

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 3, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT
RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 2, ISSUE 3

SEPTEMBER, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

**JOURNAL OF TRANSPORT
SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL
VOLUME 2, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2025**

EDITORIAL BOARD

Viktor A. Sidorov

Professor, Doctor of Economic Sciences, Kuban State University

Olga I. Kopytenkova

Professor, Doctor of Medical Sciences, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Oksana D. Pokrovskaya

Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Oleg R. Ilyasov

Professor, Doctor of Biological Sciences, Ural State Transport University

Timur T. Sultanov

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Euroasian National University

Dmitriy V. Efanov

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Russian University of Transport (MIIT)

Oyum T. Balabayev

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Abylkas Saginov Karaganda Technical University

Shinpolat M. Suyunbaev

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Khasan M. Kamilov

Associate Professor, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

Analysis of existing methods for calculating the structural strength of shallow metro stations with domed roofs

M.Kh. Miralimov¹^a, A.I. Karshiboev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes existing methods for calculating the structural strength of shallow-depth metro stations with domed roofs. It examines the loads that occur during the design and construction of tunnels, methods for detecting defects, and the application of modern calculation techniques, particularly the finite element method. The research results enable the construction of more durable and economically efficient metro facilities.

Keywords: tunnel, strength, calculation methods, finite elements, construction

Sayoz joylashgan gumbaz yopmali metropoliten stansiyalari konstruksiyalarini mavjud mustahkamlikka hisoblash usullarining tahlili

Miralimov M.X.¹^a, Qarshiboyev A.I.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Tashkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada sayoz joylashgan gumbaz yopmali metropoliten stansiyalari konstruksiyalarini mustahkamlikka hisoblashning mavjud usullari tahlil qilingan. Tonnellarni loyihalash va qurishda yuzaga keladigan yuklanishlar, nuqsonlarni aniqlash hamda zamonaviy hisoblash usullari, xususan chekli elementlar usuli qo'llanilishi ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari metropoliten inshootlarini yanada mustahkam va iqtisodiy jihatdan samarali qurish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: tunnel, mustahkamlik, hisoblash usullari, chekli elementlar, qurilish

1. Kirish

Jahonda zamonaviy transport tonnellarini qurish, prinsipal yangi tunnel qoplamalari yechimlarini ishlatish, ularning mustahkamligi va umrboqiyiligini oshirishda hisobiy usullarni takomillashtirish hamda ilg'or texnologiyalar va loyihalash vositalarini qo'llash yetakchi o'rinni egallamoqda. Rivojlangan davlatlar, jumladan AQSh, Shveysariya, Janubiy Koreya, Rossiya, Xitoy va O'zbekistonda "Tonnellar, ko'priklar, yo'l va boshqa transport inshootlarining umrboqiyiligini va mustahkamligini ta'minlash zamonaviy loyihalash texnologiyalari va texnika vositalarini qo'llash kabi istiqbolli yo'nalishlar orqali amalga oshirilmoqda". Shu jihatdan minimal sarfni ta'minlovchi transport va metropoliten tonnelli qoplamalarining konstruksiyaviy yechimlarini rivojlantirishga hamda ularning turli deformatsion tasniflarga ega bo'lgan grunt massivlarida ishlash holatini to'g'ri baholash alohida ahamiyat kasb etadi.

Sayoz joylashgan gumbaz yopmali metropoliten stansiyalari konstruksiyalari ushbu ShNQ 2.05.05-23, ShNQ 2.05.04-21, ShNQ 2.01.20-23 qurilish me'yorlari va qoidalariga asosan mustahkamlik, ishonchlilik, to'xtamasdan ishlashlik, umrboqiylik, saqlanishlik, ta'mirga munosiblik talablariga muvofiq bo'lishi kerak [1, 2, 3]. Keltirilgan birinchi talab eng asosiy xarakterlanadi, va qolganlarini bajarishlik mumkinligini bildiradi va umuman olganda inshoot, hamda konstruksiyaning yuk ko'tarish qobiliyatini ta'minlashga qaratilgan. Shu sababli

ShNQ 2.05.05-23 da konstruksiyani yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash uchun uni 1-chi va 2-chi guruh chegaraviy holatlariga hisoblashni talab etadi.

Umuman olganda 1-chi guruh chegaraviy holati inshootni mustahkamligini va ustuvorligini ta'minlashni ifodalaydi, 2-chi guruh chegaraviy holati esa inshootni yoriqbardishlikka tekshirish va uni normal ekspluatatsiya qilinishiga moyil yoki moyil emasligini tekshiradi.

Yuqoridagilarga qo'shimcha qilib aytish mumkinki transport tunnel konstruksiyalariga uchta turdagi yuklar ta'sir etadi: asosiy, qo'shimcha va maxsus kuchlar. Asosiy yuklarga gruntdagi tog' bosimi ta'siri, qoplamaning o'z og'irligidan tushuvchi yuklar, gidrostatik bosim yuklari, hamda harakatlanuvchi tarkib va o'tuvchi poezdlar tomonidan ta'sir qiluvchi yuklardir.

Qo'shimcha yuklarga haroratni o'zgarishidan kelib chiquvchi kuchlar, betonni qotish jarayonida paydo bo'luvchi o'tirish kuchlari, qoplama bilan grunt o'rtasidagi bo'shliqni beton yoki sement qorishmasi bilan to'ldirilishi natijasida kelib chiquvchi kuchlar, montajlash oqibatida paydo bo'luvchi kuchlar va b. kiradi. Maxsus yuklar seysmik kuchlar ta'sirida kelib chiqadi. Yana shuni aytish lozimki, ko'p holatlarda tunnel inshootlari strategik inshootlar sarasiga kiradi, shuning uchun ular atom portlash kuchidan kelib chiquvchi maxsus yuklarga ham hisoblanadilar. Yuqorida sanab o'tilgan tunnel qoplamalariga ta'sir qiluvchi yuklar yer osti inshootlarini hisoblashda qo'llaniluvchi va ishlatiluvchi usullar bilan xarakterlanadi. Bunda foydalanilayotgan normalar, muhandislik-geologik

^a <https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>

^b <https://orcid.org/0000-0003-2755-2609>



sharoitlar, tunnelning joylashish chuqurligi, uning o'lchamlari va yana boshqa bir qancha faktorlarga bog'liq bo'ladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

O'rganilgan ilmiy ishlarning tahlili shuni ko'rsatmoqdaki, har xil gipotezalarga asoslangan tog' bosimi nazariyasi va formulalari shu kunda ularni to'g'ri aniqlashlik uchun qoniqarli va kerak bo'lsa ishonarli qiymatlarni olinishiga kafolat bera olmaydi. Bu esa yer osti qazilmasi atrofidagi tog' jinslarining muvozanat shartlarini xarakterlovchi faktorlarning bir qanchaligi bilan ifodalanadi. Har doim ham analoglash va umumlashtirishlar to'g'ri natijalar olinishiga olib ham kelavermaydi. Tonnellarni ekspluatatsiya qilish jarayonida atrofidagi tog' jinslarining umumiy geologik va gidrogeologik holatlarining vaqt bo'yicha o'zgarishi va ayniqsa ushbu jinslar xususiyatlarining nomutanosibliklari masalani chigallashtiradi.

Agar tunnel uchastkalarida, qoplamlarning texnik holatlarini aniq instrumental tekshirish usullari orqali olingan natijalari asosidagi yechimlari oldindan ishlashga qodir emas deb topilsa, uning yuk ko'tarish qobiliyati yaratilgan usullar yordamida hisoblashlar olib borilishi bilan tekshirilishi shart. Qoplamaning ma'lum darajada yuk ko'tarish qobiliyatini pasaytiruvchi va qo'shimcha hisoblashlar olib borilishini talab qiluvchi havfli defektlarga quyidagilarni buzilishlarni tavsiya etish mumkin: kuch yoriqlari, bo'linishlar, material mustahkamligi kamaytirilgan uchastkalar. Odatda ular bo'yilmasiga qazilma oralig'idan ko'proq uzunlikda bo'ladi.

"Tonnellar va metropolitenlar" OAJ ilmiy-izlanish markazining mutaxassislari qoplama aniqlangan nuqsonni xavflilik darajasini aniqlash uchun quyidagi usuldan foydalanishni tavsiya etadilar [2]. Avvaliga aniqlangan nuqsonlarni keltirib chiqaruvchi yoyilgan kuchlarning ishlovchi gipotezasini yaratadilar va tekshiruvchi hisobiy ishlarni bajaradilar. Agar nuqsonsiz qoplamaning hisoblashlari, gipoteza to'g'riligini ko'rsatsa (ya'ni ko'zatilgan joyda defekt ruxsat etilgan yuklar birgaligida ko'rinishi kerak), u holda nuqsonni keyinchalik ko'payishi bashorat qilinadi, so'ngra ushbu nomutanosib bashorat uchun va defektlarni yo'qotish uchun himoya ishlari olib boriladi.

Kuchlanishlarni aniqlashning zamonaviy hisoblash usullari va ularga muvofiq dasturlash komplekslari juda oddiy usul va berilgan darajadagi aniqlik bilan tunnel qoplamasining yuk ko'tarish qobiliyatini baholaydilar va yassi yoki fazoviy o'lchamlarda ko'rilgan masalalar uchun qazilma atrofi grunt massividagi va tunnel konstruksiyasining o'zidagi kuchlanish-deformatsiyalanish holatlarini aniqlaydilar. Ana shunday sonli modellashtirish hisoblash usullardan biri — chekli elementlar usulidir [2].

Ushbu sonli modellashtirish hisoblash usuli tunnel konstruksiyasi va qazilma atrofi grunt massividagi holatni yassi yoki fazoviy elementlarga bo'lishni ko'zda tutadilar, bu esa katta ehtimolda qoplama atrofida aniqlangan defektlarni keng ravishda hisobga olishni nazarda tutadilar, hamda tunnel va grunt o'rtasidagi bo'shliqning deformatsiyalanishini ham hisobga oladilar.

Bunda, nisbatan oson yo'l bilan qoplama ishlashi variatsiyasi modellashtiriladi va gruntning turli xildagi parametrlari inobatga olinadi.

Masalan, bir necha yillardan beri ekspluatatsiya qilinib kelinayotgan bir yo'li tunnelning betonli qoplamasini yuk ko'tarish qobiliyatini baholash va uning texnik holati kategoriyasini aniqlash uchun chekli elementlar usuli bilan hisoblash ishlari bajarilgan edi. "Qoplama—grunt massivi" hisoblash modellari va konstruksiyaning ularga mos real sharoitlarini topilgan defekt va nuqsonlarni e'tiborga olib bir qancha variantlar hisoblab chiqilgan edi.

Konstruksiya materiali va atrofidagi grunt massivining mustahkamlik va deformatsiyalanish xarakteristikalari, qoplamaning geometrik parametrlari, hamda betonndagi yoriqlarning bo'lishi, maxsus olib borilgan tekshirishlar asosida olingan edi [4].

Eng keng tarqalgan hisoblash modellaridan biri elastik tayanchlardagi yoki elastik tayanchlar orqali grunt bilan o'zaro munosabatda bo'lgan, tashqi berilgan yuklar ostida bo'lgan sterjenli tizim bo'lib hisoblanadi (Metroproekt hisoblash usuli). Yana bir keng tarqalgan hisoblash modellariga grunt bilan bir tekislikda yotuvchi tunnel qoplama (konstruksiyasi) kiradi.

Bunda grunt tutash muhitlar mexanikasi – elastik yoki elasto-plastik konuniyatlar asosida ifodalanadi, tunnel konstruksiyasi esa tutash muhitlar bilan birga deformatsiyalanuvchi sterjenli tizim deb qaraladi. Bu model grunt har bir qatlamining hossasini va tunnel doimiy qoplamasining bosqichlab qurish texnologiyasini hisobga oladi.

Yana universal modellardan birida grunt va qoplama ikki muhit ko'rinishida ifodalanadi, va ular o'rtasidagi munosabat tutash muhitlar mexanikasi qonunlariga asoslanadi [5]. Tunnel inshootlarini hisoblash uchun muhandislik tizimlari va qurilish konstruksiyalarini hisoblovchi aprobatatsiyadan o'tgan maxsus dasturlash majmua hisoblagichlari ishlatiladi.

Yer osti qazilmalarini ifodalovchi gruntlar nafaqat konstruksiyaga tog' bosimlarini uzatadilar, balki ushbu qoplama bilan birgalikda ishlaydilar, grunt tomoniga harakatlanuvchi qoplama deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatadilar. O'zaro birgalikdagi ishlash jarayonlarini tasvirlash uchun qoplama va grunt o'rtasidi zich kontakt bo'lishi lozim, bu esa konstruksiya orqasiga qum-sement qorishmasini purkash va kiritish orqali bajariladi.

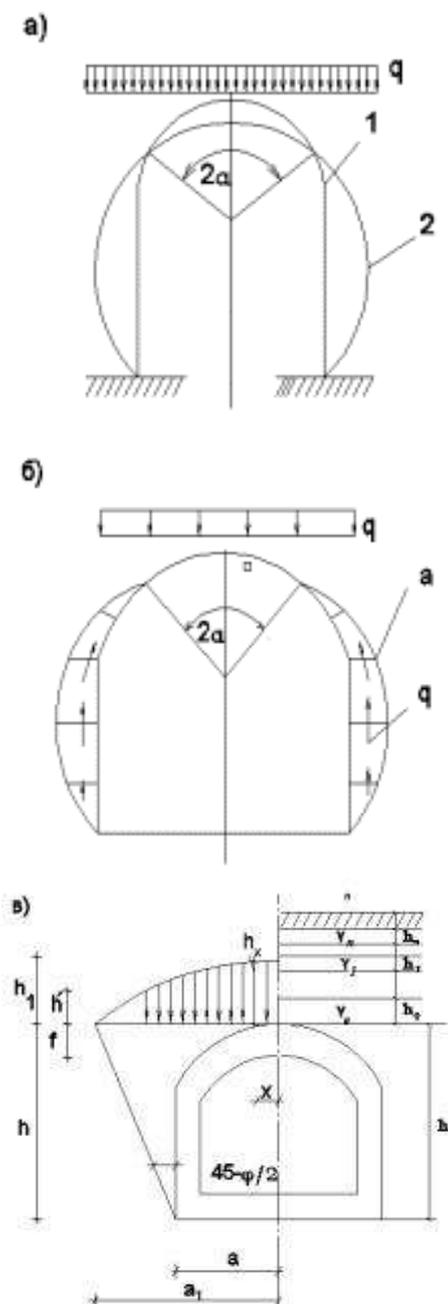
Hozirgi kunga qadar yer osti inshootlarini hisoblashda, odatda oddiy usuldan foydalaniladi. Bunda gruntni elastik xossasini ifodalash uchun mahalliy deformatsiyalanish nazariyasining omili va unga asoslangan Vinkler gipotezasi ishlatilib, grunt kuchlanishi va deformatsiyasi o'rtasidagi munosabat quyidagicha ko'rinishda ifodalanadi:

$$\sigma = k \cdot \delta \quad (1)$$

Bu yerda k – gruntning itarish elastik koeffitsienti; δ - grungta itarilish kuchi ostida paydo bo'lgan grunt deformatsiyasi.

Doimiy ta'sir qiluvchi tog' bosimi ostida qoplamaning ustki qismi tunnel ichkari bo'shlig'i tomon egiladi (1-rasm). Konstruksiya deformatsiyasining qazilma ichkarisi tomon yo'nalishi bo'yicha harakat qismi grunt tomonidan qarshilikka uchramaydi va bu maydon ajralish zonasini deyiladi.





1-rasm. Tunnel qoplamalari deformatsiyasi va shakli sxemasi: a – qoplama va gruntning o‘zaro munosabatlari sxemasi; 1 – ajralish zonasi; 2 – elastik itarish zonasi; b – gumbazli ko‘rinishdagi gruntning elastik itarish harakati sxemasi

Ushbu zona markaziy burchak - 2α bilan aniqlanadi, hamda gruntning qattiqligi va qoplama elastik xususiyatlariga bog‘liq bo‘ladi. U kuchli gruntlar uchun 90 gacha, kuchsiz gruntlar uchun esa 150 gacha o‘zgarishi mumkin.

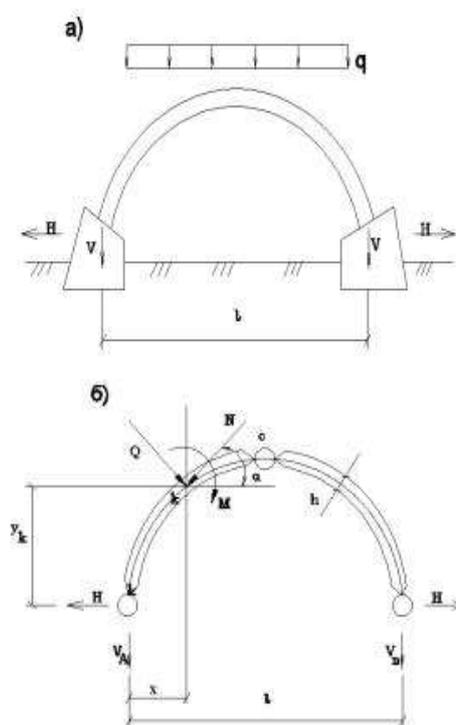
Hozirgi paytda loyiha amaliyotida ikki qatlamli asosda bo‘lgan balka uchun hisoblash sxemasidan keng foydalaniladi. Masalan, A.P. Sinitsinning ikki qatlamli asos modeli taniqlidir. Ushbu model yer osti inshootlari konstruksiyalarini hisoblash uchun ishlatilishi mumkin.

