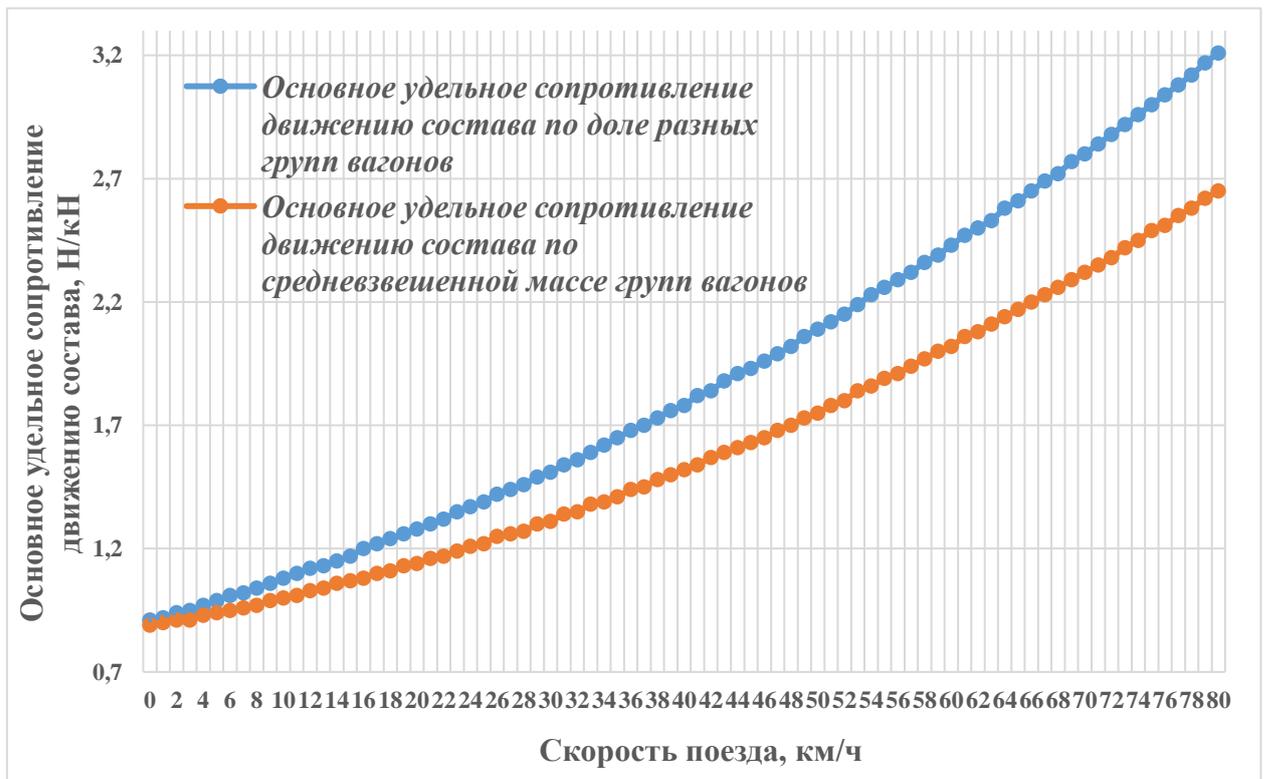


Рис. 3. График зависимости основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда от скорости

С целью оценки влияния основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов на энергетические затраты ведения поездов выполнены тяговые расчеты. Расчётные значения затрат времени и электроэнергии на тягу поездов, полученные на основе разработанных программ совпадали с опытными данными. Таким образом, разработан новый подход к определению средневзвешенных значений основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда с учетом технических параметров и степени загрузки вагонов.

Обоснована возможность повышения ходовой скорости движения грузовых поездов по железнодорожному участку на 3% и сокращение затрат электроэнергии на тягу на 9% за счет определения основного удельного сопротивления движению составов исходя из характеристик различных вагонов, при этом экономический эффект составляет 340 млн. сум в год.

В третьей главе диссертации «**Оценка влияния грузовых поездов разного веса в графике движения на пропускную способность участков железных дорог**» произведена оценка влияния составов различной массы на параметры передвижения поездов, обосновано влияние расчета периода графика исходя из доли порожних грузовых поездов в графике движения на наличную пропускную способность одно- и двухпутных участков железной дороги.

Сегодня в АО «УТЙ» время разгона, хода и замедления грузовых поездов по графику устанавливается одинаково для поездов разных весов на основании опыта и испытаний. Это, в свою очередь, не позволяет точно оценить наличную пропускную способность участка железной дороги. Поэтому на основе тяговых расчетов определены время хода и расход электроэнергии поездов разной массы на основе нового подхода к определению средних значений основного удельного сопротивления движению состава грузового поезда, разработанного в главе 2. В таблице 1 приведены показатели времени хода и потребления электроэнергии грузовыми поездами разного веса, определенные для участка железной дороги Алтыарик-Маргилан.

**Таблица 1**

**Результаты расчета времени хода и потребления электроэнергии грузовых поездов различной массы (тип локомотива – Uz-el, длина перегона – 19 км, максимально допустимая скорость – 70 км/ч)**

№ п/п	Вес поезда (Q), т	Время разгона ( $t_{tez}$ ), мин.	Время в движении ( $t_{thar}$ ), мин.	Время замедление ( $t_{sek}$ ), мин.	Время хода ( $t_{yur}$ ), мин.	Расход электроэнергии (A), кВт-час
1	1480	1,84	15,55	0,98	18,37	102,24
2	2520	1,84	15,55	0,98	18,37	102,24
3	3270	2,11	16,32	0,99	19,42	122,20
4	3670	2,24	16,31	0,99	19,54	135,68
5	4110	2,38	17,15	0,99	20,52	146,10
6	4120	2,39	17,13	0,99	20,51	145,30
7	4170	2,40	17,07	1,00	20,47	147,00
8	4230	2,42	17,13	1,00	20,55	150,00
9	4280	2,43	17,05	1,00	20,48	150,68
10	4380	2,47	17,10	1,00	20,57	154,40
11	4440	2,49	17,14	1,01	20,64	158,40
12	4480	2,50	17,16	1,01	20,67	160,40
13	4580	2,53	17,01	1,01	20,55	160,36
14	4600	2,53	17,02	1,01	20,56	161,00
15	5000	2,65	17,88	1,02	21,55	168,30
16	5100	2,68	17,88	1,02	21,58	171,75

Как видно из таблицы 1, поезда разного веса двигаются на перегоне по разным временам хода. Грузовые поезда с порожними вагонами тратят меньше времени и электроэнергии на разгон по сравнению с груженными поездами. В свою очередь, можно сделать вывод, что чем больше количество остановок на участке железной дороги, тем быстрее и с меньшими затратами двигаются грузовые поезда с порожними вагонами.

Чтобы в упрощенном виде обосновать влияние поездов с порожними вагонами на пропускную способность одно- и двухпутных участков железных дорог, в расчетах вместо поездов с разной массой, принимаем поезда, сформированные из порожних вагонов. При этом, наличная пропускная способность однопутного участка железной дороги рассчитывается следующим образом:

$$N_{max(1)} = \frac{(1440 - t_{mex}) \cdot \alpha_u}{T'_{davr}}, \text{ пар поездов} \quad (3)$$

где  $t_{mex}$  – технологическое время на ремонт и обслуживание инфраструктуры, мин.;  $\alpha_u$  – коэффициент надежности технических средств и устройств;  $T'_{davr}$  – период графика с учетом средней скорости движения груженых и порожних поездов (рассчитывается для перегона, ограничивающего пропускную способность участка), мин.

При движении порожних поездов в одном направлении (например, четный) значение  $T'_{davr}$  определяется следующим образом:

$$T'_{davr} = t^t + \alpha \cdot (t^j - \Delta t) + \beta \cdot t^j + 2 \cdot \tau_{bk}, \text{ мин.} \quad (4)$$

где  $t^t$ ,  $t^j$  – соответственно время хода грузовых поездов в нечетном и четном направлениях (с учетом времени, затрачиваемого на разгон и замедление), мин.;  $\Delta t$  – разница времени хода груженых и порожних поездов, мин.;  $\alpha$ ,  $\beta$  – доли порожних и груженых поездов соответственно;  $\tau_{bk}$  – интервал неодновременного прибытия, мин.