Hisoblash sxemsini tanlash birinchi va eng kerakli bosqich bo‘lib hisoblanadi. U hisoblash ishlarini maksimal darajada yengillashtirishi lozim va bundan tashqari unda ma‘lum inshootni iloji boricha asosiy hususiyatlari, hossalari va harakteri ifodalanishi kerak. Tanlangan hisoblash sxemsining to‘g‘riligi eksperimental yo‘llar bilan tekshirilishi mumkin. Yer ustidan ancha chuqurlikda joylashgan konstruksiyalar, ramalar yoki arkalar ko‘rinishida ko‘pincha tasvirlanadi. Ramalar sterjenli tizimga aylantiriladilar, ular bir-biri bilan barcha bog‘lanish tugunlarida biki yoki sharnirli bo‘lishi mumkin. Sterjenli ramalar o‘z tekisligida egilishga va cho‘zilish-siqilishga ishlaydilar. Arkali konstruksiyalar shunday tizimlarki, unda bruslar ko‘rinishidagi tepaga qaragan sterjenlarga qarshi yo‘nalishdagi tashqi kuchlar ta‘sir qiladilar. Vertikal kuchlar arka ko‘rinishidagi konstruksiyalarning tayanchlarida na faqat vertikal ichki kuchlar, balki gorizontall ko‘rinishdagi tayanch reaksiyalarining itarish ichki kuchlari paydo bo‘ladi.

Statik ishlash sxemalari bo‘yicha ular sharnirsiz, ikki sharnirli, uch sharnirli arkalar va tortilgan arkalar turlariga bo‘linadilar.

Uch sharnirli arkalar statik aniq sistemalar bo‘ladilar va ular tanchlarning gorizontall ko‘chishlariga kamsezuvchan hisoblanadilar.

Sharnirsiz arkalar eng yengil bo‘ladilar, ammo ular tayanchlaridagi ko‘chishlar juda ortiqcha yoki qo‘shimcha ichki kuchlarni hosil qiladilar. Agar arkaning 1-2 kesimlaridagi kuchlar aniqlansa, u holda butun arka uchun M_k ; Q_k ; N_k , ichki kuchlar epyuralarini qurish mumkin. Ular o‘z navbatida arkadagi ichki kuchlarni uning uzunligi bo‘yicha ko‘proq va to‘liq ifodalaydilar.



2-rasm. Arkalarning umumiy sxemalari: a – sharnirsiz arkadagi kuchni fundamentga uzatish; V – reaksiyaning vertikal ko‘rinishi; H – arka itarishi (gorizontall reaksiyaning ko‘rinishi); b – uch sharnirli arkaga ta‘sir qilish



Ko'p hollarda qurilish mexanikasi apparatining berilgan tashqi yuklar orqali tadbiqiy hisoblash usullaridan birini olish usuli orqali foydalaniladi (2-rasm). Bu holda birinchi bo'lib qoplamaga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarni aniqlaydilar, so'ngra esa uni sterjenli sistemaga aylantirib kuchlar usuli yoki ko'chishlar usuli orqali hisoblaydilar. Hisoblashlarning eng oxirida qoplama ko'ndalang kesim yuzalarini mustahkamlikka hisoblaydilar. Tunnel qoplamalarini loyihalashda yoki ta'mirlash va rekonstruksiya qilinayotganda eng zarur va asosiy bo'lgan hollardan biri kuchaytirilgan qoplamaning statik kuchlarga hisoblash yoki boshqatdan rekonstruksiya qilingan konstruksiyani qayti hisoblash ishlari bo'lib hisoblanadi. Bunda hisoblash modellari keng ma'noda maxsus tekshirishlar va ko'riklar o'tqazilganda olingan ma'lumotlarni ifodalovchi tashqi ta'sirlar va ichki ta'sirlarning xarakterini to'laqonli inobatga olishlari zarurdir. Yangi qurilayotgan tunnelga nisbatan rekonstruksiya qilinayotgan tonneldagi tashqi kuchlarni e'tiborga olish holatlari ShNQ 2.05.05-23 normativ hujjatining o'ta muhim qoidalariga asoslanishi kerak. Bunda agar tunnel qoplama butunlayicha yangi konstruksiyaga almashtirilayotgan bo'lsa, tog' bosimidan hosil bo'layotgan normativ yuklarni tunnelga ta'sir kuchini oshirib 1,3 marta ko'paytirilishi lozim.

Umuman tog' massivi gruntlari anizotrop bo'lib nochiziqli deformatsiyalanadilar va ko'pincha reologik xususiyatlari bilan ajralib turadilar. Hisoblash ishlari deformatsiyalanish va elastik-plastik modelni ishlatish mumkin. Bu modellarda deformatsiyalanish parametrlari sifatida gruntning asosiy xossalari, modul deformatsiyasi va Poisson koeffitsientini ishlatish mumkin. Bo'sh gruntlar uchun mustahkamlik parametrlari sifatida gruntning ichki ishqalanish burchagini, qoyatoshli gruntlar uchun esa sirpanish xossasini olish mumkin. Qoyatoshli gruntlarning cho'zilish va siqilishdagi mustahkamligini inobatga olish katta o'rinni egallaydi.

Tog' massividagi boshlang'ich (doimiy) kuchlanishlarni aniqlashda, agar tajriba asosida olingan natijalari bo'lmasa, u holda taqribiy yo'llar orqali o'z og'irligi va mustahkamligidan, gruntning istalgan nuqtasidagi shartlar, tunnelning joylashish chuqurligi, hamda tektonik va morfologik tog' massivi jinslarining xususiyatlari inobatga olinadi.

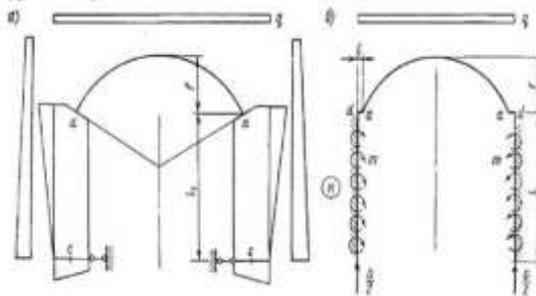
Agar tunnel inshooti bir jinsli bo'lmagan va anizotrop gruntlarda joylashgan bo'lsa, tunnelni har xil yo'nalishlarga ajratilayotganida, uning kesimini o'zgartirilishi uchun "qoplama-massiv" tizimida fazoviy kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini inobatga olib, ular konstruksiyalari kesimlarini deformatsiyasini aniqlab chekli elementlar usulidan foydalanishni tavsiya etiladi.

Agar tunnel uchastkalarini ko'p yoki kam, bir turdagi gruntlar massivida joylashgan bo'lsa uning uzunligi bo'yicha yassi hisoblash usullari modelni qo'llash mumkin. Rekonstruksiya qilinayotgan bir qancha tonneldagi tajribasi va bu yo'nalishda ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatadiki, qoplama rekonstruksiyasi uchun hosil bo'linuvchi tashqi vertikal va gorizontal kuchlar, ochiq ko'rinishdagi ikki bosqichli xarakterga egadir.

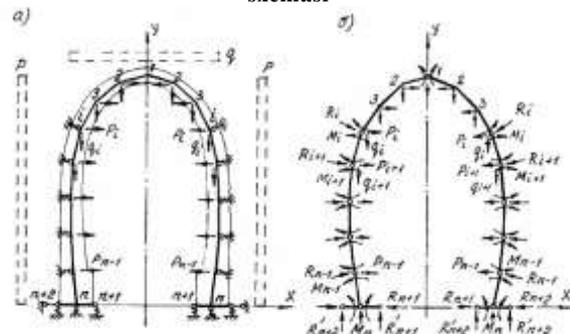
Tunnel birinchi qurilayotgan davrida qoplama uchun ta'sir qilayotgan tashqi tog' massividagi hosil bo'luvchi boshlang'ich yuklar konstruksiyaga ustiga bo'lib-bo'lib tushuvchi gruntlarning o'z og'irliklari xisobiga paydo bo'ladi.

Tonnellarni kapital ta'mirlash yoki rekonstruksiya qilinishi jarayonida qaytadan yuklanish muvozanat holatining buzilishi oqibatida hosil bo'ladi. Tog' bosimini paydo bo'lishi birinchi bosqichdaginikiga nisbatan 1,3...1,4 marta ko'p bo'ladi. Bu holat yuklanishning ikkinchi bosqichi deb nomlanadi va ushbu qiymat qilinishdan oldingi tog' bosimi qiymatining ta'sir qilish koeffitsienti orqali olinadi. Bundan tashqari rekonstruksiya va qayta ta'mirlash davrida tunnel qoplama orqasi bo'shlig'iga purkash uchun yuborilgan beton va sement qorishmalaridan ham qo'shimcha kuchlanishlar hosil bo'ladi.

Hozirgi kunda mamlakatimizda va chet ellarda eng keng tarqalgan va amaliyotga qo'llash mumkin bo'lgan usullardan B. P. Bodrov va B. F. Materi [6, 7] larning hisoblash usuli hisoblanadi va bu usul ixtiyoriy ko'rinishdagi qoplamalarni hisoblash imkonini beradi. Masala echimini soddalashtirish uchun qoplama qalinligining o'qi sterjenli ko'pburchak bilan almashtiriladi va tashqi yuk va elastik reaksiyalar sterjen elementlariga vertikal va gorizontal yo'nalishlarda qo'yiladi. N. N. Shaposhnikov Metrogiprotans usulini ko'chish usuli shaklida foydalanishni taklif qildi [5].



3-rasm. Vertikal devorlar tomonidan qo'llab-quvvatlangan sayoz joylashgan arkani hisoblash sxemasi



4-rasm. Gruntni itarish usuli orqali tunnel konstruksiyalarining hisoblash sxemasi

Shu bilan birga, noma'lumlar soni uch barobarga ko'payadi, lekin hisoblash algoritmi deyarli standartlashtirilgan bo'lib, bu kompyuter dasturlarini yaratishga yordam beradi. Reaksiya matritsalarini qurishni osonlashtirish uchun elastik elementlar har bir tugunning ikkita tuguniga perpendikulyar joylashadi (3-rasm, 4-rasm).

3. Xulosa

Afsuski, yuqorida ta'riflangan qoplamaning barcha hisob-kitob usullari, grunt massasining taqsimlanish qobiliyatini hisobga olinmasligi va gruntning fizik-mexanik xossasini o'zida jamlovchi koeffitsientlarning noaniqligini



hisobga olinmaganligi bilan bog'liq muhim kamchiliklarga ega bo'lgan. Ammo gruntning ishlashi Vinkler gipotezasiga asoslanadi, lekin ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi, masalan, yuklanish maydoni va yuk zichligiga albatta.

Oxirgi yillarda O'zbekiston va xorij ilmiy-tadqiqot institutlarida yer osti inshootlarini hisoblash usullariga bag'ishlangan bir qancha ishlar olib borilgan. Murakkab jarayonlarni yer osti inshootlariga ta'sirini modellashtiruvchi, mkstahkamlikni baholovchi ilmiy izlanishlar davom ettirilmoqda.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Никольский Б.В. Тоннели третьего кольца - крупнейшие подземные сооружения Москвы // Метро и тоннели. - 2001. - № 2. - С. 2-5.

[2] Климов Д.В. Кутузовская транспортная развязка // Подземное пространство мира. - 2000. - № 5-6. - С. 25-27.

[3] Панкина С.Ф. Транспортные тоннели на площади Гагарина в Москве // Подземное пространство мира. - 2000. - № 4. - С. 8-30.

[4] Варшавский В.В. Особенности строительства транспортных тоннелей // Метро и тоннели. - 2001. - № 3. - С. 28-30.

[5] Фролов Ю.С., Саламех А. Сборные железобетонные обделки при проходке тоннелей щитами // Подземное пространство мира. - 2001. - № 3. - С. 38-43.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Miralimov Toshkent davlat transport universiteti
Mirzahid "Avtomobil yo'llaridagi sun'iy
Xamitovich / inshootlar" kafedrasida dotsenti. t.f.d.
Miralimov E-mail:
Mirzahid mirzakhid_miralimov@yahoo.com
Khamitovich Tel.: +998977250924
<https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>

Qarshiboyev Toshkent davlat transport universiteti
Abdullaziz "Avtomobil yo'llarini qidiruv va
Ixtiyor o'g'li / loyihalash" kafedrasida katta o'qituvchisi.
Karshiboyev E-mail: Laziz_22_92@mail.ru
Abdullaziz Tel.: +998994022032
Ikhtiyor ugli <https://orcid.org/0000-0003-2755-2609>



The assessment of technical condition of bridge and recommendations for strengthening the load-bearing structures

Miralimov M.Kh.¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article evaluates the technical condition of an existing road bridge and proposes methods for strengthening its load-bearing structures. It presents the results of diagnostics, calculations for accommodating standard temporary loads (A11, NK-80, A14, NK-100), and provides recommendations for increasing the bridge's load-bearing capacity. To distribute the temporary load between the slabs of the span structure, the method of eccentric compression was employed. A reinforcement technique is proposed, involving the installation of a new reinforced concrete layer on the existing bridge deck to extend the bridge's service life and ensure traffic safety.

Keywords: Technical Condition, Reinforcement, Finite Element Method, Stiffness Matrix, Road Bridge

Оценка технического состояния моста и рекомендации по усилению несущих конструкций

М.Х. Миралимов¹ ^a

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В статье проведена оценка технического состояния реального автодорожного моста и предложены методы усиления его несущих конструкций. Описаны результаты диагностики, расчёты на пропуск нормативных временных нагрузок (A11, НК-80, A14, НК-100) и даны рекомендации по увеличению несущей способности моста. Для распределения временной нагрузки между плитами пролетного строения использован метод внецентренного сжатия. Предлагается способ усиления путём устройства нового армированного бетонного слоя на существующем мостовом полотне для продления срока службы моста и обеспечения безопасности движения.

Ключевые слова: Техническое состояние, усиление, метод конечных элементов, матрица жёсткости, автодорожный мост

1. Введение

Оценка технического состояния моста включает в себя выявление дефектов, определение степени износа конструкций, а также разработку рекомендаций по усилению несущих элементов для обеспечения безопасности и продления срока службы моста [1, 2, 3]. Рассмотрим технического состояния реального автодорожного моста, который расположен через канал и построен ориентировочно в 2008-2009 годах.

2. Методика исследования

Схема моста 3x9,0м. Мост на дороге I технической категории с пролетами по 9,0м, имеет габарит Г-7,0+2x0,75 м. Мост трехпролетный. Пролетные строения скомпонованы из 10 пустотных плит. Плиты пролетного строения объединены между собой при помощи бетонных шпонок. Полная длина моста – 27,60 м. Общий вид моста показан рис. 1. Пролетные строения сборные, железобетонные, с ездой поверху

запроектированы под расчетную нагрузку А11 и НК-80. Тип пролетного строения – разрезной, балочный. Материал пролетного строения – железобетон класса В30.

Тип мостового полотна – асфальтобетон. Общая толщина слоев дорожной одежды 20-22 см. Устои и промежуточные опоры моста свайные однорядные. Сечение свай 35x35 см. Поверху сваи объединены монолитной железобетонной насадкой.



Рис. 1. Общий вид моста

 <https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>



По результатам диагностики ранее было предложено усилить опоры и плит пролетных строений моста и отремонтировать ездовое полотно. Однако не был произведен расчеты на грузоподъемность пролетных строений для пропуска нормативных временных нагрузок А11 и НК-80, в том числе А14 и НК-100. Анализ результатов диагностики проведенный преподавателями кафедры «АЙСИ» ТГТУ выявил также долговременное разрушение насадок и шкафов стенок береговых опор из-за неправильного соединения насадок не по центру поперечного сечения свай (рис.2).



Рис. 2. Выявленные дефекты на мосту

Каждое пролетное строение образовано из 10 предварительно напряженных пустотных плит (по «ТП серии 3.503-12»), объединенных между собой в поперечном направлении шпоночными швами (рис.3). Натяжение арматуры осуществлены на стенде до бетонирования плит, усилия с арматуры на бетон передаются через силы сцепления между арматурой и бетоном. Оси опирания плит отстоят от концов плит на 0,2 м. Расчетная схема пролетного строения – однопролетная балка с расчетным пролетом $l_p = 9 - 2 \cdot 0,2 = 8,6$ м. При этом согласно ШНК 2.05.03-22 «Мосты и трубы» для бетона плит принят $R_b = 15,5$ МПа, $R_{bt} = 1,1$ МПа, $R_{b,ser} = 22,0$ МПа, $R_{bmc1} = 16,7$ МПа, $R_{b,mc2} = 14,6$ МПа, $R_{bt,ser} = 1,8$ МПа, $R_{b,sh} = 2,9$ МПа.

Продольная рабочая арматура для плит - предварительно напряженная стержневая класса А-IV с $R_p = 465$ МПа. Модуль упругости арматуры $E_p = 2 \cdot 10^5$ МПа. В нижней зоне плиты приняты армирование из $8\varnothing 18$ А-IV с $A_p = 20,35$ см² (рис. 4).

Предельный момент согласно «ТП серии 3.503-12» равен $M_{пред} = 34,8$ тм. Поперечная арматура класса А-II с $R_s = 265$ МПа. Сечение плиты приводим к двутавровому. Овальные отверстия плиты заменяются прямоугольными, эквивалентными им по равенству

площадей и моментов инерции (рис. 4). Исходя из этого ширина ребра $b = 12,5 \cdot 2 + 10 = 35$ см. Остальные размеры приняты без изменения.