При движении порожних поездов в двух направлениях (нечетный и четный) значение  $T'_{davr}$  определяется следующим образом:

$$T''_{davr} = \alpha \cdot (t^t - \Delta t) + \beta \cdot t^t + \alpha \cdot (t^j - \Delta t) + \beta \cdot t^j + 2 \cdot \tau_{bk}, \text{ мин.} \quad (5)$$

На основании данных табл. 1 произведена оценка влияния грузовых поездов разного веса на наличную пропускную способность однопутного участка железной дороги (табл. 2). Как видно из таблицы 2, точный учет времени движения порожних поездов при определении периода графика доказывает наличие резерва имеющейся пропускной способности однопутных участков железных дорог. На основе выражения (3) рассчитана наличная пропускная способность однопутных участков железных дорог для условий АО «УТЙ» ( $\alpha=0,4$ ;  $\beta=0,6$ ). В результате доказана возможность увеличения наличной пропускной способности однопутных железнодорожных участков

до 7% за счет расчета периода графика исходя из доли порожних грузовых поездов.

Таблица 2

**Влияние грузовых поездов разного веса на наличную пропускную способность однопутного участка железной дороги**

Направление движения порожних поездов	Доля порожних поездов, %	Время хода		$\tau_{\text{ок}}$	$T_{\text{davr}}$	$t_{\text{tex}}$	$\alpha_{\text{mus}}$	$N_{\text{max}}$
		неч.	чет.					
На одном направлении	0	20	20	6	46,0	60	0,93	27
	25	20	18/20	6	45,5	60	0,93	28
	50	20	18/20	6	45,0	60	0,93	28
	75	20	18/20	6	44,5	60	0,93	28
	100	20	18	6	44,0	60	0,93	29
На двух направлениях	0	20	20	6	46,0	60	0,93	27
	25	18/20	18/20	6	45,0	60	0,93	28
	50	18/20	18/20	6	44,0	60	0,93	29
	75	18/20	18/20	6	43,0	60	0,93	29
	100	18	18	6	42,0	60	0,93	30

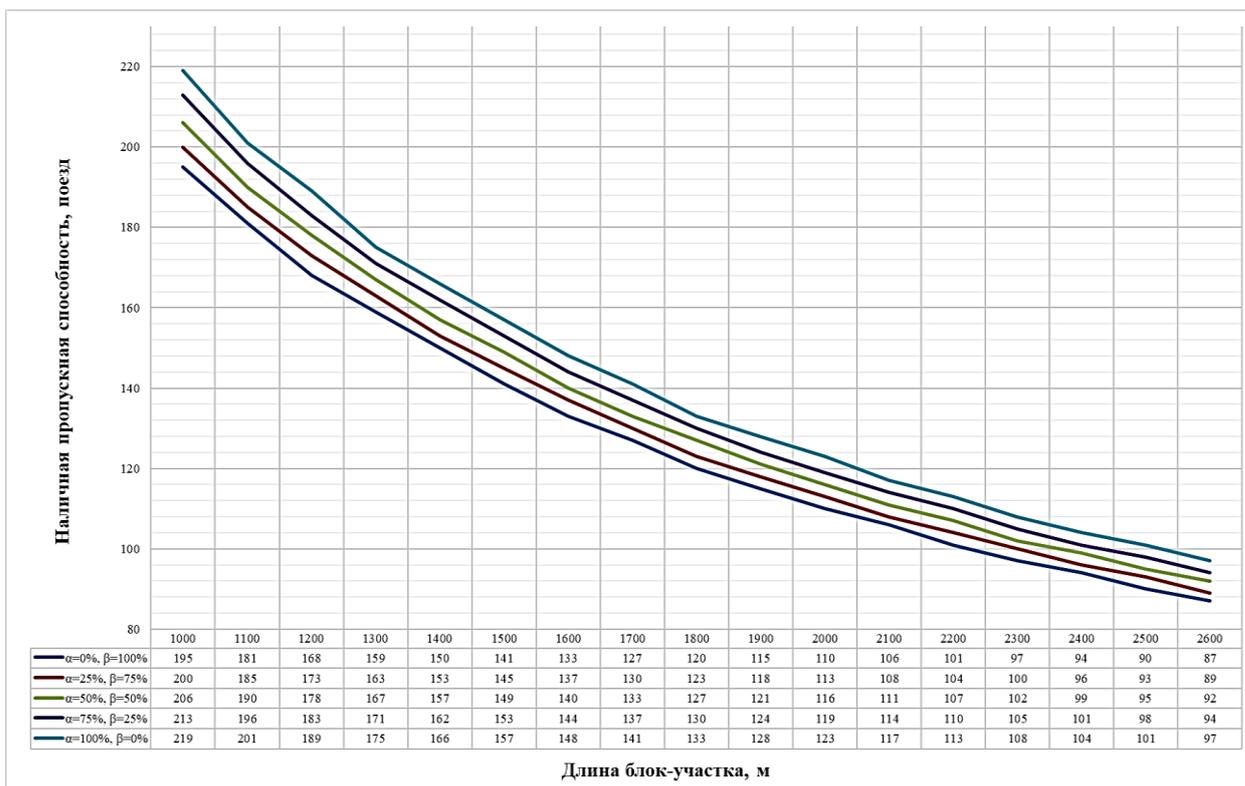
При последовательном отправлении грузовых поездов разной массы по двухпутным участкам железной дороги необходимо рассчитывать безопасное расстояние между попутно движущимися грузовыми поездами. Величина этого расстояния зависит от массы поезда, скорости движения, характеристик пути и количества вагонов в составе. В рамках исследования разработана программа расчета безопасного расстояния между попутно движущимися грузовыми поездами.

При движении грузовых поездов разной массы наличная пропускная способность двухпутного участка железной дороги, оборудованного трехзначной автоблокировкой, рассчитывается следующим образом:

$$N_{\text{max}(2)} = \frac{(1440 - t_{\text{mex}}) \cdot (\alpha \cdot g_{\text{yur}}^{\alpha} + \beta \cdot g_{\text{yur}}^{\beta}) \cdot \alpha_u}{0,06 \cdot (3l_{bl} + l_p)}, \text{ поезд} \quad (6)$$

где  $g_{\text{yur}}^{\alpha}, g_{\text{yur}}^{\beta}$  – скорость движения порожних и груженых поездов на участке железной дороги, км/ч;  $l_{bl}$  – длина блок-участка, м;  $l_p$  – длина грузового поезда, м.

По выражению (4) произведена оценка влияния грузовых поездов разной массы на наличную пропускную способность двухпутного участка железной дороги. Рассчитана наличная пропускная способность двухпутных участков железных дорог для условий АО «УТЙ» ( $\alpha=0,4$ ;  $\beta=0,6$ ;  $l_{bl}=1500$  м) (рис. 4). В результате доказана возможность увеличения наличной пропускной способности двухпутных железнодорожных участков до 5% за счет расчета периода графика исходя из доли порожних грузовых поездов.

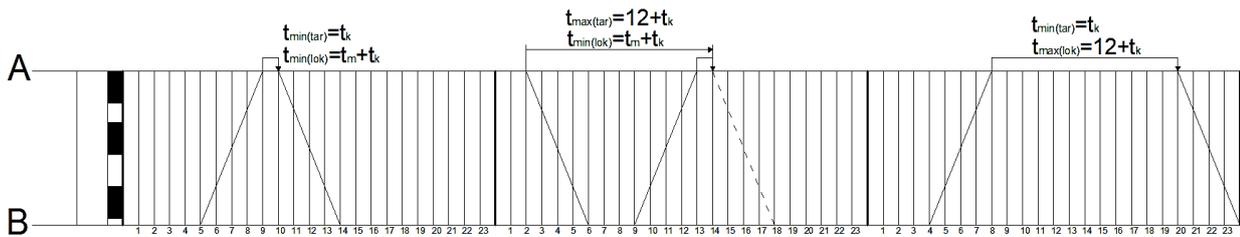


**Рис. 4. Влияние грузовых поездов разного веса на наличную пропускную способность двухпутного участка железной дороги**

Таким образом, обосновано влияние расчета периода графика движения с учетом доли порожних поездов на имеющуюся пропускную способность однопутных и двухпутных железнодорожных участков.

В четвертой главе диссертации «**Разработка инновационного метода планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе минимизации простоя в пределах тягового плеча**» критически проанализированы существующие методы определения времени нахождения локомотива на станции при прикреплении тяговых единиц к поездам, разработан инновационный метод планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе автоматизации учета технического обслуживания по возможным вариантам и условиям привязки локомотивов к поездам.

В целом максимальные и минимальные величины простоя поездных локомотивов и составов в пунктах оборота (соответственно  $t_{max(lok)}$ ,  $t_{max(tar)}$ ,  $t_{min(lok)}$ ,  $t_{min(tar)}$ ) можно определить по рис. 5. Поскольку в практике используется гибкий график, любой поезд, готовый к отправлению, в среднем ожидает освобождения перегона ( $t_k$ ). Величина  $t_k$  определяется в зависимости от технической оснащённости железнодорожного участка и параметров поездопотоков. Как видно из рисунка 5, минимальная величина простоя поездных локомотивов на станциях оборота соответствует условию прикрепления локомотивов к поездам «Состав ожидает локомотив», а минимальное величина простоя составов – условию «Локомотив ожидает состав».



**Рис. 5. Схематическое отображение максимальных и минимальных величин простоя поездных локомотивов и составов в пунктах оборота**

В графике движения поездов время прибытия и отправления грузовых поездов на станции взаимосвязаны, а максимальные величины простоя локомотивов на участках обращения при размерах движения поездов  $N_l$  можно определить следующим образом:

$$t_{\max}(\text{lok}) = \frac{12}{\sum N_l} + t_k, \text{ час.} \quad (7)$$

Известно, что в условиях оснащения участков железных дорог современными информационно-управляющими системами, имеется возможность планирования поездной работы на следующие сутки. В результате появляется возможность определять время отправления-прибытия грузовых поездов со станций на каждом пункте оборота и перецепки на планируемые сутки поездной работы.

Разработан инновационный метод планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе размеров готовых к эксплуатации тяговых единиц для определения простоя поездных локомотивов и составов в пунктах оборота. При этом время прибытия на первую станцию обозначено  $t_i^l$ , а время отправления  $T_j^l$ , где  $i = \overline{1, N_l}$ ;  $j = \overline{1, N_l}$ . Исходя из расписания отправления и прибытия грузовых поездов со станции, ось времени станции разбита на  $k$  отрезков. Здесь после прибытия каждого поезда число составов увеличивается, а после каждого отправления – уменьшается на единицу с  $\min k_v = 0$  до  $1 \leq v \leq 2N_l + 1$ . В противном случае как минимум один поезд будет простаивать в течение суток на станции оборота. Это, в свою очередь, дает возможность определить все  $k_v$ .

Для случая, когда количество составов равно количеству локомотивов, отрезок времени  $k_v$  размещается по определенным интервалам на составах на станции оборота. Время прибытия  $t_i^l$  может быть увязано с временем отправления  $t_j^l$  без увеличения числа составов только в том случае, если индексы  $k_v > 0$  для всех отрезков, принадлежащих  $[t_i^l; T_j^l]$ . В противном случае увязка соответствующих времен приведет к увеличению общего числа составов. Например, время  $t_1^l$  может быть увязано либо с  $T_1^l$ , либо с  $T_2^l$ . Увязать  $t_1^l$  с  $T_3^l$  нельзя, так как такая увязка приведет к увеличению требуемого числа локомотивов.

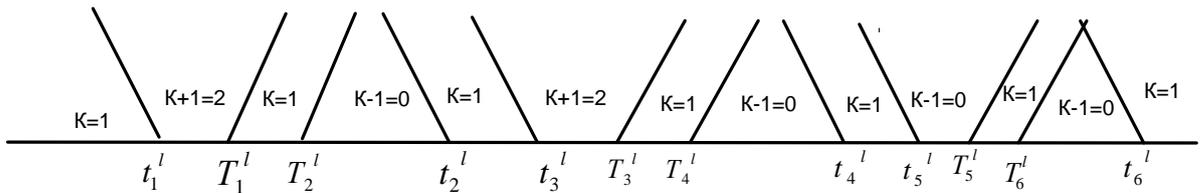
Введем матрицу возможных увязок ниток  $\{x_{ij}^i\}$ :

$$\{x_{ij}^l\} = \begin{cases} 1, & \text{если время прибытия } t_i^l \text{ увязывается с временем отправления } [T_j^l]; \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (8)$$

Так как каждое время прибытия  $t_i^l$  может быть увязано не более чем с одним временем отправления  $T_j^l$  и, наоборот, каждое  $T_j^l$  может быть увязано не более чем с одним  $t_i^l$ , имеют место неравенство:

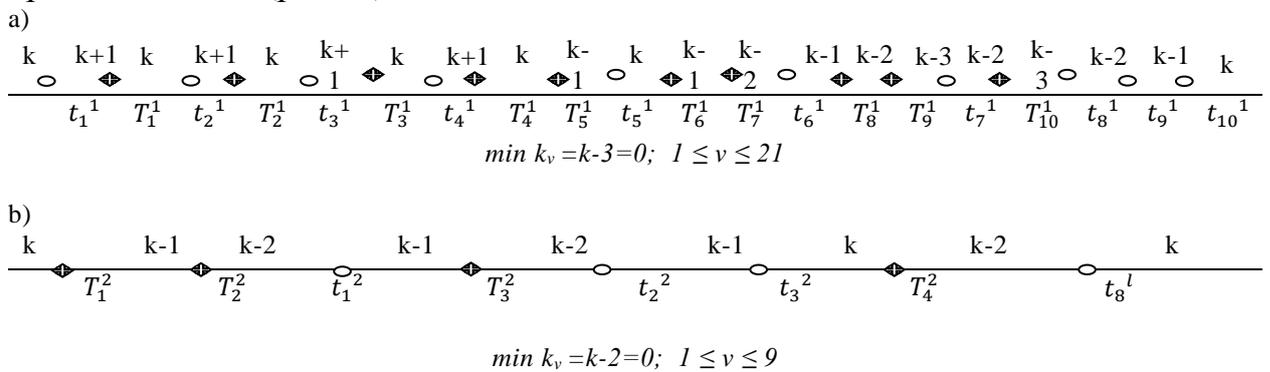
$$\sum_i x_{ij}^l \leq 1, \forall_j; \sum_j x_{ij}^l \leq 1, \forall_i. \quad (9)$$

Т.е. в каждой строке матрицы увязок содержится не более одной единицы (рис. 6).



**Рис. 6. Иллюстрация возможных подвязок поездных локомотивов на станции оборота**

Для участка железной дороги, ограниченной двумя станциями оборота, составим график оборота поездов локомотивов по времени заданного графика движения, здесь  $l = 1, 2$ . Определяем индексы  $k_v$  по отрезкам временной оси (рис. 7).