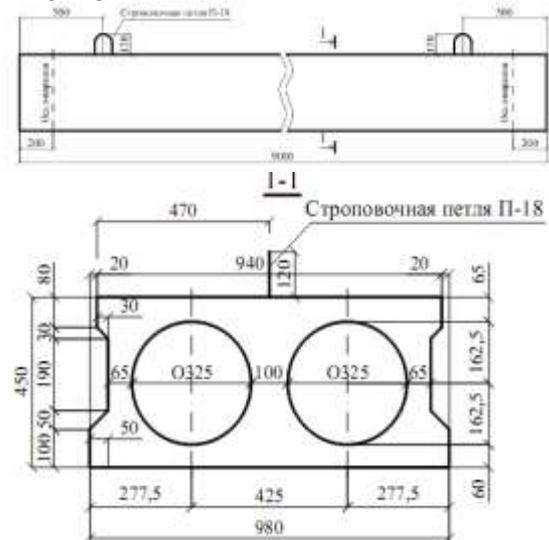


Рис. 3. Поперечное сечение плиты и расположение рабочих арматур

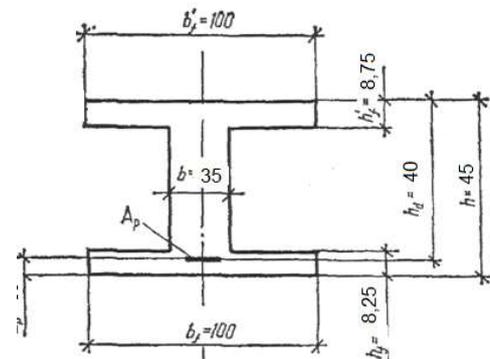


Рис. 4. Расчетное сечение плиты (размеры в см)

Постоянная нагрузка на п Собственный вес одного метра плиты (рис.5) с учетом бетона продольных швов при плотности железобетона будет равна:

$$\gamma_B = 2,5 \text{ т/м}^3 \left(1 \cdot 0,45 - 2 \frac{3,14 \cdot 0,325^2}{4} \right) \cdot 2,5 = 0,71 \text{ тм.}$$

Пролетное строение состоит из собственного веса сборных плит длиной 9 м, тротуаров, перильного ограждения и дорожной одежды.

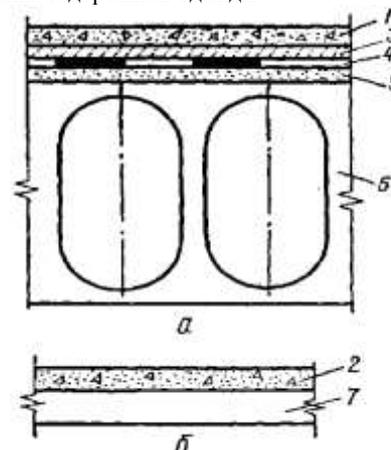


Рис. 5. Конструкция дорожной одежды:



a — в пределах ездового полотна; *b* — на тротуарах:
 1 – асфальтобетон $\gamma = 2,3 \text{ т/м}^3$; 2 – то же; 3 – защитный слой, $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$; 4 – гидроизоляция $\delta = 1 \text{ см}$, $\gamma = 1,5 \text{ т/м}^3$; 5 – выравнивающий слой, $\gamma = 2,1 \text{ т/м}^3$; 6 – железобетонная плита пролетного строения; 7 – плита тротуарного блока

Собственный вес одного метра плиты (рис.5) с учетом бетона продольных швов при плотности железобетона будет равна

$$\gamma_b = 2,5 \text{ т/м}^3 \left(1 \cdot 0,45 - 2 \frac{3,14 \cdot 0,325^2}{4} \right) \cdot 2,5 = 0,71 \text{ т/м}$$

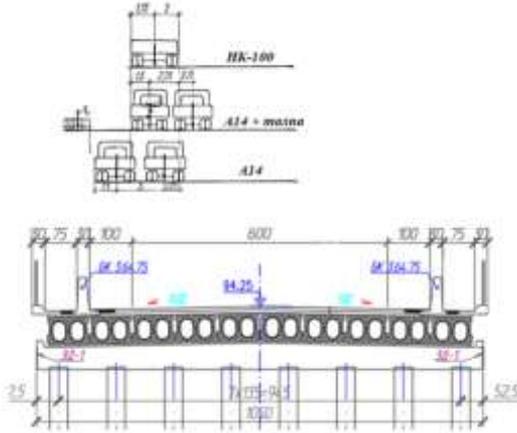
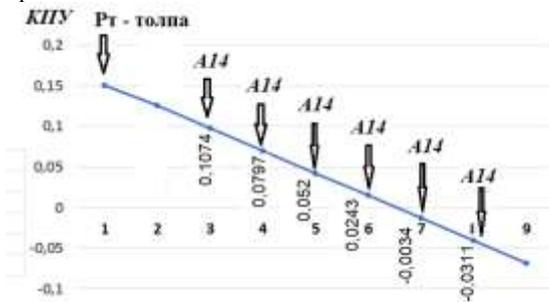


Рис. 6. Загружение пролетного строения временными нагрузками

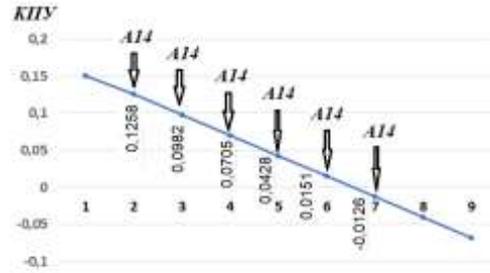
Постоянная нагрузка на 1 м длины по ширине пролетного строения получилось в виде: нормативное значение - 1,318 т/м, расчетное значение -1,635 т/м,

Временную нагрузку на пролетное строение принимаем от автотранспортных средств А14, от толпы на тротуарах и от тяжелых транспортных единиц НК-100 (рис.6). Однако, исходя из полноты проезжей части моста и учитывая требования ШНК 2.05.03-22, то автотранспортные средства будем по всей ширине проезжей части.



Ширина моста разделенная по точкам в каждые 3 м

Рис. 7. Загружение пролетного строения и ординаты линии влияния давления на плиту 1, полученная по методу внецентренного сжатия при нагружении по схеме А14+толпа



Ширина моста разделенная по точкам в каждые 3 м

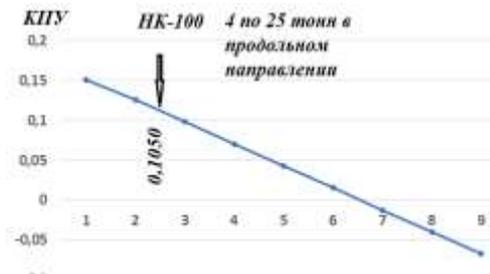
Рис. 8. Загружение пролетного строения и ординаты линии влияния давления на плиту 1, полученная по методу внецентренного сжатия при нагружении по схеме А14

Распределение временной нагрузки между плитами пролетного строения получим через метод внецентренного сжатия. В этом методе линия влияния давления на плитах пролетного строения строится по значениям ординат под крайними плитами:

$$y = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i^2}{2 \sum a_i^2}$$

где *n* – число плит в поперечном сечении моста, *n* = 10; *a_i* – расстояния между центрами тяжести симметричных относительно оси моста плит.

Ординаты линии влияния давления на крайнюю левую плиту приведена на рис. 7, 8, 9.



Ширина моста разделенная по точкам в каждые 3 м

Рис. 9. Загружение пролетного строения и ординаты линии влияния давления на плиту 1, полученная по методу внецентренного сжатия при нагружении по схеме НК-100

Коэффициенты поперечной установки определяем для нагрузки отдельно как сумму ординат линии влияния давления под центрами тяжести транспортных единиц. При нагружении линии влияния нагрузки устанавливаем в самое небезопасное положение с учетом габаритов проезда и правил расстановки осей.

Из расчета коэффициенты поперечной установки от двух полос нагрузки А14 на краю проезжей части определены:

для полосовой нагрузки

$$\text{КПУ}_A = 0,18$$

для тележек

$$\text{КПУ}_{At} = 0,229$$

Коэффициенты поперечной установки от толпы на левом тротуаре $\text{КПУ}_T = 0,151$.

Коэффициенты поперечной установки от двух полос нагрузки А-14 на краю ездового полотна определены:

для полосовой нагрузки

$$\text{КПУ}_A = 0,254$$

для тележек



$$КПУ_{АТ} = 0,34$$

Коэффициент поперечной установки от нагрузки НК-100 на краю проезжей части (расстояние от равнодействующей до края полосы безопасности 1,75 м), при этом получен $КПУК = 0,105$.

При проведении расчетов учитываются следующие расчетные коэффициенты:

коэффициенты надежности по нагрузке:

для собственного веса конструкций $\gamma_{Г1} = 1,1$;

для слоя покрытия $\gamma_{Г2} = 1,5$;

для выравнивающего, изоляционного и защитного слоев $\gamma_{Г3} = 1,3$;

для полосовой нагрузки $\gamma_{Г4} = 1,2$;

для тележки А14 при длине загрузки

$$\lambda = l_p = 8,6 \text{ м} < 30\mu\gamma_{Г4Т} = 1,5 - 0,01\lambda \\ = 1,5 - 0,01 \cdot 8,6 = 1,414;$$

для толпы на тротуаре $\gamma_{Г5} = 1,2$;

для нагрузки НК-100 $\gamma_{Г6} = 1$;

динамические коэффициенты:

для нагрузки А14 при длине загрузки $\gamma = 8,6 \text{ м}$

$$(1 + \mu)_A = 1 + \frac{45 - \lambda}{135} = 1 + \frac{45 - 8,6}{135} = 1,27;$$

для нагрузки НК-100 при $\lambda = 8,6 \text{ м} > 5 \text{ м}$
 $(1 + \mu)_K = 1,1$.

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки от толпы на тротуарах $p_{тр} = 4 - 0,02\lambda = 4 - 0,02 \cdot 8,6 = 3,828 \text{ кПа} = 0,3828 \text{ т/м}^2$.

Интенсивность полосовой нагрузки, $q_{пол} = 14 \text{ кН/м} = 1,4 \text{ т/м}$

Давление на ось тележки $P_{АТ} = 140 \text{ кН} = 14 \text{ т}$. Давление на ось спецмашины НК-100 $P_K = \frac{1000}{4} = 250 \text{ кН} = 25 \text{ т}$.

Для схемы нагружения А14+толпа напишем усилия от расчетной нагрузки для нагружения балочной плиты:

$$P_{пол} = (1 + \mu)(\gamma_{Г4} q_{пол} КПУ_A) = 1,27(1,2 \cdot 1,4 \cdot 0,18) = 0,384 \text{ т/м}$$

$$P_{тел} = (1 + \mu)(\gamma_{Г5} P_{АТ} КПУ_{АТ}) \\ = 1,27(1,414 \cdot 14 \cdot 0,229) = 4,072 \text{ т}$$

$$P_{тр} = \gamma_{Г6} p_{тр} КПУ_T = 1,2 \cdot 0,3828 \cdot 1,6 \cdot 0,151 \\ = 0,111 \text{ т/м}$$

Для схемы нагружения А14 напишем усилия от расчетной нагрузки для нагружения балочной плиты:

$$P_{пол} = (1 + \mu)(\gamma_{Г4} q_{пол} КПУ_A) = 1,27(1,2 \cdot 1,4 \cdot 0,254) = 0,542 \text{ т/м}$$

$$P_{пол} = (1 + \mu)(\gamma_{Г6} P_K КПУ_{АТ}) = 1,27(1,414 \cdot 25 \cdot 0,34) = 6,045 \text{ т/м}$$

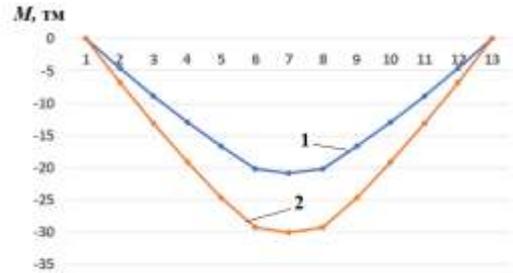
Для схемы нагружения НК-100 напишем усилия от расчетной нагрузки для нагружения балочной плиты:

$$P_{пол} = (1 + \mu)\gamma_{Г6} P_K КПУ_{АК} = 1,1(1,0 \cdot 25 \cdot 0,105) = 2,888 \text{ т}$$

Определим несущей способности балки в предельном состоянии, при этом от постоянной нагрузки на плиты:

$$M_q = \frac{1}{8} q_{общ} \times l^2 = \frac{1}{8} 1,635 \times 8,6^2 = 15,12 \text{ т} \cdot \text{м}$$

а)



б)

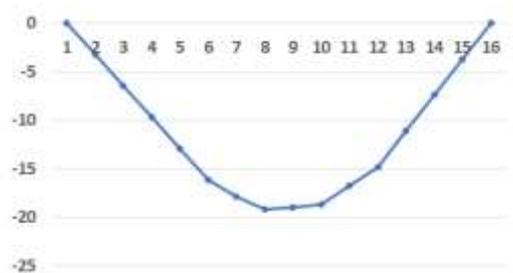


Рис. 10. Значение моментов по длине плиты по различным схемам: а) 1- А14+толпа, 2- А14, б) НК-100

При определении прочности моста по пропуску нагрузки. Сначала вычислим общий момент от постоянной и временной нагрузки и из рис.10 выбираем расчетный максимальный момент от временных нагрузок:

$$M_{врем}^{расч} = 29,97 \text{ тм}$$

$$M = M_{врем}^{расч} + M_q = 29,97 + 15,12 = 45,09 \text{ тм}$$

Сравниваем с предельным моментом, где $M_{пред} = 34,8 \text{ тм}$, тогда

$$M = 45,09 \text{ тм} > M_{пред} = 34,8 \text{ тм}$$

Следовательно, требуется усилить пролетное строение. *Усиление плит пролетного строения следует производить согласно ИКН 114-16, только в том случае если все плиты сохранились и не имеют продольные и поперечные трещины.*

3. Заключение

Для усиления моста принимаем способ наращивания плит проезжей части. При этом способе на плиту пролетных строений моста наносится новый слой армированного бетона, класс которого, как правило, назначается на одну ступень выше класса бетона плиты (рис.11). Для усиления моста следует ликвидировать «клавишную» работы плит. Предлагается наращивание плит с монолитным слоем железобетона сверху при обеспечении соответствующего сцепления поверхностей старого и нового покрытия:

1. Удаление дорожного покрытия из проезжей части мостового полотна;

2. Удаления из промежутков (шпоночных соединений) между плитами первоначального раствора замоноличивания;

3. При подготовке к бетонированию поверхность усиливаемых плит очистить и промывать водой, обеспылить и обезжирить все места, где будет соприкасаться новый и старый бетон.

4. Вставлять анкерные стержни с крюками (Г-образные) диаметром $\phi 18 \text{ мм}$ в шпоночные швы шагом



40-45 см в продольном направлении и заполнения швов полимерраствором, раствором на жидкостекольном вяжущем или бетоном после предварительной адгезионной промазки поверхностей сопрягаемых плит. Адгезионная промазка повышает прочность сцепления старого и нового бетонов. При этом не допускается приварка элементов усиления к продольной предварительно напряженной арматуре элементов перекрытий.

5. Путем выполнения новой плиты поверх старой бетонной, толщина новой плиты не должна быть менее 6 см, а ее армирование должно соответствовать армированию самостоятельно работающей плиты.

6. Устройство деформационных швов:
прокладка Компенсатора из «Линохрома»;
устройство металлической планки;

прокладка наплавляемой гидроизоляции на основе изола или на основе битумной мастики прокладка 2-х слоев толя;

устройство армированного каркаса из арматуры диаметром $\varnothing 12$ мм с ячейкой 100x100 мм (размером на ширину проезжей части и в поперечном направлении 1,5 м.

7. Для устройство накладной плиты – для этого следует устроить арматурный каркас на всю ширину проезжей части и длину моста из арматуры диаметром $\varnothing 10$ мм с ячейкой 100x100 мм (150x150 мм), как показанной на рис. 12. При этом использовать вязальную проволоку.

8. Устройства накладной плиты с заливкой бетона класса В30-В35 толщиной 8 см (на поверхность с каркасом);

9. Устройство гидроизоляционного слоя;

10. Создание арматурного каркаса защитного слоя бетона с использованием арматуры 6 мм ячейкой 100x100 мм (150x150 мм);

11. Дополнительное армирование деформационного шва арматурой 12 мм 300 x 300 мм;

12. Бетонирование защитного слоя бетона толщиной 4,0 см;

13. Укладка асфальтобетонного покрытия.

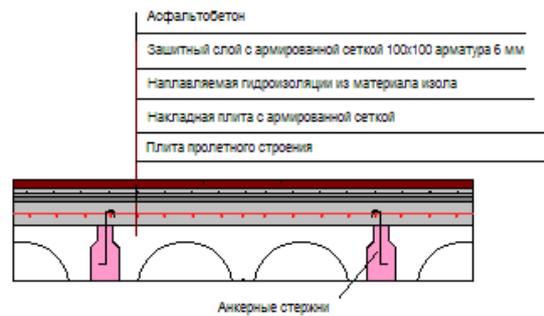


Рис. 11. Разрез мостового полотна с монолитной накладной плитой

Использованная литература / References

[1] Дементьев В.А., Волокитин В.П., Анисимова Н.А. Усиление и реконструкция мостов на автомобильных дорогах. Воронеж, 2006

[2] Рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. бетонные и железобетонные конструкции. Росавтодор, Москва, 2016

[3] Методическое пособие мастеров по эксплуатации автодорожных мостов». Российское акционерное общество «Росавтодор». Москва 1994 г.

[4] ШНК 2.05.03-22. Мосты и трубы.

[5] ИКН 100-14 «Инструкция по содержанию и текущему ремонту мостовых сооружений и водопропускных труб на автомобильных дорогах».