**Рис. 7. Порядок определения индексов  $k_v$  по отрезкам временных осей**

Построены матрицы возможных увязок для первой и второй станций оборота. Для каждой матрицы локомотивы прикрепляются к поездам, начиная с условия «Состав ожидает локомотив» и эта увязка продолжается до момента выполнения условия «Локомотив ожидает состав». Таким образом, для  $r$  вариантов прикрепления локомотивов к поездам от условия «Состав ожидает локомотив» до «Локомотив ожидает состав» среднее время простоя поездных локомотивов и составов на границах тягового плеча ( $l; l+1$ ) можно определить следующим образом:

$$t_{lok}^{-l;l+1}(r) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{l;l+1}} t_{lok}}{N_{l;l+1}}, \text{ ч.} \quad (10)$$

$$t_{tar}^{-l;l+1}(r) = \frac{\sum_{j=1}^{N_{l;l+1}} t_{tar}}{N_{l;l+1}}, \text{ ч.} \quad (11)$$

В свою очередь, для  $r$  вариантов эксплуатационный парк поездных локомотивов на  $e$ -м тяговым плече (без ТО-2), определяется следующим образом:

$$M_{fp(e)}^r = \frac{N_l}{24} \left( \frac{2 \cdot L_{uch}}{V_{uch}} + t_{lok}^{-l(r)} + t_{lok}^{-l+I(r)} \right), \text{ лок.} \quad (12)$$

В рамках исследования разработана программа для расчета эксплуатационного парка локомотивов грузового движения на основе графического времени следования поездов. Данная программа автоматически рассчитывает парк грузовых локомотивов по  $r$  вариантам в зависимости от количества грузовых поездов, времени их прибытия и отправления на станции, участковой скорости и дальности перевозки. Результаты, полученные по программам, представлены в табл. 3.

Табл. 3

**Результаты определения эксплуатационного парка поездных локомотивов по  $r$  вариантам простоя локомотивов и составов поездов на станции оборота (при  $V_{uch}=30$  км/ч;  $L_{uch}=300$  км при наличии  $N_l=18$  поездов)**

$r$	$t_{lok}^{-l(r)}$	$t_{tar}^{-l(r)}$	$t_{lok}^{-l+I(r)}$	$t_{tar}^{-l+I(r)}$	$M_{fp(e)}^r$
1*	0,57	1,68	0,92	1,62	17,48
2	0,97	0,75	1,15	0,92	16,25
3	1,63	0,08	2,02	0,22	15,23
4**	2,88	0	2,73	0	15,00

\* Условия «Состав ожидает локомотив»; \*\* Условия «Локомотив ожидает состав».

Как видно из табл. 3, эксплуатационный парк локомотивов различается до 16% по вариантам от первого до второго условий прикрепления поездных локомотивов к поездам. Поэтому применение условий прикрепления поездных локомотивов к составам в зависимости от числа поездных локомотивов, готовых к работе на следующие сутки, способствует эффективной эксплуатации подвижного состава в условиях дефицита тяговых единиц.

При прикреплении локомотивов к поездам необходимо учитывать требования к их очередному техническому осмотру. В настоящее время очередной технический осмотр поездных локомотивов в объеме ТО-2 фиксируется дежурным по депо путем заполнения специальных журналов. Поэтому была разработана программа на основе информации о времени прибытия поездных локомотивов на очередной технический осмотр.

Таким образом, разработан инновационный метод планирования эффективного использования поездных локомотивов на основе минимизации простоя подвижного состава, курсирующего в пределах тягового плеча. В результате получена возможность эффективного использования парка поездных локомотивов и оперативного принятия решения по регулированию поездной работы исходя из условий эксплуатации подвижного состава.

В пятой главе диссертации «Совершенствование метода определения оптимальной длины участка обращения локомотивов с учетом эксплуатационных расходов» исследованы существующие методы

определения максимальной длины тяговых плеч на основе параметров обеспечения составов поездов локомотивами и локомотивными бригадами, создана автоматизированная система выбора ниток графика для отправления грузовых поездов с удлиненными тяговыми плечами локомотивов, на основе совершенствования метода определения оптимальной длины участка обращения локомотивов разработаны рекомендации по перераспределению тяговых плеч АО «УТЙ».

Для выбора ниток графика при отправлении грузовых поездов с удлиненными тяговыми плечами локомотивов необходим сменно-суточный анализ прибытия вагонов по часовым интервалам планируемых суток. В рамках исследования создана автоматизированная система выбора ниток графика для отправления грузовых поездов с удлиненными тяговыми плечами локомотивов. В автоматизированной системе рекомендуемые нитки выбираются по критерию минимума вагонов-часов простоя на основе прибывающих в часовом интервале вагонов и технологическому графику обработки составов по паркам станции.

Действующая методика определения длины тяговых плеч исходя из выбранного размера поездопотока за годовой период не учитывает изменение вагонопотока в течение года. В рамках исследования на основе метода, приведенного в главе 4, исследовано влияние объединения тяговых плеч длиной от 100 до 600 км при разных размерах поездопотока на эксплуатационный парк локомотивов. На рис. 8 показано изменение эксплуатационного парка поездных локомотивов с введением отдельных и объединенных тяговых плеч на двух 500-километровых участках железных дорог. Из рис. 8 видна целесообразность разработки метода определения оптимальной длины участка обращения локомотивов в зависимости от размеров поездопотока и условий прикрепления тяговых единиц с учетом эксплуатационных затрат.

В рамках исследования рекомендовано определять оптимальную длину участка обращения поездных локомотивов с помощью следующей целевой функции, включающей общие эксплуатационные затраты:

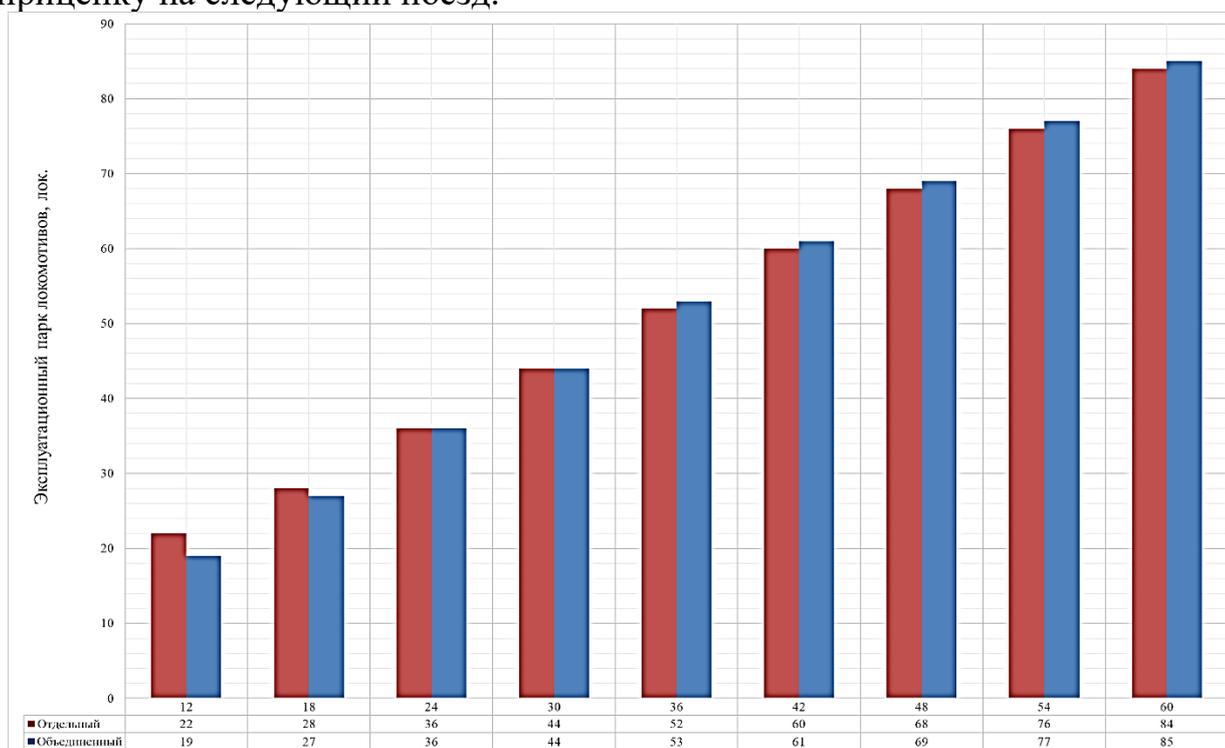
$$E_{pr} = \frac{N_e}{24} \cdot \frac{(1 + \alpha_{o,r})}{(1 - \beta_n)} \cdot \left( \frac{2 \cdot L_e}{V_{uch}} + t_{as} + t_{ay} \right) \cdot \left( 365 \cdot e_{Mt} + \frac{C_{br} \cdot K_{br}}{1 - \delta} + E_p \cdot C_e \right) + N_e \cdot e_r \cdot (365 \cdot l_{sl} + 0,96 \cdot \alpha_{sl} \cdot L_e^2) \rightarrow \min. \quad (13)$$