Информация об авторах/ Information about the authors

Миралимов Мирзахид Хамитович / Miralimov Mirzahid Khamitovich
Доцент кафедры искусственных сооружений на автомобильных дорогах государственного транспортного университета, к.т.н.,
E-mail:
mirzakhid_miralimov@yahoo.com
Tel.: + +998977250924
<https://orcid.org/0000-0003-2530-5516>



Analytical assessment of noise levels of urban vehicle flows

S.S. Sulaymanov¹^a, Z.A. Abdullaeva¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article considers the issue of theoretical assessment of the sound level of urban traffic flows. In urban environments, especially on main streets near multi-storey residential buildings, the sound level of traffic flows (noise level heard by humans in dB(A) values) is one of the most harmful factors that negatively affect human health. The physical parameters and characteristics of traffic noise were determined based on the quasi-cylindrical sound wave model and were evaluated sanitary-hygienic.

Keywords: server efficiency, default service model, request service index, request service time

Shahar avtotransport oqimlarini tovush darajasini analitik baholash

Sulaymanov S.S.¹^a, Abdullayeva Z.A.¹^b

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Mazkur maqolada shahar avtotransport oqimlari tovush darajasini nazariy baholash masalasi ko'rib chiqilgan. Shahar muhitida, ayniqsa ko'p qavatli turar-joylar yaqinidan o'tgan shoh ko'chalarda harakatlanuvchi avtomobillar oqimi tovush darajasi (dB(A) qiymatlardagi insonlar eshitadigan tovush darajasi) insonlar salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi o'ta zararli omillardan biri hisoblanadi. Avtotransport oqimlarining shovqinini fizik parametrlari va xususiyatlari kvazitsilindrik tovush to'liqlari modeliga tayangan holda aniqlandi va sanitar-gigienik baholandi.

Kalit so'zlar: avtotransport oqimi, shovqin, tovush darajasi, akustik hisoblash, masofa, shovqin, atrof-muhit muhofazasi, chora-tadbirlar

1. Kirish

Aholining yashash joylarida transport vositalarining harakati ortib borayotganligi bilan birga, ushbu harakatlar natijasida yuzaga keladigan akustik ifloslanish — ya'ni transport shovqini ham dolzarb ekologik muammolardan biri sifatida namoyon bo'lmoqda. Bu turdagi shovqin inson organizmiga, ayniqsa yurak-qon tomir tizimi, asab tizimi va umumiy psixoeemotsional holatga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, shovqin ifloslanishi inson salomatligiga ta'sir ko'rsatuvchi ikkinchi eng xavfli ekologik omil hisoblanadi (havo ifloslanishidan keyin).

Shaharsozlikda va transport infratuzilmasini loyihalashda avtomobillar oqimidan kelib chiqadigan tovush darajasini oldindan hisoblab chiqish muhim ahamiyatga ega. Bu hisob-kitoblar orqali sanitariya me'yorlariga mos keluvchi loyihaviy masofalarni belgilash, shovqinga qarshi himoya vositalarini tanlash hamda transport oqimini boshqarish strategiyasini ishlab chiqish mumkin.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, transport vositalarining turi (yengil, yuk, jamoat), harakatlanish tezligi, ularning soni, yo'lining fizik xususiyatlari (uzunlik, yo'l qoplamasi sifati) va aholi yashash joylarining yo'lga nisbatan joylashuvi umumiy tovush darajasining shakllanishiga sezilarli darajada ta'sir qiladi.

Shuningdek, ko'plab shahar aholisining shikoyatlarida eng ko'p uchraydigan omillardan biri sifatida tungi vaqtda transport shovqinining oshib ketishi qayd etilgan. Bu esa

uyqu sifati va umumiy sog'liq holatiga bevosita zarar yetkazadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Shovqin — bu inson eshitish diapazonida joylashgan tartibsiz akustik tebranishlar bo'lib, uning manbai ko'pincha mexanik harakat yoki tebranishlardir. Transport vositalari harakati natijasida paydo bo'ladigan shovqin manbai dinamik harakatdagi obyektlar, ya'ni avtomobillar, avtobuslar, yuk mashinalari va boshqalar hisoblanadi. Bu shovqin ko'cha va magistral yo'llardan atrofdagi hududlarga tarqaladi hamda insonlar salomatligi va hayot sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Transport akustikasi bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar transport shovqinining shakllanishida bir necha muhim omillar mavjudligini ko'rsatadi. Avtomobil harakati paytida yuzaga keladigan akustik energiya quyidagi asosiy manbalardan kelib chiqadi:

1. Shinalar bilan yo'l orasidagi ishqalanish — tezlik ortishi bilan shinalar tomonidan yuzaga keladigan shovqin sezilarli darajada kuchayadi. Ayniqsa asfalt sifatining yomonligi bu shovqinni yanada kuchaytiradi.

2. Aerodinamik shovqin — avtomobilning harakat tezligi ortgani sayin, uning atrofidagi havo oqimlarida turbulensiyalar yuzaga keladi va bu ham o'z navbatida shovqinga sabab bo'ladi.

Bu omillar birgalikda turli transport vositalarining shovqin chiqish darajasini belgilaydi. Xalqaro miqyosda,

^a <https://orcid.org/0000-0001-5275-5200>

^b <https://orcid.org/0009-0004-7460-9254>



ayniqsa Yevropa Ittifoqi, Rossiya Federatsiyasi va AQShda ishlab chiqilgan akustik standartlar asosida turli transport vositalari uchun o'rtacha shovqin darajalari quyidagicha aniqlangan:

- **Yengil avtomobillar** — ~80 dBA
- **Yuk avtomobillari** — ~90 dBA
- **Jamoat transporti (avtobuslar va boshqalar)** — ~86 dBA

Transport shovqini, asosan, ko'chalar va magistral yo'llar bo'ylab harakatlanuvchi vositalar orqali paydo bo'lib, uning tarqalishi bir necha muhim omillarga bog'liq:

- Transport vositalari soni (oqim zichligi)
- Avtomobil turi
- Harakat tezligi
- Yo'l qoplamasi sifati
- Binolar bilan yo'l orasidagi masofa
- Yerli relyef va landshaft xususiyatlari

Ushbu omillar shovqinning fazoda qanday tarqalishini aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Shovqin baland binolar, asfalt sifati, daraxtlar mavjudligi yoki yo'qligi kabi omillar bilan ham yutiladi yoki aks ettiriladi.



1-rasm. Transport oqimi shovqinini baholash uchun tanlangan shahar hududining sun'iy yo'ldoshdan ko'rinishi

(yo'l uzunligi: 110 m, uy-yo'l masofasi: 29.8 m)

Transport akustikasi sohasida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, avtomobil shovqini asosan dvigatel, shinalar bilan yo'l orasidagi ishqalanish va aerodinamik effektlardan hosil bo'ladi. Xalqaro ekologik va akustik

tadqiqotlar, shuningdek, Rossiya, Yevropa va AQShdagi akustika institutlari tomonidan ishlab chiqilgan metodikalarga ko'ra, shovqin tarqalishida masofa, avtomobil turi, tezlik va oqim zichligi muhim rol o'ynaydi.

Hisoblashlar Toshkent shahrida joylashgan ko'chalardan biri misolida olib borildi. Google Earth orqali yo'l uzunligi (110 m) va binogacha bo'lgan masofa (29.8 m) aniqlanib, 1 daqiqada 70 ta transport vositasi o'tishi kuzatildi. Harakat tarkibi yengil, yuk va jamoat transportlaridan iborat bo'lib, ularning tipik shovqin darajalari mos ravishda 80 dBA, 90 dBA va 86 dBA deb belgilandi.

Ushbu hisoblashlarda "Метод расчёта уровней шума транспортных потоков в открытом пространстве" ga asosan 1-, 1.1-, 1.2- va 1.3-formulalardan foydalanildi:

1-formula: transport vositalarining o'rtacha oralig'ini aniqlash uchun:

$$n = 1 + \frac{\lg \frac{l}{\pi}}{\lg r} \quad (1)$$

2.1.1-formula: shovqinning masofadagi qiymatini hisoblash:

$$L(r) = L_{7,5} - 10 \left(1 + \frac{\lg \frac{l}{\pi}}{\lg r} \right) \lg \frac{r}{7,5} \quad (2)$$

3. 1.2-formula: shovqin kamayishini baholash:

$$L(r) = L_{7,5} - 10 \left(1 + \frac{\lg \frac{l}{\pi}}{\lg r} \right) \lg \frac{r}{7,5} \quad (3)$$

4.1.3-formula: barcha manbalar shovqinining umumiy yig'indisini hisoblash

$$\Delta L_{\text{сум}}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{-n_i \lg \frac{r_i}{r_0}} \quad (4)$$

3. Natija va muhokamalar

Tanlangan 110 metrli ko'chada 1 daqiqada 70 ta avtomobil harakatlanadi. Ularning tarkibi quyidagicha:

- Yuk avtomobillari soni: **2 ta**, darajasi **90 dBA**
- Yengil avtomobillar soni: **19 ta**, darajasi **80 dBA**
- Jamoat transporti: **1 ta**, darajasi **86 dBA**
- Aholi turar joygacha masofa: **30 m**
- O'rtacha tezlik: **57 m/s**
- 1 daqiqada o'tuvchi mashinalar soni: **70 ta**

Hisoblashlar quyidagi natijalarni berdi:

$$n = 1 + \frac{\lg \frac{l}{\pi}}{\lg r} \quad (5)$$

Bu yerda:

- l — transport vositalari orasidagi o'rtacha masofa (m)
- r — hisob nuqtasigacha bo'lgan masofa (m)
- $\pi \approx 3.1416$

l ni hisoblash uchun avval N ni topamiz:

Formulada:

$Q = 70$ — 1 daqiqadagi mashina soni

60 — daqiqani soatga aylantiramiz

$L = 110$ m — yo'l uzunligi

O'rtacha masofa asosida n koeffitsiyenti:

$$n = 1 + \frac{\log_{10} \left(\frac{l}{\pi} \right)}{\log_{10}(r)} \approx 2,84 \quad (6)$$



Har bir transport vositasi uchun masofadagi shovqin 2 - formula:

$$L(r) = L_{7,5} - 10 \left(1 + \frac{\lg \frac{l}{\pi}}{\lg r} \right) \lg \frac{r}{7,5} \quad (7)$$

Bu formula har bir transport turi uchun, siz bergan L_0 qiymatlaridan foydalanib masofada shovqinning kamayishini hisoblaydi:

- Yuk avtomobil:
 $L(r)=90-7.5*2.84*\log_{10}(30) \approx 66.4\text{dBA}$
- Yengil avtomobil:
 $L(r)=80-7.5*2.84*\log_{10}(30) \approx 56.4\text{dBA}$
- Jamoat transporti:
 $L(r)=86-7.5*2.84*\log_{10}(30) \approx 62.4\text{dBA}$

Har bir transport vositasidagi shovqin kamayishi 3 - formula:

$$\Delta L = 7.5 * n * \log_{10} \left(\frac{r}{7,5} \right) \approx 12.8 \text{ dBA}$$

Umumiy shovqin kamayishini hisobga olgan holda 4 - formula:

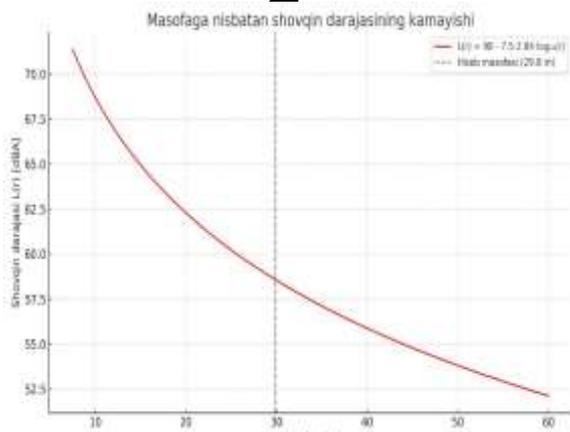
$$\Delta L_{\text{cym}}(r) = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{-n_i} \lg \frac{r_i}{r_0} \quad (8)$$

Bu yerda barcha transport vositalari (2 yuk, 19 yengil, 1 jamoat) uchun $L(r)$ qiymatlarini olamiz va ularni quyidagicha yig'amiz:

$$L_{\text{sum}} = 10 * \log_{10} (2 * 10^{0.1*66.4} + 19 * 10^{0.1*56.4} + 1 * 10^{0.1*62.4})$$

Natijada:

$$L_{\text{sum}} = 10 * \log_{10} \left(\sum 10^{0.1*L_i} \right) \approx 64.9 \text{ dBA}$$



2-rasm. Masofaning ortishi bilan tovush darajasining pasayish grafi. Model 90 dB(A) shovqin manbasi uchun hisoblangan bo'lib, tanlangan nuqtadagi masofa (29.8 m) vertikal chiziq bilan ko'rsatilgan

1-jadval

Turli transport vositalarining tovush darajasi va umumiy akustik ta'sir ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Qiymati
Transportlar orasidagi o'rtacha masofa	1628.57 m
Shovqin pasayish koeffitsiyenti (n)	2.84
Yuk avtomobili tovush darajasi (30 m da)	66.4 dB(A)
Yengil avtomobil tovush darajasi (30 m da)	56.4 dB(A)
Jamoat transporti tovush darajasi (30 m da)	62.4 dB(A)

Ko'rsatkich	Qiymati
Har bir manbadan tovush darajani kamayishi	~12.8 dB(A)
Umumiy tovush darajasi ($L(A)_{\text{sum}}$)	~64.9 dB(A)

Bu natija 30 metr uzoqlikdagi turar joy hududida transport oqimidan kelib chiqadigan tovush darajasi 64.9 dB(A) atrofida bo'lishini ko'rsatadi. Ushbu daraja ko'pgina sanitariya me'yorlariga yaqin yoki biroz yuqori hisoblanadi. Demak, agar transport oqimi ko'paydigan bo'lsa yoki masofa qisqarsa, tovush darajasi sezilarli oshadi. Shu sababli, shaharsozlikda yo'l va turar joylar orasidagi optimal masofa, akustik to'siqlar yoki yashil hududlar joylashirilishi lozim.

4. Xulosa

Ushbu tadqiqot doirasida shahar ko'chasida real vaqtda o'tkazilgan kuzatuvlar asosida transport vositalaridan chiqadigan tovush (shovqin) darajasi aniqlandi. O'lichov natijalariga ko'ra, tanlangan hisob nuqtasida **umumiy tovush darajasi 64.9 dBA** ni tashkil etdi. Bu shovqin darajasi inson salomatligi va yashash sifati uchun muhim bo'lgan me'yorlar bilan taqqoslanib baholandi.

Tadqiqot davomida quyidagi omillar shovqin darajasiga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlangan:

- Transport vositalarining turi (yengil avtomobillar, yuk mashinalari, avtobuslar va boshqalar);
- Ularning soni (ya'ni harakat zichligi);
- Transport vositalarining harakatlanish tezligi;
- Tovushni o'lchash nuqtasining yo'lga nisbatan masofasi.

Mazkur omillar har biri tovush to'liqlarining tarqalishi, ularning intensivligi va odamga yetib kelish darajasiga o'zgarish kiritadi. Misol uchun, og'ir transport vositalari ko'proq shovqin keltirib chiqaradi, yuqori tezlikda harakatlanayotgan avtomobillar esa tovush intensivligini oshiradi. Shuningdek, yo'lga yaqin joylashgan binolar va ochiq joylar tovushni to'smasligi sababli ko'proq ta'sir ko'rsatadi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib, quyidagi muhim choralarni amalga oshirish tavsiya etiladi:

1. Transport oqimini optimallashtirish
2. Akustik to'siqlar o'rnatish
3. Yashil zonalarini kengaytirish
4. Shahar rejalashtirishda akustik omillarni hisobga olish.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Николов Н.Д. Метод расчета уровней шума транспортных потоков в открытом пространстве на основе модели квазицилиндрических звуковых волн. — Институт строительной физики, технологии и логистики, София, 2009. — С. 240–245.

[2] Осипов Г.Л. (ред.). Снижение шума в зданиях и на территориях застройки. — Москва: Стройиздат, 1986. — 423 с.

[3] Прутков Б.Г. (ред.). Борьба с шумом в городах. — Москва: Стройиздат, 1987. — 244 с.



[4] Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума. — Москва: Стройиздат, 1982. — 31 с.

[5] Государственные санитарные нормы и правила Республики Узбекистан. ГСанПиН 0257-21. Уровни шума в жилых и общественных зданиях и на территории жилой застройки. — Ташкент, 2021.

[6] Korobkov V.E., Николов Н.Д. Влияние плотности транспортного потока на снижение шума на примыкающей территории. — Труды НИИ строительной физики, Москва, 1984. — С. 91–94.

[7] Google Earth Pro. Kosmik xarita va masofa o'lchovlari orqali fazoviy tahlil. — <https://earth.google.com> — (murojaat qilingan sana: 2025-yil iyul).

[8] Вылчев И. Электроакустика. — София: Техника, 1975. — 356 с.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Sulaymanov Sunanatilla Sulaymanovich Tashkent davlat transport universiteti "Texnosfera xavfsizligi" kafedrasida professori.

Tel.: +99897 775-51-79

<https://orcid.org/0000-0001-5275-5200>

Abdullayeva Zilola Tashkent davlat transport universiteti "Texnosfera xavfsizligi" kafedrasida magistri

Asqar qizi /

Abdullaeva

Zilola

Askar kizi

Email: zilolaab2000@gmail.com

Tel.: +99893 396-13-09

<https://orcid.org/0009-0004-7460-9254>



Enhanced multicriteria assessment of urban public transport infrastructure based on expert judgments and integrated evaluation metrics

K.Sh. Matrasulov¹^a, D.F. Yuldoshev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: There are numerous factors that influence the effectiveness of urban public transport infrastructure. Determining the extent to which these factors affect performance is of great importance in shaping transport policy. Therefore, this study develops a methodology for integrated assessment of transport infrastructure based on expert evaluations of seven key indicators. The proposed methodology encompasses all stages of evaluation — from determining the required number of respondents to calculating the influence of each factor and deriving the final integrated score.