Здесь имеются следующие ограничения:

$$L_d^{min} \leq L_e \leq \begin{cases} L_{yon}^{max} \\ L_{ТХК-2}^{max} \end{cases}; t_m^{min} + t_k \leq t_{as} \leq 12 + t_k; t_m^{min} + t_k \leq t_{ay} \leq 12 + t_k.$$

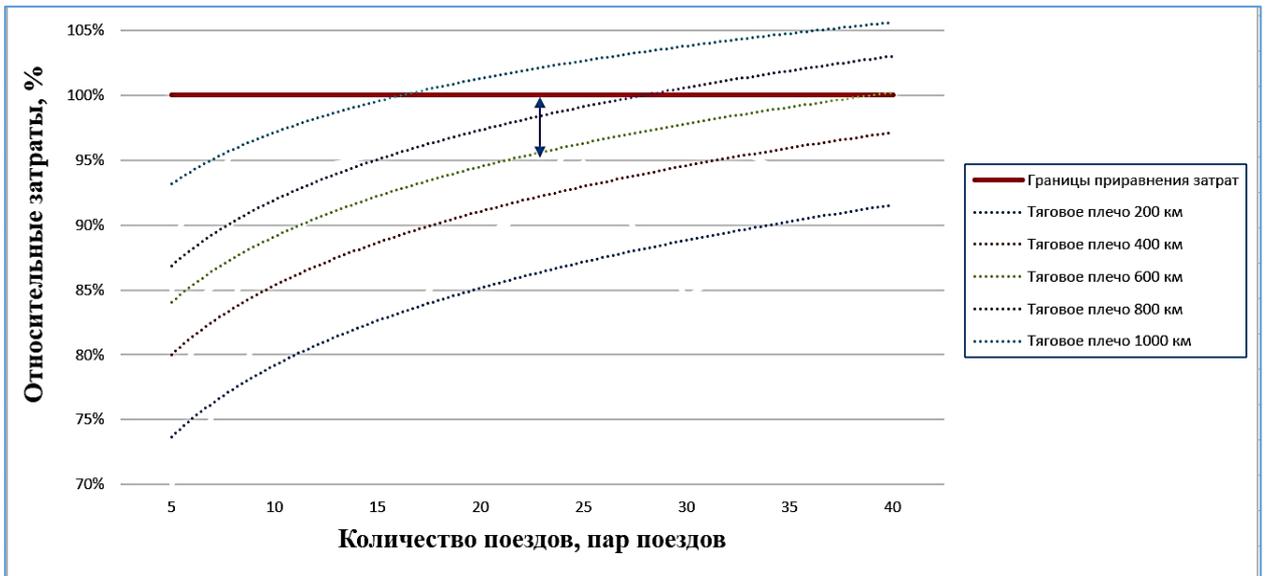
где  $\alpha_{o,r}$  – доля локомотивного парка, связанная со сложностью оперативного управления (регулирования) локомотивами на удлиненных участках их обращения;  $\beta_n$  – доля неисправных локомотивов;  $t_{as}, t_{ay}$  – время нахождения поездных локомотивов в основном и обратном депо, час;  $N_e$  – количество грузовых поездов на участке обращения локомотивов, поезд;  $e_{Mt}, e_r$  –

расходная ставка одного локомотиво-часа и локомотиво-километра соответственно, сум/лок-час (лок-км);  $C_{br}$  – годовая стоимость содержания одной локомотивной бригады, сум;  $K_{br}$  – число явочного штата бригад, приходящихся на один локомотив эксплуатируемого парка;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий замещение больных и находящихся в отпуске;  $l_{sl}$  – среднее расстояние следования локомотива от места его отцепки от прибывшего поезда до места прицепки его к отправляемому поезду, км;  $\alpha_{sl}$  – число случаев неисправностей локомотивов в пути следования за год, отнесенные на один поезд-километр в среднем за сутки;  $E_p$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;  $C_e$  – закупочная стоимость локомотива, сум;  $L_d^{min}$  – исходная длина тяговых плеч, км;  $L_{yon}^{max}$  – максимальная длина тягового плеча, ограниченная запасом топлива поездного локомотива, км;  $L_{ТХК-2}^{max}$  – максимальная длина тягового плеча, ограниченная пробегом второго технического осмотра поездного локомотива, км;  $t_m^{min}$  – нормативное время, затрачиваемое поездным локомотивом на отцепку от одного поезда и прицепку на следующий поезд.



**Рис. 8. Изменение эксплуатационного парка поездных локомотивов с введением отдельных и объединенных тяговых плеч**

В рамках исследования разработана программа для расчета приведенных эксплуатационных затрат на поездные локомотивы в пределах тяговых плеч. С помощью разработанной программы можно определить оптимальную длину участка обращения локомотивов в зависимости от размеров поездопотока и условий прикрепления тяговых единиц с учетом эксплуатационных затрат. На рис. 9 представлены результаты определения оптимальной длины участка обращения поездных локомотивов для транзитного коэффициента 0,3.



**Рис. 9. Результаты определения оптимальной длины участка обращения поездных локомотивов для транзитного коэффициента 0,3**

Таким образом, усовершенствован метод определения оптимальной длины участка обращения локомотивов с учетом эксплуатационных расходов, зависящих от объемов поездопотоков и условий прикрепления тяговых единиц. В результате применения на практике данного метода обоснована возможность снижения эксплуатационных затрат на 5% путем объединения (средний размер движения 24 пар поездов) участков оборота поездных локомотивов Сарыагач – Мароканд (308 км) и Мароканд – Бухара (231 км) в единое тяговое плечо Сарыагач – Бухара (539 км) и при этом экономический эффект составляет 176 млн. сум в год.

В шестой главе диссертации **«Разработка технико-технологических решений по выбору рационального типа локомотивов, планируемых к эксплуатации частными железнодорожными компаниями»** разработана методика расчета расхода электроэнергии на тягу поездов при перевозке грузов транспортной компанией, математическая модель оптимизации эксплуатационных затрат в условиях привлечения в перевозочных процессах локомотивов частных транспортных компаний и оценена эффективность использования частных локомотивов.

Общие эксплуатационные затраты на выполнение плана перевозки частными локомотивами выражены следующим образом:

$$E = E_{up} + E_{bog}, \text{ тыс. сум} \quad (14)$$

где  $E_{up}$  – условно-постоянные расходы, тыс. сум;  $E_{bog}$  – зависящие от объема перевозок расходы, тыс. сум.

В рамках исследования была разработана программа расчета расхода электроэнергии частными локомотивами на тягу поездов. Разработана математическая модель оптимизации эксплуатационных расходов в условиях привлечения к перевозочному процессу локомотивов частных транспортных компаний на основе решения нелинейной сетевой задачи. В результате

доказана возможность аппроксимации зависимости необходимого для перевозок объема электрической энергии (топлива) от объема грузов выпуклой вверх кусочно-ломаной функцией и создана возможность определения необходимого ее значения от запланированного объема перевозок.

По результатам исследования разработаны рекомендации по выбору рационального типа тяговых единиц на основе определения общих затрат при выполнении плана перевозок поездными локомотивами, рассматриваемых для закупки компанией Enter Engineering. В частности, выявлено, что разница в потреблении электроэнергии при эксплуатации электровозов HXD3 и O'zbekiston составляет 1968375,16 кВт-ч в год. В настоящее время стоимость одного кВт-ч электроэнергии для промышленных предприятий составляет 450 сумов, следовательно, годовая экономическая эффективность в результате эксплуатации локомотивов типа O'zbekiston составляет 885 млн. сумов.

Таким образом, разработаны технико-технологические решения по выбору рационального типа локомотивов, планируемых к эксплуатации частными железнодорожными компаниями с учетом времени прибытия и отправления поездов со станции.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам проведенных научных исследований в рамках выполнения докторской диссертации (DSc) на тему «Развитие технико-технологических решений в управлении системы тягового обеспечения перевозочного процесса» представлены следующие выводы:

1. Разработан новый подход к определению средневзвешенных значений основного удельного сопротивления движению состава на основе необходимых для тяговых расчетов параметров вагонов по их нумерации и состояния загрузки поездов. В результате доказана возможность повышения ходовой скорости движения грузовых поездов на железнодорожном участке на 3% и сокращение затрат электроэнергии на тягу на 9%.

2. Обосновано влияние расчета периода графика движения с учетом доли порожних поездов на наличную пропускную способность однопутных и двухпутных железнодорожных участков. В результате достигнуто увеличение имеющейся пропускной способности одно- и двухпутных железнодорожных участков до 7% и 5% соответственно за счет изменения времени движения поездов разного веса в периоде графика.

3. Разработан инновационный метод планирования эффективного использования тяговых единиц на основе минимизации простоя при подвязке локомотивов к поездам с учетом сетевого графика проведения осмотра в объеме второго технического обслуживания. В результате получена возможность эффективного использования парка поездных локомотивов и оперативного принятия решений по регулированию поездной работы исходя из условий эксплуатации подвижного состава.

4. Усовершенствован метод определения оптимальной длины участка обращения локомотивов с учетом эксплуатационных расходов, зависящих от объемов поездопотоков и условий прикрепления тяговых единиц. Применение результатов исследования на практике позволило снизить эксплуатационные затраты на 5% путем объединения участков оборота поездных локомотивов Сарыагач – Мароканд и Мароканд – Бухара в единое тяговое плечо Сарыагач – Бухара.

5. Разработана математическая модель определения интервалов времени отправления грузовых поездов на удлиненные участки обращения локомотивов с учетом периодов отмены движения в графике. В результате создана автоматизированная система выбора графикового времени отправления грузовых поездов со станции на удлиненный участок обращения локомотивов исходя из требований организации движения тяговых единиц по железнодорожным участкам в определенные периоды графика.

6. Разработаны технико-технологические решения по прикреплению планируемого эксплуатируемого парка поездных локомотивов к составам с учетом времени прибытия и отправления поездов со станции. В результате получена возможность определения эксплуатационного парка поездных локомотивов в зависимости от ожидаемых объемов грузоперевозок с учетом ограничений, налагаемых на железнодорожную инфраструктуру.

7. Разработана математическая модель оптимизации эксплуатационных расходов в условиях привлечения к перевозочному процессу локомотивов частных транспортных компаний на основе решения нелинейной сетевой задачи. В результате доказана возможность аппроксимации зависимости необходимого для перевозок объема электрической энергии (топлива) от объема грузов выпуклой вверх кусочно-ломаной функцией и создана возможность определения необходимого ее значения от запланированного объема перевозок.

8. Разработаны рекомендации по рациональной эксплуатации парка локомотивов и выбора их рационального типа, учитывая требования к перевозкам тяговым подвижным составом магистральных железных дорог и частных транспортных компаний. В результате получена возможность сэкономить 11% эксплуатационного парка за счет выбора рационального типа поездных локомотивов, рассматриваемых для закупки компанией Enter Engineering.

9. Результаты исследования были внедрены в «Управлении организации перевозок», «Едином диспетчерском центре» и ОАО «Toshtemiryo‘lloyiha» при АО «Узбекистон темир йуллари». В результате удалось спланировать работу эксплуатационного парка локомотивов в зависимости от поездопотоков и дальности перевозки, сократить время нахождения подвижного состава на границах участков обращения и выбрать рациональный тип тяговых единиц. Суммарная экономическая эффективность составляет 1,4 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**

**MASHARIPOV MASUD NUMONJONOVICH**

**THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL  
SOLUTIONS IN THE MANAGEMENT OF THE TRACTION SYSTEM  
FOR THE TRANSPORTATION PROCESS**

**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 Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №B2022.4.DSc/T575**

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

**Scientific supervisor:**

**Suyunbayev Shinpolat Mansuraliyevich**  
doctor of technical sciences (DSc), professor

**Official opponents:**

**Ibragimov Nazrilla Nabiyeovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Djumabayev Alijon Bakishevich**  
doctor of technical sciences, professor

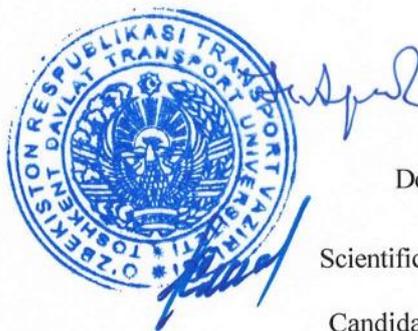
**Leading organization:**

**Jizzakh Polytechnic Institute**

Defense of the dissertation will take place on 25.09.2023 year 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 – 122). (Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66.

Abstract of dissertation was distributed on 12.09.2023 year (mailing record №22 on 12.09.2023 year).



**N.M. Aripov**  
Chairman of Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

**J.R. Qobulov**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Candidate of technical sciences, professor

**J.F. Kurbanov**  
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 research** is to develop technical and technological solutions for managing the traction system of the transportation process.

**The research objects** are railway stations, sections, and rolling stock.

**The research subject** includes methods for effectively organizing train operations on railway sections and regulating the operation of traction units based on modern information technologies.

**The research objectives** are as follows:

investigating the current state of the traction system in the transportation process of railway transport and addressing ways to improve its efficiency;

developing a new approach to determining the weighted average specific resistance to the movement of freight train compositions, taking into account technical parameters and wagon loading;

justifying the impact of considering wagon loading in train compositions when calculating the schedule period for traction time and the capacity of railway sections;

developing an innovative method for planning the efficient utilization of train locomotives based on the criterion of minimizing the time they spend at the boundaries of traction sections;

enhancing the theory of determining the operational limit of train locomotives based on the number of trains on railway sections and the conditions of attaching traction units;

developing an automated system for distributing train locomotives for operation and determining departure time intervals from stations, considering periods of freight train movement restrictions;

developing technical and technological solutions for managing the traction system, considering the requirements for railway and private rolling stock transportation.

**The scientific novelty of the research** lies in the following:

a new approach has been developed for determining the weighted average values of the main specific resistance to the movement of freight train compositions, taking into account technical parameters and the degree of wagon loading;

the influence of calculating the schedule period of train movement, considering the proportion of empty trains, on the actual capacity of single-track and double-track railway sections has been justified;

an innovative method has been developed for planning the efficient utilization of train locomotives based on minimizing the idle time of rolling stock circulating within the traction section;

the method for determining the optimal length of the locomotive turnaround section has been improved, considering operational costs dependent on train traffic volumes and conditions of traction unit attachment;

a mathematical model has been developed to determine the departure time intervals for freight trains on extended locomotive turnaround sections, considering

periods of schedule cancellations;

a mathematical model for optimizing operational costs has been developed, taking into account the involvement of locomotives from private transportation companies in the transportation process, based on solving a nonlinear network problem;

technical and technological solutions have been developed for the attachment of the planned operational fleet of train locomotives to the compositions, considering the arrival and departure times of trains from the station;