Keywords: urban public transport, transport infrastructure, integral assessment, expert evaluation, sensitivity analysis, weighted indicators, multicriteria analysis, infrastructure efficiency

Shahar jamoat transporti infratuzilmasining holatini ekspert baholari asosida integral baholash

Matrasulov K.Sh.¹^a, Yo'ldoshev D.F.¹^a

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Shahar jamoat transporti infratuzilmasining holatini baholashda uning samaradorligiga ta'sir etuvchi ko'plab omillar mavjud. Ularning qay darajada ta'sir ko'rsatayotganini aniqlash, transport siyosatini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega. Shu bois, ushbu tadqiqotda transport infratuzilmasining 7 ta asosiy ko'rsatkichi bo'yicha ekspert baholari asosida integral baholash metodologiyasi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan metodologiya respondentlar sonini aniqlashdan boshlab, omillar ta'sir darajasini hisoblash va umumiy integral baho berishgacha bo'lgan bosqichlarni qamrab oladi.

Kalit so'zlar: Transport infrastructure, urban public transport, mobility levels in transport, logistic principles, modeling, hierarchical assessment

1. Kirish

Shahar jamoat transporti infratuzilmasi — zamonaviy shaharlar logistika tizimining ajralmas tarkibiy qismi hisoblanib, aholi harakatchanligi, ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda hal qiluvchi o'rin tutadi. Ushbu infratuzilmaning samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar ko'p qirrali va o'zaro bog'liq bo'lib, transport vositalarining texnik imkoniyatlaridan tortib, harakatni tashkil etish, bekatlar holati, raqamlashtirish darajasi va to'lov tizimlarining moslashuvchanligigacha bo'lgan turli parametrlarni o'z ichiga oladi. Shu sababli, jamoat transporti infratuzilmasini xolis va kompleks baholash bugungi kunda jahon transport tadqiqotlarida dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

Aksariyat ilmiy tadqiqotlar muayyan infratuzilma elementlarini yoki transport turlarini alohida tahlil qilib, kompleks yondashuvga yetarlicha e'tibor bermaydi. Shuningdek, ko'pgina baholash usullarida omillar o'rtasidagi nisbiy ta'sir darajalari inobatga olinmaydi yoki subyektiv mulohazalarga asoslanadi. Bu esa transport siyosati va strategik rejalashtirish jarayonlarida qaror qabul qilish sifatini pasaytiradi.

Ushbu tadqiqotda, ushbu muammoni hal qilish maqsadida, jamoat transporti infratuzilmasini baholashda ekspert baholari asosida indikatorlarning ta'sir darajasini aniqlash, integral indeks orqali umumiy xolatni baholash va sezgirlik tahlili orqali asosiy ustuvor yo'nalishlarni belgilash maqsad qilindi. Shu bilan birga, tadqiqotda ekspert fikrlarining ishonchliligi va muvofiqlik darajasi matematik usullar bilan aniqlanib, natijalarning ilmiy asoslanganligi ta'minlandi.

Tadqiqotning yangiligi shundaki, u nafaqat infratuzilmaviy elementlarni, balki ularning o'zaro ta'sirini ham hisobga oladigan ilmiy asoslangan integral baholash modelini taklif etadi. Bu model shahar transport infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha samarali qarorlar qabul qilishda nazariy va amaliy jihatdan muhim asos vazifasini o'taydi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqotda shahar jamoat transporti infratuzilmasining holatini baholash uchun ekspert baholari asosida integral indeksni aniqlash metodologiyasi ishlab chiqildi. Ushbu yondashuvda quyidagi bosqichlar amalga oshirildi:

^a  <https://orcid.org/0009-0004-3300-9228>

^b  <https://orcid.org/0000-0002-6042-2737>



1. Respondentlar sonini aniqlash;
2. Ekspert baholari yig'ilishi;
3. Ma'lumotlarni normallashtirish va vaznlarni hisoblash;
4. Integral indeksni aniqlash;
5. Sezgirlik tahlili.

Tadqiqotning ishonchli bo'lishi uchun baholashda ishtirok etuvchi respondentlar (ekspertlar) soni Cochran formulasi yordamida aniqlangan bo'lib, unda standart og'ish (s) pilot baholar asosida baholangan va 95% ishonch darajasi hamda ± 0.37 ball aniqlik asosida kerakli respondentlar soni 81 nafar etib belgilangan.

Shu bilan birga, respondentlar baholarining o'zaro muvofiqlik darajasi Kendall muvofiqlik koeffitsiyenti orqali baholangan va natijalarning barqarorligi variatsiya tahlili va sensitivlik tahlili orqali ilmiy jihatdan asoslangan.

Tadqiqotdagi tahlil natijalarining ishonchli bo'lishi uchun, dastlabki pilot so'rov asosida ekspert baholari orqali standart og'ish darajasi aniqlash va kerakli respondentlar sonini belgilab olish va ekspertlar tanlovini o'tkazish zarurdir.

Shahar jamoat transporti infratuzilmasining holatini baholashda tadqiqotlari uchun zarur respondentlar sonini quyidagi ifoda orqali Cochran usuli asosida aniqlash mumkin. YA'ni

$$m = \left(\frac{Z \cdot s}{e} \right)^2 \quad (1)$$

Bu yerda

m — minimal kerakli respondentlar soni (ishonch darajasi va aniqlikka asoslangan)

Z — ishonch darajasi uchun Z-ko'rsatkich (masalan, 95% uchun Z = 1.96)

s — standart og'ish (ekspert baholari tarqoqligi asosida)

e — yo'l qo'yilgan xatolik darajasi (± 0.2 yoki ± 0.25 kabi)

Har bir ko'rsatkichlar bo'yicha alohida standart og'ish darajasi (s) ni quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin. (1-ko'rsatkich bo'yicha xisoblash natijalari asosida)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.86 \quad (2)$$

Normallashtirish natijalari

Indikator	min	max	o'rtacha	vazn W _j
Yo'nalishlarga taqsimlangan avtobuslar soni, turi va tashish qobiliyati	8	10	8.93	0.199
Yo'nalish tarmoqlarining zichligi (uzunligi)	4	10	6.59	0.147
Oraliq va yakuniy bekatlar soni, ularning holati	2	10	6.99	0.156
Yo'nalishli avtobuslarning harakatini tashkil etilganlik holati	4	10	7.11	0.159
To'lov tizimi va imkoniyatlari	1	6	3.29	0.073
Tashish faoliyatining raqamlashtirilganlik darajasi	1	8	5.47	0.121
Xizmat ko'rsatishning sifat darajasi	4	10	6.40	0.144

Integral indeksni hisoblashda

Normallashtirilgan baholar va vaznlar orqali umumiy baho (integral indeks) quyidagicha hisoblanadi:

$$I_i = \sum_{j=1}^7 W_j X_{ij}^{norm} \quad (0 \leq I \leq 1) \quad (6)$$

Bundan minimal kerakli respondentlar sonini aniqlasak Xisoblashda (95% ishonch darajasi va 0.2 xatolik bilan)

$$m = \left(\frac{1.96 \cdot 0.86}{0.2} \right)^2 \approx 71$$

Tadqiqotni ishonchli va matematik asosli tarzda olib borish uchun 71 nafar respondent yetarli hisoblanadi. Bizning tadqiqotimizda 81 nafar respondent ishtirok etgan uchun natijalar ishonchli va statistik jihatdan barqaror ya'ni so'rovnomalar o'tkazilgan respondentlar soni tadqiqot maqsadi uchun kerakli respondentlar sonini qanoatlantiradi.

Ekspert baholari 1–10 shkalada berilgan. Ularni 0–1 oralig'ida quyidagi ifodaasosida normallashtirish mumkin

$$X_{ij}^{norm} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (3)$$

Bu yerda

X_{ij}: i-ekspertning j-indikator bo'yicha bahosi

min(X_j), max(X_j) joriy indikator bo'yicha eng kichik va eng katta baho.

Har bir indikatorning ahamiyat darajasi quyidagi formula orqali aniqlash mumkin.

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (4)$$

Vaznlarni normallashtirish

$$W_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^m w_j} \quad (5)$$

w_j j-indikatorning o'rtacha bahosi

W_j normallashtirilgan vazn, ya'ni integral indeksga ta'sir darajasi.

3. Natijalar

Ekspert baholari asosida olingan ma'lumotlar tahlili natijasida, shahar jamoat transporti infratuzilmasining umumiy holati 0–1 oralig'idagi integral indeks orqali ifodalandi. Har bir ekspert tomonidan baholangan individual indekslar o'rtasida o'rtacha qiymat 0.509 ga yetib, bu infratuzilmaning umumiy samaradorligi nisbatan o'rtacha darajada ekanligini ko'rsatdi.

1-jadval

Integral indeksni hisoblashda

Normallashtirilgan baholar va vaznlar orqali umumiy baho (integral indeks) quyidagicha hisoblanadi:

$$I_i = \sum_{j=1}^7 W_j X_{ij}^{norm} \quad (0 \leq I \leq 1) \quad (6)$$

Bu yerda

I_i: i-ekspert uchun umumiy indeks

(0–1 oralig'ida)



2-jadval

Integral indeks natijasi bo'yicha

Ekspert	Integral indeks /
1	0.583
2	0.515
3	0.472
4	0.503
5	0.524
...	...
81	0.508
O'rtacha	0.509

Har bir indikator integral indeksga qay darajada ta'sir qilayotganini aniqlash uchun sezgirlik tahlilini o'tkazish lozim. Uni quyidagi ifoda orqali amalga oshirish mumkin.

$$\Delta I_j = |I_{full} - I_{(-j)}| \quad (7)$$

Bu yerda

I_{full} : barcha indikatorlar ishtirokidagi indeks

$I_{(-j)}$: j-indikatorsiz hisoblangan indeks

$\Delta I_j \rightarrow$ indikator muhimligini bildiradi

ΔI bo'yicha ta'sir darajasi shkalasi (sonli ifodada) bo'yicha quyidagicha (...jadval).

3-jadval

 ΔI bo'yicha ta'sir darajasi shkalasi

ΔI oralig'i	Ta'sir darajasi nomi	Belgisi
$\Delta I \geq 0.080$	juda yuqori ta'sir	5
$0.060 \leq \Delta I < 0.080$	yuqori ta'sir	4
$0.040 \leq \Delta I < 0.060$	o'rtacha ta'sir	3
$0.020 \leq \Delta I < 0.040$	past ta'sir	2
$\Delta I < 0.020$	juda past ta'sir	1

4-jadval

Tekshirilayotgan ko'rsatkichlarning integral indeks qiymatlari va ta'sir darajasi (ΔI asosida)

№	Indikator	ΔI (o'rtacha)	Ta'sir darajasi (islon bilan)
1	Avtobuslar soni va turi	0.086	5 — juda yuqori ta'sir
2	Harakatni tashkil etish darajasi	0.057	3 — o'rtacha ta'sir
3	Bekatlar soni va holati	0.053	3 — o'rtacha ta'sir
4	Sifat darajasi	0.050	3 — o'rtacha ta'sir
5	Yo'nalish tarmoqlari zichligi	0.039	2 — past ta'sir
6	Raqamlashtirilganlik darajasi	0.029	2 — past ta'sir
7	To'lov tizimi va imkoniyatlari	0.020	2 — past ta'sir

Olib borilgan tahlil natijalariga ko'ra, shahar jamoat transporti infratuzilmasi holatiga ta'sir etuvchi 7 ta indikatorning integral indeksga bo'lgan ta'sir darajasi turlicha ekanligi aniqlandi. Ta'sir darajasi har bir indikatorni tahlildan vaqtincha chiqarib tashlash orqali integral indeksda yuzaga kelgan o'zgarish (ΔI) miqdori bilan baholandi.

4. Xulosa

Yo'nalishlarga taqsimlangan avtobuslar soni, turi va tashish qobiliyati ($\Delta I = 0.086$), Ushbu indikator jamoat transporti infratuzilmasining holatiga eng yuqori ta'sir etuvchi omil sifatida namoyon bo'ldi. Indikator tahlildan chiqarilganda integral indeksda 8.6% kamayish kuzatildi. Bu natija Yo'nalishlarga taqsimlangan avtobuslar soni, turi va tashish qobiliyatining umumiy xizmat samaradorligiga juda kuchli ta'sir ko'rsatayotganini ko'rsatadi.

Yo'nalishli avtobuslarning harakatini tashkil etilganlik darajasi ($\Delta I = 0.057$), Oraliq va yakuniy bekatlar soni, holati ($\Delta I = 0.053$), hamda Xizmat ko'rsatish sifat darajasi ($\Delta I = 0.050$), Ushbu uchta ko'rsatkich infratuzilma sifatini shakllantiruvchi o'rtacha ta'sirga ega omillar qatoriga kiradi. Ular alohida chiqarilganda integral indeks mos ravishda 5.0–5.7% gacha o'zgardi. Bu ko'rsatkichlar shahar transportining tashkillashtirilganlik darajasi, bekat infratuzilmasi va yo'lovchiga ko'rsatiladigan xizmatlar sifati transport tizimining samaradorligida muhim o'rin tutayotganini tasdiqlaydi.

Yo'nalish tarmoqlari zichligi ($\Delta I = 0.039$), raqamlashtirilganlik darajasi ($\Delta I = 0.029$), to'lov tizimi va

imkoniyatlari ($\Delta I = 0.020$). Bu ko'rsatkichlar tahlil natijasida past ta'sir darajasiga ega bo'lib chiqdi. Integral indeksdagi o'zgarish miqdori 2.0% dan 3.9% gacha bo'ldi. Bu esa ushbu infratuzilmaviy parametrlar hozircha amaldagi mexanizmlarning samarasi cheklanganligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ushbu ko'rsatkichlar keyingi islohotlar va raqamli texnologiyalarni joriy etish jarayonida o'z ta'sir darajasini oshirishi mumkin.

Sezgirlik tahlili natijalari jamoat transporti infratuzilmasini takomillashtirish bo'yicha ustuvor yo'nalishlarni aniqlash imkonini beradi. Xususan, avtobuslar soni va sig'imi, harakatni tashkil etish tartibi hamda xizmat ko'rsatish sifatini yaxshilash infratuzilma holatiga eng katta ijobiy ta'sir ko'rsatishi kutilmoqda. Ushbu tahlil natijalari asosida samarali strategik rejalashtirish va investitsion qarorlar qabul qilinishi mumkin.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 02.02.2022-yildagi "Toshkent shahri jamoat transporti tizimini yanada rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-111-son. (lex.uz/docs/5847479)

[2] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevral kuni dagi "Jamoat transporti tizimini isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-59-son.

[3] Yo'ldoshev D.F., Hududlarda aholining jamoat transporti bilan qamrov darajasi va harakatchanlikni baholash. Ilm-fan va innovatsion rivojlanish jurnali, ISSN



2181-9637, Volume 7 | Issue 4 | July – august 2024.
Toshkent.

[4] В.С.Мун., Пассажи́рские автомоби́льные перевозки. Тошкент.1990.-206 с.

[5] Ю.В. Катаева. Интегральная оценка уровня развития транспортной инфраструктуры региона. Вестник Премского университета. Премск.2013.

[6] В.С.Мун. Пассажи́рские автомоби́льные перевозки. Тошкент.1990.-206

[7] Samatov G.A., Abdullaev.B.I.- Jamoat transportida tashishni tashkil etish va boshqarish.Toshkent. 2022. – 174 s.

[8] Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М.. Академия. 2010. – 400 с.,

[9] С.А. Беляев [и др.]. (2016). Теория и практика применения корреляционно-регрессионного анализа в исследованиях – Курск: Деловая полиграфия

[10] BotirAbdullaev, DavronYuldoshev, Tolqin Muminov, and Dilmurod Axmedov (2021). Improving the method of assessing road safety at intersections of single-level highways E3S Web of Conferences 264, 05027 (2021).CONMECHYDRO

2021.<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405027>

[11] <http://www.dissercat.ru>

[12] www.tashbus.uz

[13] <https://www.mintrans.uz/>

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Matrasulov Tashkent davlat transport universiteti
Kaxramon "Transport logistikasi" kafedrasida katta
Shixnazarovich o'qituvchi
/ Matrasulov E-mail: kaxramonmatrasulov207@gmail.com
Kakhramon Tel.: (+99890) 8078207
Shikhnazarovich <https://orcid.org/0009-0004-3300-9228>

Yo'ldoshev Tashkent davlat transport universiteti
Davron Furqat "Transport logistikasi" kafedrasida
o'g'li / t.f.f.d. (Phd)
Yuldashev E-mail: davron.yoldoshev@bk.ru
Davron Furkat Tel.: (+99897) 4114169
ugli <https://orcid.org/0000-0002-6042-2737>



The role of the state support system in developing small businesses

M.M. Dadaboeva¹ ^a

¹Andijan State Technical Institute, Andijan, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes the significance of active state participation and the support system in small business development. Specifically, it examines the impact of tax incentives, unrestricted access to credit resources, simplified registration procedures, and financial and institutional assistance measures on small business entities. Against the backdrop of ongoing reforms in our country, the article highlights the share of small businesses in the economy and their role in employment and regional development. Additionally, based on international experience, proposals and recommendations are provided for improving state support mechanisms.

Keywords: small business, private entrepreneurship, state support, economic development, tax incentives, lending, employment, reforms, business environment, institutional assistance

Kichik biznesni rivojlantirishda davlat qo'llab-quvvatlash tizimining roli

Dadaboyeva M.M.¹ ^a

¹Andijon davlat texnika instituti, Andijon, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada kichik biznesni rivojlantirishda davlatning faol ishtiroki va qo'llab-quvvatlash tizimining ahamiyati tahlil qilingan. Xususan, soliq imtiyozlari, kredit resurslariga erkin kirish, yengillashtirilgan tartibda ro'yxatdan o'tkazish, moliyaviy va institutsional yordam choralarining kichik tadbirkorlik subyektlariga ko'rsatayotgan ta'siri o'rganilgan. Mamlakatimizda amalga oshirilayotgan islohotlar fonida kichik biznesning iqtisodiyotdagi ulushi, ularning bandlik va hududiy rivojlanishdagi o'rni yoritib berilgan. Shuningdek, xalqaro tajriba asosida davlat qo'llab-quvvatlash mexanizmlarini takomillashtirish bo'yicha taklif va tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: kichik biznes, xususiy tadbirkorlik, davlat qo'llab-quvvatlashi, iqtisodiy rivojlanish, soliq imtiyozlari, kreditlash, bandlik, islohotlar, biznes muhiti, institutsional yordam

1. Kirish

Temir Bozor iqtisodiyoti sharoitida kichik biznes va xususiy tadbirkorlik mamlakat iqtisodining raqobatbardosh, innovatsion va barqaror rivojlanishida muhim o'rinni egallaydi. Ushbu subyektlar iqtisodiyotning turli tarmoqlarida ish o'rinlarini yaratish, ichki bozorni diversifikatsiya qilish hamda yangi texnologiyalar va innovatsiyalarni joriy etishda strategik ahamiyatga ega. O'zbekiston Respublikasi ham tadbirkorlikni rivojlantirish, ayniqsa, kichik va o'rta biznesni kengaytirish borasida keng ko'lamli islohotlarni amalga oshirmoqda. So'nggi yillarda ushbu sohani moliyaviy, huquqiy va tashkiliy jihatdan qo'llab-quvvatlash mexanizmlari joriy qilinmoqda. Bular qatorida soliq yengilliklari, kreditlash tizimi, subsidiyalar, davlat grantlari va konsalting xizmatlari mavjud bo'lib, ular kichik tadbirkorlik subyektlarining barqaror faoliyat yuritishiga zamin yaratmoqda.

O'zbekistonda 2025-yilda bu yo'nalish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylantirilgan. Ayniqsa, 2025-yil 19-martdagi PD 50 "Kichik va o'rta biznesning iqtisodiyotdagi o'rnini oshirish choralariga doir" Prezident farmoni davlat tomonidan kichik va o'rta biznesni qo'llab quvvatlashning yangi bosqichiga asos soldi [1].

Mazkur farmon asosida quyidagilar belgilandi:

- Kichik va o'rta biznesning YaIMdagi ulushini 55 %, sanoatda va eksportda 34 %ga yetkazish; aholi bandligidagi ulushni esa 75 % darajasiga ko'tarish.

- Kamida 600 ta kichik tadbirkorlik subyektini yiriklashtirish orqali "champion" tadbirkorlikka aylantirish; 100+ ishchi ish bilan band bo'lgan korxonalar sonini 4 mingga oshirish.

- Iqtisodiyotning ichimlik-suv, yo'l va migratsiya xizmatlari kabi xizmatlar sohasi bo'yicha kichik biznes ishtirokini kamida ikki baravar oshirish.

2025-yil 1-maydan boshlab:

- Yakka tartibdagi tadbirkor sifatida ro'yxatdan o'tayotgan shaxslar uchun davlat boji bekor qilinadi;

- Oilaviy tadbirkorlik va kompleks dastur doirasida garovsiz kreditlar — 50 mln UZS va 150 mln UZSgacha beriladi;

- O'rta va yirik biznes statusiga o'tganlarga QQS summasi tezda qaytariladi (7 kun ichida).

Shuningdek, 2025-yil 1-iyuldan boshlab tadbirkorlik subyektlariga yangi qoida joriy etiladi — uch yil davomida kichik va o'rta biznes uchun majburiy yangi normativlar qabul qilish to'xtatiladi va "Birinchi imkoniyat" prinsipi asosida birinchi marta huquqbuzarlik qilganlarga ma'muriy javobgarlik qo'llanilmaydi.

Bundan tashqari, 2025-yil iyul oyidan boshlab yuqori texnologiyali ishlab chiqarish loyihalari uchun davlat

^a  <https://orcid.org/0009-0000-6608-5156>



mulkidagi bo'sh infratuzilmalarda (10 000 kv.m.gacha) 5 yilgacha bepul foydalanish imkoni beriladi.

Mazkur maqolada qayd etilgan yangi farmon va qarorlar orqali davlat tomonidan taqdim etilayotgan imtiyozlar, ular kichik biznes va tadbirkorlik muhitini qanday yaxshilayotgani, shuningdek mavjud tizimni takomillashtirish bo'yicha takliflar tahlil qilinadi. Bu esa mamlakatimizda iqtisodiy barqarorlik, bandlikni oshirish va ichki hamda tashqi bozorlarni faollashtirishda kichik biznesning o'rni va ijtimoiy salohiyatini kuchaytirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili

Kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni rivojlantirish bo'yicha so'nggi yillarda bir qator ilmiy izlanishlar va amaliy tadqiqotlar olib borilgan. Mazkur adabiyotlar asosan quyidagi yo'nalishlarda tizimlashtirilgan: davlat qo'llab-quvvatlash choralari, institutsional muhit, moliyaviy resurslarga kirish imkoniyatlari va xalqaro tajribalar.

Xalqaro ilmiy adabiyotlarda kichik biznesni rivojlantirishda davlatning roli asosan moliyaviy resurslarga kirish, huquqiy bazani mustahkamlash, innovatsion muhit yaratish va bozorga chiqish imkoniyatlarini kengaytirish kabi jihatlar orqali baholalanadi.

Avstriyalik iqtisodchi Jozef Shumpeter tadbirkorni iqtisodiy taraqqiyotning harakatlantiruvchi kuchi sifatida ko'rib, kichik biznesni innovatsiyalarning asosiy manbai deb biladi. Uning fikricha, kichik korxonalar yangi mahsulot va xizmatlarni yaratish orqali bozorni o'zgartiradi [6].

Amerikalik mutaxassis Piter Druker kichik biznesni samarali boshqaruv, mijozga yo'naltirilgan yondashuv va resurslardan maqsadli foydalanish orqali rivojlantirish zarurligini ta'kidlaydi. Druker davlat tomonidan taqdim etiladigan qo'llab-quvvatlashning samaradorligi boshqaruv tizimining sifatiga bevosita bog'liq ekanligini qayd etadi [7].

Iqtisodchi Maykl Porter raqobat ustunligi nazariyasi doirasida kichik biznesni mahalliy sanoatni sog'lomlashtiruvchi va bozor raqobatini kuchaytiruvchi omil sifatida baholaydi. U davlatning kichik biznes infratuzilmasini rivojlantirishga qaratilgan strategik yordam ko'rsatishini taklif qiladi [8].

Xalqaro tashkilotlar, jumladan, OECD va Jahon bankining "SMEs and Entrepreneurship Outlook" [5] hamda "Doing Business" hisobotlarida kichik biznesni rivojlantirishdagi davlat siyosati, reglamentlar, soliq yengilliklari va kredit resurslarining ahamiyati keng tahlil qilingan [4]. Ushbu manbalar kichik biznesning rivojlanishi uchun to'siqsiz kirish, elektron xizmatlar va imtiyozli soliq tizimini muhim omil deb belgilaydi.

MDH olimlari kichik biznesning bozor iqtisodiyotiga o'tish sharoitida shakllanishi, davlatning uning rivojlanishidagi o'rni va institutsional to'siqlarni bartaraf etish masalalariga e'tibor qaratadilar.

Rossiyalik olim A.V. Babayev kichik tadbirkorlikni rivojlantirishda ijtimoiy-iqtisodiy muhit va davlat tomonidan taqdim etiladigan infratuzilmaviy yordamning muhimligini ta'kidlaydi. U Rossiyada soliq yengilliklari va kredit-garov mexanizmlarining samaradorligini tahlil qilgan [9].

Rossiyalik tadqiqotchi E.V. Kuznetsova esa subsidiya, grant va ma'lumotlarni taqdim etish kabi "yumshoq" davlat aralashuv shakllarining kichik biznes uchun ahamiyatini qayd etadi [10].

Belaruslik olim V.I. Zubarev davlat dasturlari doirasida kichik biznesni mintaqaviy rivojlantirish, ayniqsa kam

rivojlangan hududlarda rag'batlantirish bo'yicha takliflar beradi [11].

Armanistonlik tadqiqotchi T.S. Xachaturov kichik biznes subyektlarining moliyaviy institutlar bilan o'zaro aloqalari va kredit olishdagi qiyinchiliklarga e'tibor qaratadi [12].

MDH olimlarining tadqiqotlarida asosan byurokratiya, kredit ta'minoti, garov talablari va tadbirkorlik madaniyatining pastligi kabi muammolar ko'tariladi.

O'zbekistonlik olimlar kichik biznesni rivojlantirishda davlat siyosati, moliyaviy qo'llab-quvvatlash, normativ-huquqiy baza va ijtimoiy natijalar masalalarini ilmiy asosda o'rganadilar.

X. Xolboev va A. Qurbonov kichik biznesni moliyaviy qo'llab-quvvatlashning asosiy shakllari — bank kreditlari, subsidiya, lizing va davlat kafolatlarini tahlil qilib, kredit olishdagi to'siqlar, xususan garov ta'minoti va foiz stavkalarining yuqoriligi muammolarini ko'rsatib berganlar [13].

S. Raxmatov innovatsion tadbirkorlikni rivojlantirish, raqamli texnologiyalarni kichik biznesga joriy qilish va davlat tomonidan texnoparklar hamda inkubatorlar orqali qo'llab-quvvatlashni o'rganadi [14].

B. Yusupov ijtimoiy tadbirkorlikka e'tibor qaratib, "Ayollar daftari", "Yoshlar — kelajagimiz", "Har bir oila — tadbirkor" kabi davlat dasturlari orqali bandlik va daromadlarni oshirishga oid ilmiy izlanishlar olib boradi [15].

Prezident farmonlari va Vazirlar Mahkamasining qarorlari, jumladan PQ-208, PF-50 hamda "Yoshlar daftari" bo'yicha qabul qilingan normativ-huquqiy hujjatlar, davlat qo'llab-quvvatlash tizimini yanada takomillashtirish va uning samaradorligini oshirishga qaratilgan muhim mexanizmlar sifatida faol tatbiq etilmoqda. Ushbu hujjatlar kichik biznes subyektlariga moliyaviy resurslarga erkinroq kirish, soliq yukini kamaytirish, innovatsiyalarni joriy etish va ijtimoiy himoya tizimini mustahkamlash imkoniyatlarini yaratishga xizmat qilmoqda.

Ushbu normativ-huquqiy hujjatlarining amalga oshirilishi amaliyotda kichik biznesning moliyaviy barqarorligini oshirish, yangi ish o'rinlari yaratish va iqtisodiy faollikni rag'batlantirishda o'zining ijobiy natijalarini ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, olimlar va mutaxassislar tomonidan mazkur farmon va qarorlarning samaradorligi, ularning joriy iqtisodiy sharoitga moslashuvi hamda amaliy qo'llanilishining istiqbollari doimiy ravishda tahlil qilinib, takomillashtirish yo'nalishlari ishlab chiqilmoqda.

Mazkur adabiy tahlil shuni ko'rsatadiki, kichik biznesni rivojlantirish bo'yicha yetarli ilmiy va amaliy baza mavjud bo'lsa-da, ayrim masalalar — xususan, institutsional qo'llab-quvvatlash samaradorligi, moliyaviy yondashuvlarning hududlar bo'yicha differensial tahlili kabi jihatlar yanada chuqur tadqiq etilishini talab qiladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqotning maqsadi — kichik biznesni rivojlantirishda davlat qo'llab-quvvatlash tizimining rolini aniqlash, davlat tomonidan qo'llanilayotgan chora-tadbirlarning iqtisodiy samaradorligini baholash hamda ushbu tizimni yanada takomillashtirish yo'nalishlarini aniqlashdir. Mazuni ilmiy o'rganish jarayonida xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan yaratilgan ilmiy adabiyotlar,



maqolalar, davlat dasturlari va rasmiy hujjatlar tahlil qilindi. Shuningdek, statistik ma'lumotlar, mantiqiy tahlil usullari hamda solishtirma tahlil qo'llanildi. Ushbu metodlar tadqiqotning ishonchliligi va aniqligini ta'minlashga xizmat qildi.

3. Muhokama va natijalar

Tadqiqot jarayonida to'plangan statistik ma'lumotlar, jadvallar va grafiklar asosida kichik biznesni rivojlantirishda davlat qo'llab-quvvatlash tizimining samaradorligi puxta tahlil qilindi. Olingan natijalar davlat siyosatining kichik tadbirkorlik subyektlarining moliyaviy holatini yaxshilash, yangi ish o'rinlarini yaratish hamda innovatsion faoliyatni rag'batlantirishda muhim rol o'ynayotganini ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, tizimdagi mavjud muammolar va kamchiliklar aniqlanib, ularni bartaraf etish uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

1. Kreditlash va moliyaviy qo'llab-quvvatlash samarasi

Kreditlash va moliyaviy qo'llab-quvvatlash kichik biznesni rivojlantirishda eng muhim omillardan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, so'nggi yillarda davlat tomonidan ajratilayotgan kreditlar hajmi sezilarli darajada oshib, bu kichik korxonalar uchun moliyaviy resurslarga kirishni kengaytirgan. Masalan, 2018-yildan 2024-yilgacha kreditlar miqdori 1500 mlrd so'mdan 3800 mlrd so'mga yetganligi, shuningdek, yangi ish o'rinlari sonining ortishi bu qo'llab-quvvatlashning ijobiy natijasini tasdiqlaydi (1-jadval).

1-jadval

O'zbekiston Respublikasi bo'yicha kichik biznesga ajratilgan kreditlar va yaratilgan yangi ish o'rinlari (2018–2024)

Yillar	Kreditlar (mlrd so'm)	Yangi ish o'rinlari (ming)
2018	1500	20
2019	1800	25
2020	2100	28
2021	2500	35
2022	3000	42
2023	3500	50
2024	3800	55

Ushbu ma'lumotlarga ko'ra, davlat tomonidan kichik biznesga ajratilgan kreditlar hajmi ortishi bilan yangi ish o'rinlari soni ham sezilarli darajada oshmoqda. Masalan, 2018-yilda 1500 mlrd so'm miqdorida ajratilgan kreditlar natijasida 20 ming yangi ish o'ri yaratilgan bo'lsa, 2023-yilda kreditlar hajmi 3500 mlrd so'mga yetib, yangi ish o'rinlari soni 50 mingga ko'tarilgan. Bu esa davlat moliyaviy qo'llab-quvvatlashining kichik biznesni rivojlantirishda samarali ekanligini tasdiqlaydi.

Bundan tashqari, kreditlar hajmining har yili o'sish sur'ati kichik biznes sektorining kengayishiga va iqtisodiy faollikning oshishiga yordam bermoqda. 2020-yilgi pandemiya davrida ham davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash choralari saqlanib qolgan va iqtisodiyotdagi inqiroz ta'sirini yumshatishga xizmat qilgan.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida aniqlanishicha, kreditlar olish jarayonida mavjud bo'lgan ma'muriy to'siqlar va garov tizimidagi murakkabliklar tadbirkorlar uchun muhim muammolar sifatida qolmoqda. Bu holat davlat qo'llab-quvvatlash tizimini yanada soddalashtirish va kredit olish shartlarini yumshatishni talab etadi.

Xulosa qilib aytganda, davlat tomonidan ajratilayotgan kreditlar kichik biznes subyektlarini moliyalashtirishda hal qiluvchi rol o'ynaydi va iqtisodiy o'sishga bevosita ta'sir qiladi. Shu bois, kredit qo'llab-quvvatlash tizimini takomillashtirish va to'siqlarni bartaraf etish kichik biznesni yanada rivojlantirish uchun muhim vazifa hisoblanadi.

2. Soliq imtiyozlari ta'siri

Soliq imtiyozlari — kichik biznes subyektlariga davlat tomonidan beriladigan moliyaviy rag'batlantiruvchi mexanizmlardan biridir. Ular tadbirkorlik faoliyatini boshlash, kengaytirish va barqaror rivojlantirishda muhim rol o'ynaydi. O'zbekiston sharoitida bu imtiyozlar kichik va o'rta biznes (KO'B) uchun nafaqat iqtisodiy yengillik, balki raqobatbardoshlikni oshirish vositasi sifatida qaraladi.

O'zbekistonda kichik biznes subyektlari uchun quyidagi soliq yengilliklari amalda qo'llaniladi:

- Yagona soliq stavkasi (ayrim faoliyat turlariga nisbatan);

- QQSdan vaqtincha ozod etish (ayrim toifadagi yangi subyektlar uchun);

- Yer va mulk solig'idan ozod qilish (startaplar yoki muayyan hududlardagi subyektlar uchun);

- Ijtimoiy soliq stavkalarining pasaytirilgan shakli;

2023-yil yakunlariga ko'ra, O'zbekistonda kichik biznes subyektlarining 75 foizi soliq imtiyozlaridan foydalangan. Bu ko'rsatkich 2018-yildagi 40 foiz bilan solishtirilganda, qariyb 87,5% o'sishni tashkil etgan. Quyidagi omillar bu o'sishga sabab bo'lgan:

- davlat siyosatining tadbirkorlikni qo'llab-quvvatlashga yo'naltirilgani;

- "Har bir oila – tadbirkor", "Yoshlar – kelajagimiz", "Ayollar daftari" kabi ijtimoiy dasturlarning kengayishi;

- raqamlashtirish natijasida imtiyozlarga ariza topshirish jarayonining soddalashtirilishi;

- soliq organlarining ma'lumot berish faoliyatining yaxshilanishi.