**Implementation of Research Results.** Based on the obtained results regarding the development of technical and technological solutions for managing the traction system in the transportation process:

a new approach has been implemented for determining the weighted average values of the main specific resistance to the movement of freight train compositions, considering the type and degree of wagon loading. This implementation includes algorithms and instrumental means in the form of software complexes for determining the necessary parameters of wagons for traction calculations based on their numbering. Additionally, the calculation of the main specific resistance to the movement of freight wagons on jointed and non-jointed railway tracks has been incorporated. These implementations have been applied in the “Transportation Organization Management” department (according to the reference from JSC “Uzbekiston temir yo'llari” dated July 4, 2023, №01/1969-23). As a result, the possibility of increasing the running speed of freight trains on the railway section by 3% and reducing traction energy costs by 9% has been demonstrated. Furthermore, there has been an increase in the actual capacity of single-track and double-track railway sections by 7% and 5% respectively. This increase is achieved by altering the train movement times of different weights within the schedule period. The economic effect of these improvements amounts to 340 million Uzbekistan som per year;

an innovative method for efficiently planning the utilization of locomotives based on minimizing idle time of rolling stock within a traction segment has been implemented. This method includes determining the optimal length of locomotive rotation sections, taking into account operational costs influenced by train traffic volumes and the attachment conditions of traction units. Algorithms and instrumental means in the form of software complexes have been utilized to calculate safe distances between parallel-moving freight trains. Additionally, a technology for organizing train operations and managing the locomotive fleet has been introduced, considering the network schedule for conducting the second technical maintenance inspection. These implementations have been integrated into the “Unified Dispatch Center” (according to the reference from JSC “Uzbekiston temir yo'llari” dated July 4, 2023, №01/1969-23). As a result, the ability to efficiently utilize the locomotive fleet and make timely decisions regarding train operation regulation based on rolling stock operating conditions has been achieved. Operational costs have been reduced by 5% through the merging of locomotive rotation sections Sariagach – Marokand

and Marokand – Bukhara into a single traction segment, Sariagach – Bukhara. This yields an economic effect of 176 million Uzbekistan som per year;

a mathematical model for determining the departure time intervals of freight trains on extended locomotive rotation sections, considering periods of service cancellations in the schedule, has been developed. Technical and technological solutions for attaching the planned operational locomotive fleet to train compositions, considering arrival and departure times of trains from the station, have been implemented. An automated system for selecting scheduled departure times for freight trains from the station to extended locomotive rotation sections based on the requirements of private traction units during specific periods of the schedule has been introduced in JSC “Toshtemiryo‘lloyiha” (according to the reference from JSC “Uzbekiston temir yo‘llari” dated July 4, 2023, No.01/1969-23). As a result, the capability to determine the operational locomotive fleet based on expected cargo volumes, considering constraints imposed on the railway infrastructure, has been attained. An 11% reduction in operational fleet can be achieved by selecting the optimal type of locomotives for procurement in the company Enter Engineering. This yields an economic effect of 885 million Uzbekistan som per year.

**The structure and volume of the dissertation are as follows:** The dissertation consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The main part of the dissertation comprises 187 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

#### LIST OF PUBLISHED WORKS

##### I бўлим (I часть; I part)

1. Рожков А.В., Суюнбаев Ш.М., Балабаев О.Т., Адилова Н.Д., Машарипов М.Н. Оптимизация внутризаводских железнодорожных перевозок: монография. – Т.: “Complex print”, 2020. – 176 с.

2. Машарипов М.Н., Гуламов А.А., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М. Транспорт жараёнларини моделлаштириш асосида поезд локомотивларидан фойдаланиш технологиясини такомиллаштириш: монография. – Т.: “Transport”, 2023. – 190 б.

3. Суюнбаев Ш.М., Куанышбаев Ж.М., Машарипов М.Н. Исследование локомотивных составляющих в интермодальных и юнимодальных перевозках / Наука и мир. – Волгоград: ООО «Издательство Научное обозрение», 2019. – №6. – С. 49-52 (Global Impact Factor = 0,325).

4. Rasulov M.X., Suyunbayev Sh.M., Masharipov M.N. / Research of development prospects of transportation hub in JSC “UMC” / ТТЙМИ ахборотномаси. – 2020. – №3. – С. 53-59 (05.00.00. №11).

5. Расулов М.Х., Расулмухамедов М.М., Суюнбаев Ш.М., Машарипов М.Н. Жуфтлашмаган ҳаракат графиги шароитида локомотивларни поезд таркибларига бириктириш жараёнини автоматлаштириш / ТТЙМИ ахборотномаси. – 2020. – №2. – С. 49-65 (05.00.00. №11).

6. Расулов М.Х., Баратов Д.Х., Суюнбаев Ш.М., Машарипов М.Н. Автоматизация процесса учета проведения технического обслуживания поездных локомотивов в объеме / Железнодорожный транспорт: актуальные задачи и инновации. – Ташкент: ТашИИТ, 2020. – №3. – С. 90-100 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сонли қарори).

7. Расулов М.Х., Машарипов М.Н., Абдуллаев Ж.Я. Анализ степени влияния коэффициента съема пассажирских поездов на пропуск грузовых на двухпутных участках / Инновационный транспорт, 2021. – Вып. 3. – №33. – С. 59-64 (05.00.00; №109).

8. Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Машарипов М.Н., Иброхимов Ў.О. Влияние штата работников промышленного транспорта на перевозочную способность маневрового локомотива при вывозной работе / Молодой специалист, 2022. – №1(1). – 68-73 б. (Scientific Journal Impact Factor = 4.64).

9. Машарипов М.Н., Суюнбаев Ш.М., Умирзақов Д.Д., Нурматжонов А.А. Темир йўл участкасининг юк ташиш қобилияти ва поезд оғирлик меъёрлари ўртасидаги ўзаро боғлиқликни тадқиқ этиш / Молодой специалист. – 2022. – №1 (2). – С. 28-39 (Scientific Journal Impact Factor = 4.64).

10. Suyunbayev Sh.M., Xusenov O‘.O‘., Masharipov M.N., Axmedova M.D. Ortish-tushirish obyektlarini ma’lum vaqt intervalida vagonlar bilan uzluksiz ravishda ta’minlash texnologiyasini ishlab chiqish / Me’morchilik va qurilish muammolari. – 2022. – №3. – 101-106 b. (05.00.00; №14).

11. Машарипов М.Н., Пўлатов. М.М., Гайпбаева Г.Т., Айтматова З.О. Локомотивларни поездларга улашда локомотив ва таркибнинг станцияда туриш вақтини баҳолаш / Молодой специалист. – 2022. – №1(9). – С. 23-28 (Journal Impact Factor: 4,64).

12. Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Жумаев Ш.Б., Бекмуродов С.Р. Бўш таркибли юк поездларининг темир йўл участкалари ўтказувчанлик қобилиятига таъсирини асослаш / “Транспортда ресурс тежамкор технологиялар” халқаро илмий-техникавий анжуман материаллари (Тошкент, 2-3 декабрь 2022 й.). – Т.: ТДТрУ, 2022. – 648-653 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 327/3-сонли қарори).

13. Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Пўлатов М.М., Рустамжонов Б.Э. Хусусий транспорт корхоналари локомотивларининг ташиш жараёнларига жалб этилиши шароитида эксплуатация харажатларини оптималлаштиришнинг математик модели / “Транспортда ресурс тежамкор технологиялар” халқаро илмий-техникавий анжуман материаллари (Тошкент, 2-3 декабрь 2022 й.). – Т.: ТДТрУ, 2022. – 659-671 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 327/3-сонли қарори).

14. Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Абдуллаев Э.С. Локомотивлар айланиш участкасининг рационал узунлигини аниқлаш усулини такомиллаштириш / The scientific journal of vehicles and roads. – 2022. – №4. – С. 94-105 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

15. Машарипов М.Н., Суюнбаев Ш.М., Адилова Н.Д., Абляимов О.С., Хусенов Ў.Ў. Ҳаракатга асосий солиштирма қаршилиқнинг вагонлар турига боғлиқлигини тадқиқ этиш / The scientific journal of vehicles and roads. – 2023. – №1. – С. 85-96 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

16. Машарипов М.Н., Суюнбаев Ш.М., Абляимов О.С., Хусенов Ў.Ў., Лесов А.Т. Тортиш ҳисобларини бажариш усулини турли турдаги вагонларнинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштириш / The scientific journal of vehicles and roads. – 2023. – №1. – С. 133-146 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

17. Машарипов М.Н., Бозоров Р.Ш., Расулов М.Х. Юқори тезликдаги йўловчи ва юк поездларининг ўзаро кесишув жараёнида йўқотиладиган вақт сарфи ва кинематик параметрларни аниқлашнинг математик баёни / *The scientific journal of vehicles and roads*. – 2023. – №1. – С. 105-115 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

18. Машарипов М.Н., Бозоров Р.Ш., Расулов М.Х. Юқори тезликдаги электр поездларининг юк поездларига аэродинамик таъсирини тадқиқ қилиш / *The scientific journal of vehicles and roads*. – 2023. – №1. – С. 38-50 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

19. Masharipov M.N., Bekmurodov S.R., Hasanov S.N., Ozodboyeva Z.Z., Sattorova S.M. The effectiveness of the use of multimodal transport corridors in increasing the economic potential of the transport system in the republic of uzbekistan // *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*. – 2023. – Vol. 4. – №2. – P. 834-837 (Journal Impact Factor: 7.675).