Soliq imtiyozlari quyidagi ijobiy ta'sirlarni keltirib chiqargan:

- Yangi ish o'rinlarining yaratilishi: 2018–2024-yillarda kichik biznes tomonidan yaratilgan yangi ish o'rinlari soni 20 mingdan 55 mingga oshgan. Bu iqtisodiyotning bandlik darajasini oshirishga xizmat qilgan.

- Moliyaviy barqarorlik: Imtiyozlar hisobiga kichik biznes subyektlarining sof foydasi va aylanma mablag'lari o'sgan. Bu ularga o'z faoliyatini kengaytirish imkonini bergan.

- Soya iqtisodiyotini kamaytirish: Imtiyozlar orqali qonuniy faoliyat yuritish yanada jozibador bo'lib, soliqdan bo'yin tovlash holatlari kamaygan.

Shunga qaramay, soliq imtiyozlari bilan bog'liq ayrim muammolar ham mavjud:

- Imtiyozlar to'g'risidagi ma'lumotlarning ba'zi tadbirkorlarga yetib bormasligi;

- Ayrim imtiyozlar faqat ma'lum faoliyat yoki hududlar uchun cheklangan bo'lishi;

- Imtiyozlar muddatining qisqaligi va uzaytirish mexanizmining noaniqligi;

- Soliq yengilliklaridan noto'g'ri foydalanish holatlari (ayrim korxonalar imtiyozlar orqali foyda olish

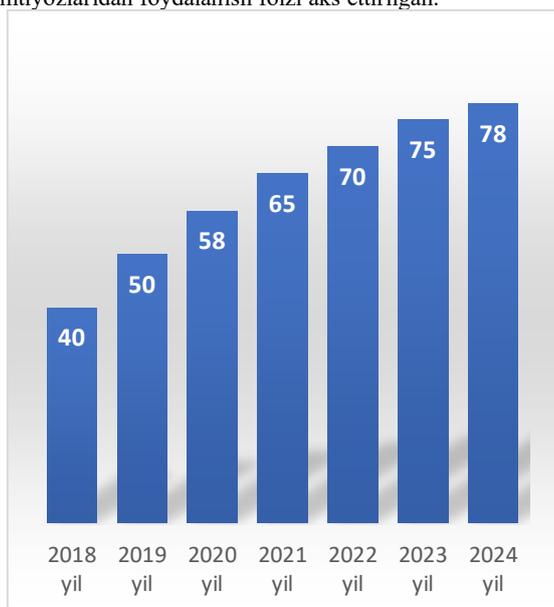


uchun sun'iy ravishda kichik biznes ko'rinishida ro'yxatdan o'tadi).

Soliq imtiyozlari kichik biznesni rivojlantirishda muhim rol o'ynaydi, ammo ular kompleks yondashuv bilan qo'llanilishi kerak. Quyidagi tavsiyalar muhim:

- Imtiyozlar to'g'risidagi ochiq axborot tizimlarini kengaytirish;
- Imtiyozlarning uzoq muddatli va barqaror shakllarini ishlab chiqish;
- Tadbirkorlar bilan interaktiv muloqot orqali imtiyozlarni takomillashtirish;
- Nazorat va monitoring mexanizmlarini kuchaytirish orqali imtiyozlarning maqsadli ishlatilishini ta'minlash.

O'zbekistonda kichik biznes subyektlarini qo'llab-quvvatlash maqsadida turli soliq imtiyozlari joriy etilgan bo'lib, ularning amaliy samaradorligini aniqlash uchun ushbu imtiyozlardan foydalanish darajasini statistik tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Quyidagi rasmda 2018–2023-yillar davomida kichik biznes vakillarining soliq imtiyozlaridan foydalanish foizi aks ettirilgan.



1-rasm. Kichik biznesda soliq imtiyozlaridan foydalanish foizi va uning o'sish dinamikasi (2018–2023-yillar)

Tahlil natijalariga ko'ra, 2018-yilda kichik biznes subyektlarining atigi 40 foizi soliq imtiyozlaridan foydalangan bo'lsa, bu ko'rsatkich 2023-yilga kelib 75 foizga yetgan. Bu esa soliq siyosatidagi izchil islohotlar, imtiyozlarni taqdim etish tartibining soddalashtirilishi va tadbirkorlik subyektlari o'rtasida bu imkoniyatlar haqida xabardorlik darajasining oshgani bilan izohlanadi.

Ushbu davr mobaynida quyidagi ijobiy o'zgarishlar kuzatilgan:

- 2018–2019-yillar: Soliq yengilliklaridan foydalanuvchilar ulushi 40 foizdan 50 foizga oshgan. Bu davrda kichik biznes uchun yangi qo'llab-quvvatlash mexanizmlari joriy etila boshlagan.
- 2020–2021-yillar: Pandemiya sharoitida kichik biznesni moliyaviy jihatdan himoya qilish zarurati ortib, soliq imtiyozlarining ahamiyati keskin oshdi. Natijada foydalanuvchilar ulushi 58% dan 65% gacha ko'tarildi.
- 2022–2023-yillar: Soliq siyosatida raqamlashtirish jarayonlarining jadal kechishi, elektron ariza topshirish

tizimlarining joriy etilishi imtiyozlardan foydalanish qulayligini sezilarli darajada oshirdi.

Bu dinamik o'sish kichik biznes subyektlari uchun yaratilgan ijobiy soliq muhitining samarali bo'lganini ko'rsatadi. Ayniqsa, imtiyozlar orqali kichik biznes korxonalarining moliyaviy barqarorligi mustahkamlanib, ularning yangi ish o'rinlari yaratishdagi salohiyati ortdi. Masalan, 2018–2024 yillar davomida yangi ish o'rinlari soni 20 mingdan 55 mingga oshdi (qarang: 1-jadval).

Tahlil shuni ko'rsatadiki, soliq imtiyozlari kichik biznesni qo'llab-quvvatlashning samarali vositalaridan biri bo'lib, nafaqat korxonalarining iqtisodiy barqarorligini mustahkamlaydi, balki mamlakatda bandlik darajasini oshirish, norasmiy iqtisodiyotni qisqartirish va investitsion muhitni yaxshilashga ham xizmat qiladi. Kelgusida soliq imtiyozlarining uzoq muddatli va strategik asosda takomillashtirilishi kichik biznesning raqobatbardoshligini yanada oshirishga zamin yaratadi.

3. Innovatsion qo'llab-quvvatlashning o'sish sur'atlari va kichik biznes rivojiga ta'siri

Zamonaviy iqtisodiyotda kichik biznes subyektlarining muvaffaqiyatli faoliyat yuritishi nafaqat moliyaviy resurslar, balki innovatsion salohiyat, yangi texnologiyalarni joriy etish va ilm-fan yutuqlaridan foydalanish bilan ham bevosita bog'liqdir. Shu bois, O'zbekistonda kichik biznesni rivojlantirishda innovatsion qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining kengaytirilishi davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylangan.

Quyidagi jadvalda 2018–2023 yillar davomida mamlakatda tashkil etilgan inkubatorlar, texnoparklar, innovatsion grantlar hamda amalga oshirilgan innovatsion loyihalar soni aks ettirilgan:

2-jadval

O'zbekistonda kichik biznesni innovatsion qo'llab-quvvatlash mexanizmlari (2018–2023)

Yil	Inkubatorlar soni	Texnoparklar soni	Grantlar soni	Innovatsion loyihalar soni
2018	5	2	30	15
2019	7	3	45	22
2020	9	4	60	35
2021	12	5	80	50
2022	15	7	95	65
2023	18	9	110	80

- Inkubatorlar soni 2018-yildagi 5 tadan 2023-yilda 18 taga yetgan bo'lib, bu sohada 260% dan ortiq o'sish kuzatilgan. Inkubatorlar startap loyihalarni quvvatlash, yosh tadbirkorlarni yo'lga qo'yish va yangi g'oyalarni tijoratlashtirishda muhim rol o'ynamoqda.

- Texnoparklar soni esa 2 tadan 9 tagacha ko'paygan. Texnoparklar kichik biznes va ilmiy-tadqiqot muassasalari o'rtasidagi integratsiyani kuchaytirib, ishlab chiqarish texnologiyalarining zamonaviylashuviga xizmat qilmoqda.

- Innovatsion grantlar soni 5 yil ichida 30 tadan 110 taga yetgan. Bu — kichik biznes subyektlari tomonidan innovatsion faoliyatni boshlash yoki kengaytirish uchun ajratilayotgan bevosita moliyaviy yordam hajmining sezilarli darajada ko'payganidan dalolat beradi.



• Innovatsion loyihalar soni esa 2018-yildagi 15 tadan 2023-yilga kelib 80 taga yetgan bo'lib, bu sohaga qiziqish ortib borayotganini va amaliy faoliyatga tatbiq etilayotgan innovatsiyalarning soni keskin oshganini ko'rsatadi.

Ushbu ko'rsatkichlar O'zbekistonda kichik biznesni texnologik jihatdan rivojlantirishga qaratilgan davlat siyosatining izchil amalga oshirilayotganini ko'rsatadi. Inkubatorlar va texnoparklar orqali kichik biznes subyektlari:

- ilmiy tadqiqotlar bilan bevosita hamkorlikda ishlash imkoniyatiga ega bo'lmoqda;
- innovatsion mahsulotlar yaratish, sinovdan o'tkazish va tijoratlashtirish imkoniyatlarini kengaytirmoqda;
- ichki va tashqi bozorda raqobatbardoshligini oshirmoqda.

Bundan tashqari, grantlar orqali innovatsion loyihalarni moliyalashtirish kichik korxonalar uchun tashqi investitsiyalarni jalb qilish imkonini ham yaratmoqda. Innovatsion muhitning rivojlanishi yoshlar va ayollar tadbirkorligining faollashuviga ham xizmat qilmoqda.

O'rganilgan davr ichida innovatsion infratuzilma va qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining o'sish sur'atlari kichik biznes uchun yangi imkoniyatlar yaratganini ko'rsatadi. Ushbu ko'rsatkichlarning muntazam oshib borayotgani, kichik biznesning texnologik jihatdan takomillashuviga ijobiy ta'sir ko'rsatib, milliy iqtisodiyotda yuqori qo'shilgan qiymatli mahsulotlar ulushining ortishiga xizmat qilmoqda. Kelgusida ushbu mexanizmlarni hududiy va tarmoq kesimida yanada diversifikatsiya qilish, hamda xalqaro innovatsion tarmoqlarga integratsiyalashish imkoniyatlarini kuchaytirish tavsiya etiladi.

Muammolar va kamchiliklar

O'tkazilgan statistik tahlillar natijasida aniqlanishicha, kichik biznes subyektlari uchun kredit olish jarayonida mavjud bo'lgan byurokratik to'siqlar va garov talablarining og'irligi muhim to'siq sifatida qolmoqda. So'rovnomalar ko'rsatkichlariga ko'ra, tadbirkorlarning taxminan 38% moliyaviy resurslarga erishishda qiyinchiliklarga duch kelmoqda. Bu holat kichik biznesning rivojlanish sur'atlarini sekinlashtirmoqda va ularning raqobatbardoshligini pasaytiradi.

Shuningdek, raqamli texnologiyalarni keng joriy etish borasida malakali kadrlarning yetishmasligi asosiy muammolardan biri sifatida aniqlangan. Bu esa innovatsion loyihalar va texnologiyalarni samarali qo'llash imkoniyatlarini cheklaydi hamda kichik biznesning texnologik taraqqiyotiga to'sqinlik qiladi.

Statistik ma'lumotlar va grafik tahlillar natijalari shuni ko'rsatadiki, davlat tomonidan kichik biznesni qo'llab-quvvatlash tizimi o'zining samaradorligini isbotlagan. Kreditlash hajmining oshishi va soliq imtiyozlarining kengaytirilishi kichik korxonalar faoliyatining kengayishiga ijobiy ta'sir ko'rsatmoqda. Innovatsion inkubatorlar, texnoparklar va grantlar esa yangi texnologiyalarni joriy qilish va tatbiq etishda muhim rag'batlantiruvchi omil hisoblanadi.

Biroq, byurokratik to'siqlarni bartaraf etish va moliyaviy resurslarga erkin kirishni ta'minlash masalalari hali ham dolzarbdir. Shuningdek, raqamli transformatsiya jarayonida malakali kadrlarni tayyorlash va jalb qilish bo'yicha tizimli ishlarni kuchaytirish zarur. Tadqiqot natijalari asosida davlat qo'llab-quvvatlash tizimini yanada takomillashtirish, shu jumladan, kredit berish mexanizmlarini soddalashtirish va

innovatsion salohiyatni oshirishga qaratilgan tavsiyalar ishlab chiqildi.

4. Xulosa va takliflar

O'tkazilgan tahlillar va statistik ma'lumotlarga ko'ra, davlat tomonidan kichik biznesni qo'llab-quvvatlash tizimi mamlakat iqtisodiyotida muhim rol o'ynaydi. Kreditlash hajmining oshishi, soliq imtiyozlarining kengayishi hamda innovatsion inkubatorlar, texnoparklar va grantlar orqali berilayotgan yordam kichik biznes subyektlarining faoliyatini kengaytirish, yangi ish o'rinlari yaratish va raqobatbardoshlikni oshirishga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda.

Shu bilan birga, tadqiqotlar byurokratik to'siqlar, kredit olishdagi garov talablarining yuqoriligi va malakali kadrlar yetishmasligi kabi muammolar mavjudligini ko'rsatdi. Ushbu kamchiliklar kichik biznesning samarali rivojlanishiga to'sqinlik qilmoqda.

Takliflar:

1. Kreditlash tizimini soddalashtirish va byurokratik to'siqlarni kamaytirish: Kredit olish jarayonlarini yanada shaffof va tezlashtirish uchun davlat organlarida elektron xizmatlar tizimini kengaytirish va hujjatlar almashtirishni avtomatlashtirish zarur.

2. Garov talablari va foiz stavkalarini qayta ko'rib chiqish: Kichik biznes subyektlari uchun qulay garov tizimini yaratish va kredit foizlarini kamaytirish bo'yicha maxsus dasturlar ishlab chiqish lozim.

3. Malakali kadrlarni tayyorlash va rag'batlantirish: Raqamli texnologiyalar va innovatsiyalar sohasida mutaxassislar tayyorlash uchun malaka oshirish kurslari, treninglar va grantlarni kengaytirish zarur.

4. Innovatsion infratuzilmani yanada rivojlantirish: Texnoparklar, inkubatorlar va innovatsion markazlarning sonini ko'paytirish, ularni moliyaviy va ma'muriy jihatdan qo'llab-quvvatlash.

5. Soliq imtiyozlarini kengaytirish va samaradorligini oshirish: Kichik biznes uchun soliq imtiyozlari doirasini kengaytirish va imtiyozlardan foydalanishni osonlashtirishga qaratilgan chora-tadbirlarni kuchaytirish.

6. Tadbirkorlik madaniyatini oshirish: Kichik biznesni rivojlantirish uchun aholi orasida tadbirkorlikni rag'batlantirish, axborot kampaniyalari va treninglar tashkil etish zarur.

Ushbu takliflar davlat siyosatini yanada takomillashtirishga, kichik biznes subyektlarining barqaror o'sishini ta'minlashga va mamlakat iqtisodiyotining mustahkam poydevorini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 19-martdagi PF-50-sonli Farmoni "Kichik va o'rta biznesning iqtisodiyotdagi o'rnini oshirish choralari ga doir".

[2] O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining PQ-208-sonli Qarori, 2023-yil.

[3] O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. Kichik biznes va xususiy tadbirkorlikka oid statistik ma'lumotlar (2018-2024-yillar). www.stat.uz

[4] "Doing Business" 2020-2023 hisobotlari. Jahon banki. www.doingbusiness.org



[5] OECD (2023). "SMEs and Entrepreneurship Outlook". Organisation for Economic Co-operation and Development.

[6] Shumpeter, J. (1934). The Theory of Economic Development. Harvard University Press.

[7] Drucker, P. (1985). Innovation and Entrepreneurship. Harper & Row.

[8] Porter, M. (1998). The Competitive Advantage of Nations. The Free Press.

[9] Babayev, A.V. (2021). "Razvitie malogo predprinimatel'stva v Rossii: problemy i perspektivy". Moskva: Ekonomika.

[10] Kuznetsova, E.V. (2020). "Gosudarstvennaya podderzhka malogo biznesa: forma i effektivnost". Ekonomicheskie nauki, №3.

[11] Zubarev, V.I. (2019). "Regionlar kesimida kichik biznesni rivojlantirish strategiyalari". Minsk: Belarus davlat iqtisodiyot universiteti nashriyoti.

[12] Xachaturov, T.S. (2021). "Moliyaviy institutlar va kichik biznes: Armaniston tajribasi". Yerevan iqtisodiyot jurnali, №2.

[13] Xolboev X., Qurbonov A. (2020). "Kichik biznesni moliyaviy qo'llab-quvvatlash mexanizmlari". Iqtisodiyot va innovatsiya, №4.

[14] Raxmatov S. (2022). "Innovatsion tadbirkorlik va raqamli transformatsiya". Ilm-fan va taraqqiyot, №1.