20. Kasymov S.S., Masharipov M.N., Tohirov M.M. (2023). Geopolitics of transport corridors // *World Economics and Finance Bulletin*. – №18. – P. 10-16 (Journal Impact Factor: 6.863).

21. Masharipov M.N., Bekmurodov S.R., Hasanov S.N., Ozodboyeva Z.Z., Sattorova S.M. O‘zbekiston respublikasining tuzilishi-shakllantirish va iqtisodiy rivojlantirishida “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJning ahamiyati // *Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences*. – 2023. – Vol. 2. – №3. – P. 65–76 (Journal Impact Factor: 5.499).

22. Машарипов М.Н. Автоматизированная система выбора ниток графика для отправления грузовых поездов с удлиненными тяговыми плечами локомотивов / М.Н. Машарипов, М.Х. Расулов, Ш.М. Суюнбаев // *Материалы Второй Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы»* (Ташкент, 19-22 апреля 2023 г.). – Т.: ТГТУ, 2023. – С. 324-336 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2023 йил 1 апрелдаги 336/3-сонли қарори).

23. Машарипов М.Н. Эффективность привлечения частных локомотивов на тягу поездов / М.Н. Машарипов, М.Х. Расулов, Ш.М. Суюнбаев // *Материалы Второй Международной научно-технической конференции «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы»* (Ташкент, 19-22 апреля 2023 г.). – Т.: ТГТУ, 2023. – С. 337-341 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2023 йил 1 апрелдаги 336/3-сонли қарори).

24. Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Расулмухаммедов М.М. Поезд локомотивларидан фойдаланишни самарали

режалаштиришнинг инновацион усулини ишлаб чиқиш / The scientific journal of vehicles and roads. – 2023. – №3. – С. 56-65 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

25. Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Суюнбаев Ш.М., Кодирова Л.А., Абдуллаев Э.С. Транспорт компанияси юкларини ташишда поездлар тортувига электр энергияси сарфини ҳисоблаш услубияти / The scientific journal of vehicles and roads. – 2023. – №3. – С. 73-83 (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси нинг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

### **II бўлим (II часть; II part)**

26. Rasulov M., Masharipov M., Ismatullaev A. (2021). Optimization of the terminal operating mode during the formation of a container block train. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 05025).

27. Abdullayev J., Rasulov M., Masharipov M. (2021). Features of determining capacity on double-way lines when passing high-speed passenger trains. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 05002).

28. Gulamov A., Masharipov M., Egamberdiyeva K. (2022). Planning of new transit corridors – New opportunities for the development of transit in Uzbekistan. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2432, №1, p. 030019).

29. Masharipov M., Rasulov M., Suyunbayev Sh., Adilova N., Ablyalimov O., Lesov A. (2023). Valuation of the influence of the basic specific resistance to the movement of freight cars on the energy costs of driving a train. In E3S Web of Conferences (Vol. 383, p. 04096).

30. Rasulov M., Masharipov M., Bekzhanova S., Bozorov R. (2023). Measures of effective use of the capacity of twotrack sections of JSC “Uzbekistan Railways”. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 05041).

31. Masharipov M.N., Allamuratova M.S. Analysis of the financial condition of JSC “Uzbekistan temir yullari” / JournalNX - A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal, 2021, 7(05), P. 77–82.

32. Suyunbaev Sh.M., Masharipov M.N., Arpabekov M.I. Studies of the basic specific traffic resistance of different types of freight cars / Сборник материалов XI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения». – Астана: ЕНУ, 2023. – С. 15-20.

33. Машарипов М.Н., Аблялимов О.С., Суюнбаев Ш.М. Уточненная методика расчета основного удельного сопротивления движению вагонов / Сборник материалов международной научно-практической конференции «Четвертая промышленная революция и инновационные технологии». – Гянджа: Азербайджанский технический университет, 2023. – С. 393-395.

34. Машарипов М.Н. Ўзгарувчан харакат графиги шароитида станцияларда манёвр локомотивлари сонини аниқлашнинг

автоматлаштирилган ҳисоби / Ш.М. Суюнбаев, Ш.Б. Жумаев, М.Н. Машарипов // ЭХМ учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 06141, 13.03.2019 й.

35. Машарипов М.Н. Программа для выбора оптимального количества маневровых рейсов и последовательность их выполнения при формировании группы вагонов в установленном порядке / М.Х. Расулов, Ш.М. Суюнбаев, М.Н. Машарипов, Н.К. Арипов, Ш.Б. Жумаев // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. DGU 09218 от 19.10.2020 г.

36. Masharipov M.N. Manyovr yarim reyslarini bajarish uchun poyezdning natur varag'i asosida vagonlarning hisobiy parametrlarini aniqlash / Suyunbayev Sh.M., Masharipov M.N., Kayumov Sh.Sh., Xusenov O'O., Jumayev Sh.B. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. DGU 13971. 28.12.2021-y.

37. Masharipov M.N. Manyovr tarkibiga vagonlarni ulashga sarflanadigan vaqt miqdorini aniqlash uchun dastur / Sh.M. Suyunbayev, M.N. Masharipov, O'O. Xusenov, M.M. Po'latov, K.N. Mustafayeva, Aytmatova Z.O. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. DGU 16100. 11.05.2022-y.

38. Masharipov M.N. Yuk poyezdlari orasidagi to'xtashi mumkin bo'lgan xavfsiz masofani hisoblash uchun dastur / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Rasilmuxamedov M.M., Suyunbayev Sh.M., Bozorov R.Sh. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 21253. 28.12.2022-y.

39. Masharipov M.N. Vagon raqami orqali uning tortish hisoblarida zarur bo'lgan parametrlarini aniqlash uchun dastur / Masharipov M.N., Ablyalimov O.S., Suyunbayev Sh.M., Bekmurodov S.R., Soliyev T.S. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 23808. 04.04.2023-y.

40. Masharipov M.N. Rolikli podshipniklardagi yuk vagonlari harakatiga bo'g'inli yo'lda asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash uchun dastur / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Suyunbayev Sh.M., Ablyalimov O.S., Bekmurodov S.R. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 24628. 05.05.2023-y.

41. Masharipov M.N. Rolikli podshipniklardagi yuk vagonlari harakatiga bo'g'insiz yo'lda asosiy solishtirma qarshilikni hisoblash uchun dastur / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Suyunbayev Sh.M., Ablyalimov O.S., Bekmurodov S.R., Alimuxamedov J.M. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 25449. 05.05.2023-y.

42. Masharipov M.N. Xususiy lokomotivlarning poyezdlarni tortishdagi yonilg'i-energiya sarfini hisoblash / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Suyunbayev Sh.M., Abdullayev E.S., Bekmurodov S.R. // Elektron hisoblash

mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 26763. 18.08.2023-y.

43. Masharipov M.N. Tortuv yelkalarida poyezd lokomotivlaridan foydalanishning keltirilgan xarajatlarini hisoblash / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Abdullayev E.S., Karimova Sh.S., Gaypbayeva G.T. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 26768. 18.08.2023-y.

44. Masharipov M.N. Yuk harakati lokomotivlari foydalanish parkini poyezdlarning grafik vaqtlaridan kelib chiqqan holda hisoblash / Masharipov M.N., Rasulov M.X., Rasulmuxamedov M.M., Suyunbayev Sh.M., Ozodboyeva Z.Z. // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 26769. 18.08.2023-y.

Avtoreferat "TDTrU axborotnomasi" ilmiy-amaliy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va matnlarni mosligi tekshirildi (30.08.2023-y.).

---

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 № 43-20/2023.

Nashrga ruxsat etildi: 12.09.2023-y.

Toshkent davlat transport universiteti bosmaxonasida chop etilgan.

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