[15] Yusupov B. (2023). "Ijtimoiy tadbirkorlikni qo'llab-quvvatlashning zamonaviy yo'llari". Tadbirkorlik va biznes rivoji, №2.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Dadaboyeva Marguba	Andijon davlat texnika instituti "Iqtisodiyot" kafedrasida dotsenti
Mamasoliyevna / Dadaboeva Marguba	E-mail: dadaboyevamarguba1982@gmail.com
Mamasoliyevna	Tel.: +998979934660 https://orcid.org/0009-0000-6608-5156



Concrete production based on metallurgical waste

Kh.A. Mamatov¹, M.A. Murodilova¹  ^a

¹Fergana state technical university, Fergana, Uzbekistan

Abstract: This article discusses the use of secondary resources generated by industrial enterprises in the production of construction materials. It analyzes the potential of processing slag and other similar waste from the metallurgical industry to produce new, environmentally friendly construction products. Such technologies help reduce the consumption of natural resources and facilitate waste utilization. The study examines the technical characteristics, economic efficiency, and environmental advantages of concrete produced from metallurgical waste. According to statistical data, such concrete products are 20–30% cheaper than conventional concrete and are competitive in the market. Furthermore, reusing waste in construction reduces the amount of harmful substances released into the environment. This approach aligns with the zero-waste production concept by converting industrial waste into valuable products. As a result, it creates opportunities for achieving economically and environmentally sustainable development.

Keywords: Construction, enterprise, industrial waste, metallurgy, cement, building materials, types of concrete

Metallurgik chiqindilar asosida beton ishlab chiqarish

Mamatov X.A.¹, Murodilova M.A.¹  ^a

¹Farg'ona davlat texnika universiteti, Farg'ona, O'zbekiston

Annotatsiya: Mazkur maqolada sanoat korxonalarining faoliyati natijasida hosil bo'ladigan ikkilamchi resurslardan qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanish masalalari yoritilgan. Metallurgiya sanoatida yuzaga keladigan shlak va boshqa shu kabi chiqindilarni qayta ishlash orqali yangi, ekologik toza qurilish mahsulotlari olish imkoniyati tahlil qilingan. Bunday texnologiyalar tabiiy resurslar iste'molini kamaytirish va chiqindilarni utilizatsiya qilishga yordam beradi. Tadqiqotda metallurgik chiqindilardan tayyorlangan betonlarning texnik xususiyatlari, iqtisodiy samaradorligi va ekologik afzalliklari ko'rib chiqilgan. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, bunday beton mahsulotlari an'anaviy betonlarga nisbatan 20–30% arzon bo'lib, bozorda raqobatbardoshdir. Shuningdek, chiqindilarni qurilishda qayta ishlatish orqali atrof-muhitga chiqariladigan zararli moddalar hajmi kamayadi. Ushbu yondashuv sanoat chiqindilarini foydali mahsulotga aylantirish orqali chiqindisiz ishlab chiqarish konsepsiyasiga mos keladi. Natijada, iqtisodiy va ekologik jihatdan barqaror rivojlanishga erishish imkoniyati yaratiladi.

Kalit so'zlar: Qurilish, korxonalar, sanoat chiqindilari, metallurgiya, sement, qurilish materiallari, beton turlari

1. Kirish

Bugungi kunda ilm-fan va texnologiyalar misli ko'rilmagan sur'atlarda rivojlanmoqda. Bu jarayon sanoat sohalarida, xususan qurilish materiallari ishlab chiqarishda yangi, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali yondashuvlarni talab qilmoqda. Xususan, metallurgiya sanoatida hosil bo'ladigan chiqindilar – shlaklar, changlar, shlamlar va boshqa ikkilamchi mahsulotlar – uzoq yillar davomida tashlandiq yoki zararli moddalar sifatida qaralgan. Ammo hozirgi kunda bu chiqindilarni qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlarida bog'lovchi va to'ldiruvchi sifatida qayta ishlash istiqbollari keskin ortib bormoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yiliga dunyo bo'yicha 1,5 milliard tonnadan ortiq metallurgik chiqindi hosil bo'ladi, shundan katta qismi qayta ishlanmasdan to'g'ridan-to'g'ri poligonlarga yo'naltiriladi. Bunday yondashuv nafaqat ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, balki iqtisodiy jihatdan ham samarasizdir. Shu sababli, metallurgik

chiqindilarni qurilish sanoatida bog'lovchi va to'ldiruvchi sifatida qayta ishlash istiqbollari tobora ortib bormoqda.

Metallurgik chiqindilardan tayyorlangan beton mahsulotlari ekologik xavfsiz, iqtisodiy jihatdan tejimli hamda texnik ko'rsatkichlari bilan raqobatbardosh hisoblanadi. Tadqiqotlarga ko'ra, bunday betonlarning ishlab chiqarish tannarxi an'anaviy betonlarga nisbatan 20–30 foizga past bo'ladi. Shu bilan birga, chiqindilarni qurilishda qayta ishlatish orqali atrof-muhitga chiqarilayotgan zararli moddalar hajmini kamaytirish, tabiiy resurslar sarfini optimallashtirish va sanoat chiqindilarini utilizatsiya qilish kabi muhim ekologik masalalarga ham yechim topiladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Bugungi kunda, qattiq chiqindilarning yillik yig'ilishi tez sur'atlarda ortmoqda. Masalan, AQShda har yili 4,5 million tonna, Yevropa davlatlarida 7,2 milliard tonna, Yaponiyada 1,3 milliard tonna va MDH mamlakatlarida

^a  <https://orcid.org/0009-0007-1478-2671>



2000-yilda 140–150 million tonnaga yetgan [1]. Mutaxassislar fikriga ko'ra, har yili atmosferaga 4 million tonna zararli modda chiqariladi, ulardan 50% karbonat angidrid, 15% karbonat oksidi, 14% sulfat oksidi, 9% azot oksidi, 8% qattiq moddalardir. Iqlim o'zgarishining natijasi sifatida dengiz sathining ko'tarilishi yuzlab million kishilar uchun xavf tug'diradi.

Shu omillarni hisobga olgan holda, Respublikamizning barcha hududlarida qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish maqsadida samarali tashabbuslar amalga oshirilmoqda. Ikkilamchi resurslardan xomashyo sifatida foydalanish iqtisodiy va ekologik jihatdan foydalidir. Ko'pchilik hollarda tabiiy materiallarni qayta ishlash orqali hosil bo'lgan ikkilamchi materiallar beton tayyorlashda to'ldiruvchi sifatida ishlatiladi.



1-rasm. Metallurgik korxonada faoliyatidan

2022-yil 21-fevraldagi PQ-139-sonli qarorda uy-joy qurilishini va qurilish materiallari sanoatini qo'llab-quvvatlash bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar belgilanib, 8 ta tuman (shu jumladan Forish tumani)da qurilish materiallari klasterlari tashkil etilishi nazarda tutilgan [2].

Atrof-muhitga tushayotgan qattiq chiqindilar quyidagi toifalarga bo'linadi:

1. Sanoat, qishloq xo'jaligi va shahar xo'jaligi chiqindilari.
2. Qora va rangli metallurgiya chiqindilari (shlaklar, loylar, changlar).
3. Yog'ochsozlik va o'rmon sanoati chiqindilari.
4. Issiqlik elektr stansiyalari (ISS) chiqindilari.
5. Energetika boshqarmasi chiqindilari (kul, shlak).
6. Kimyo sanoati chiqindilari (fosfogips, shisha chiqindilari, tsement changi).
7. Organik chiqindilar (rezina, plastmassa).
8. Oziq-ovqat sanoati chiqindilari (suyak, jun).
9. Yengil sanoat (paxta tozalashdan chiqqan chang, aralashmalar).

3. Natija va muhokamalar

Metallurgik chiqindilar asosida tayyorlangan betonlarning zichligi va mustahkamligi chiqindi turiga bog'liq. Masalan, og'ir betonlar (zichligi >2500 kg/m³) rangli va qora metallurgiyada hosil bo'lgan shlaklardan olinadi. Yengil betonlar (zichligi <1800 kg/m³) shlak pemza yoki granulyatsiyalangan shlakdan tayyorlanadi.

Slakli beton quyidagi turlarga bo'linadi:

- Konstruktiv;
- Issiqlik izolyatsiyalovchi;
- Hidrotexnik;
- Yo'l qurilishida;
- Kislota va haroratga chidamli.

Issiqlik ta'sirida shlak betonlari mustahkamligini bir necha bor oshiradi. Ayniqsa, avtoklavda qizdirib ishlov berish orqali ularning sifati sezilarli darajada oshadi. Shlakbetonlarning sovuqqa chidamliligi ham yuqori – 600 ta muzlatib-eritish sikliga bardosh bera oladi. Shlakli issiqlikbardosh betonlar 1200 °C gacha bo'lgan haroratda qo'llanilishi mumkin. Portlantsementga shlak qo'shib, 700–800°C haroratgacha bardosh bera oladigan issiqlikbardosh beton olish mumkin.

№	Beton turi	Zichlik (kg/m ³)	Siqilishdagi mustahkamlik (MPa)
1	Og'ir shlakli beton (qora metallurgiya)	2600	35
2	Og'ir shlakli beton (rangli metallurgiya)	2500	32
3	Yengil shlakbeton (shlak pemza asosida)	1200	8
4	Yengil shlakbeton (granulyatsiyalangan shlak)	1400	10

Muhokama. Shlak pemza betoni boshqa yengil betonlarga qaraganda yorig'lanishga chidamli. Betonning zichligi 410–1600 kg/m³ oralig'ida, maksimal haroratga chidamliligi esa 1000 °F (~538 °C) ga yetadi. Yengil issiqlikbardosh betonlar metallurgik chiqindilar (masalan, domna shlaki, shlak pemza) asosida tayyorlanadi.

Shlakli betonlarning deformatsiyalanish xususiyatlari armatura bilan yaxshi bitishuvga ega bo'lib, temir-beton konstruksiyalar tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Shlak asosidagi betonlarning issiqlik va sovuqqa chidamlilik ko'rsatkichlari ularning tarkibiga, zichligiga hamda foydalanilgan chiqindi turiga bog'liq.



3-rasm. Shlak pemza

• Shlak pemza betoni yengil bo'lishiga qaramay, 538 °C gacha issiqlikka bardosh beradi va 600 ta sikl sovuqqa chidamlilik bilan ajralib turadi. Bu uni fasadlar, issiqlik izolyatsiyasi va sovuq iqlim uchun moslashtirilgan qurilishlarda qo'llashga asos yaratadi.

• Yengil shlakli beton (granulyatsiyalangan shlak asosida) 700 °C gacha bardoshli, 300 sikl sovuqqa chidamli bo'lib, o'rtacha iqlimli hududlar uchun konstruktiv va issiqlik izolyatsiyalovchi material sifatida ishlatiladi.

• Og'ir shlakli beton esa yuqori zichlik (2500 kg/m³) va yuqori haroratga (800 °C) chidamli bo'lsa-da, sovuqqa chidamliligi nisbatan past (100 sikl), bu esa uni asosan ichki konstruksiyalar yoki iliq hududlar uchun mos qiladi.

4. Xulosa

Qurilishda tabiiy materiallarning o'rini bosuvchi sanoat chiqindilari muhim ahamiyat kasb etmoqda. Og'ir va yengil shlakli betonlar sanoat chiqindilaridan – kul, shlak, yoqilg'i qoldiqlari, yonuvchi jinslar – foydalanish orqali iqtisodiy, ekologik va texnik jihatdan foydali tarzda tayyorlanadi. Xususan, og'ir va yengil shlakli betonlarni ishlab chiqarishda sanoat chiqindilari asosida aralashma tarkibini shakllantirish bir qator ustunliklarni beradi:

- Iqtisodiy jihatdan - tabiiy qum yoki shag'alga nisbatan ancha arzon yoki tekin bo'lgan chiqindi resurslardan foydalanish umumiy tannarxni sezilarli darajada kamaytiradi;
- Texnik nuqta nazardan - kul va shlaklar betonning yengilligini, issiqlik izolyatsiyasini, va hatto bosimga chidamliligini oshiruvchi tabiiy plomba vazifasini bajaradi;
- Ekologik tomondan - chiqindilarni ikkilamchi resurs sifatida qayta ishlash orqali atrof-muhitga chiqarilayotgan zararli moddalar miqdori kamayadi, chiqindi poligonlar bosimi pasayadi, va chiqindisiz texnologiya yo'lga qo'yiladi.

Shu sababli, sanoat chiqindilaridan foydalanilgan betonlar, ayniqsa, energiya tejankor, yengil konstruksiyalar, devorbop bloklar, issiqlik izolyatsiyasi talab qilinadigan qurilmalar uchun nihoyatda maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ular nafaqat mahalliy qurilish sanoatining texnologik darajasini oshiradi, balki barqaror rivojlanish tamoyillarini qo'llab-quvvatlaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] S. M. Turobjonov, M. M. Niyazova, T. T. Tursunov, X. L. Pulatov sanoat chiqindilarini rekuperatsiya qilish texnologiyasi.
- [2] "Yangi O'zbekiston: ilm qaldirg'ochlari - 2023" II-Respublika ko'rik tanlovi hamda talabalarning ilmiy-amaliy konferensiyasi A.A.Baxodirov O'zsanoatqurilishmateriallari uyushmasi boshqaruv raisining ilm-fan va innovatsiyalar bo'yicha birinchi o'rinbosari t.f.d., professor.
- [3] Ergashev A.E., Ergashev G.A. Inson ekologiyasi. — T.: Fan, 2009.
- [4] Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiatdan foydalanishga oid normativ-huquqiy hujjatlar to'plami: — T.: Adolat. 2008.
- [5] Gaziev U.A. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari ishlab chiqarish. Darslik. Arxitektura, qurilish innovatsiya va integratsiya markazi. T.: 2015.
- [6] Akramov X.A., Gaziev U.A. Sanoat chiqindilari asosida beton va temir-beton ishlab chiqarish. O'quv qo'llanma. Arxitektura, qurilish innovatsiya va integratsiya markazi. T.: 2012.
- [7] Беспаметнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. — Л.: Химия, 1985.

[8] Rromidas. Practical Problem Solving in HPLC. NEW YORK, 2000.

[9] Bog'lovchi moddalar. O'quv uslubiy qo'llanma. Farg'ona 2021-2022

[10] Karimova M. et al. Yog'och chiqindilari va boshqa sanoat chiqindilari asosidagi to'ldiruvchilar //Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan. – 2023. – T. 1. – №. 1. – C. 34-37.

[11] qizi Yo'ldasheva M. A. Qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlarida sanoat chiqindilaridan foydalanishning afzalliklari //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – T. 2. – №. 3. – C. 409-412.

[12] qizi Yo'ldasheva M. A. Ikkilamchi resurslar va ularning qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonidagi o'rni //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – T. 2. – №. 3. – C. 825-827.

[13] Muhayyo Y. Ikkilamchi resurslardishan qurilish materiallarining xom-ashyosi sifatida foydalanish //Innovation: The journal of Social Sciences and Researches. – 2023. – T. 1. – №. 6. – C. 81-83.

[14] Qizi, Yo'ldasheva Muhayyo Alisher. "improving the efficiency of industrial waste processing." European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies 2.12 (2022): 274-280.

[15] Yoldasheva M. et al. Obtaining building materials based on industrial waste //Science and Innovation. – 2022. – T. 1. – №. 6. – C. 536-538.

[16] Muhayyo Y. Secondary Resources Use as Raw Materials of Construction Materials //American Journal of Social and Humanitarian Research. – 2022. – T. 3. – №. 10. – C. 240-241.

[17] Yo'ldasheva M., Ohunova G. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari olish //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A6. – C. 536-538.

[18] Muhayyo Y. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari ishlab chiqarish //Spain" problems and prospects for the implementation of interdisciplinary research". – 2023. – T. 14.

[19] Tolibjon o'g'li M. K. et al. Monitoring of area through tacheometer and designing in autocad software //образование наука и инновационные идеи в мире. – 2023. – T. 27. – №. 1. – C. 13-20.

[20] Muhayyo Y. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari ishlab chiqarish //Spain" problems and prospects for the implementation of interdisciplinary research". – 2023. – T. 14. – №. 1.

[21] qizi Yo'ldasheva M. A. Ikkilamchi resurslar va ularning qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonidagi o'rni //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – T. 2. – №. 3. – C. 825-827.

[22] Yo'ldasheva M., Ohunova G. Sanoat chiqindilari asosida qurilish materiallari olish //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A6. – C. 536-538.

[23] qizi Yo'ldasheva M. A. Qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlarida sanoat chiqindilaridan foydalanishning afzalliklari //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – T. 2. – №. 3. – C. 409-412.



**Mualliflar to'g'risida ma'lumot/
Information about the authors**

Mamatov Xamidulla
Abdullayevich /
Mamatov
Khamidulla
Abdullaevich

Farg'ona davlat texnika universiteti
"Qurilish materiallari va buyumlari"
kafedrası dotsenti
Tel: +998933730729

Murodilova
Muxayyoxon
Alisher qizi /
Murodilova
Mukhayyokhon
Alisher kizi

Farg'ona davlat texnika universiteti
"Arxitektura va qurilish" fakulteti
magistranti
e-mail:
yoldashevamuhayyo99@gmail.com
Tel: +998916627993
<https://orcid.org/0009-0007-1478-2671>



Development of an efficient method for allocating motor vehicles to routes within the capacity constraints of loading (unloading) addresses

M.N. Juraev¹  ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article discusses the drawbacks of solving the problem of allocating motor vehicles to routes using integer linear programming and proposes a combinatorial method that allows determining discrete solutions for efficient vehicle-to-route allocation. In identifying discrete solutions for efficient route allocation, a mathematical model and algorithms have been developed based on the requirement to satisfy the capacity constraints of loading (unloading) at the routes for all types of motor vehicles. The proposed combinatorial approach aims to ensure the effective and optimal distribution of motor vehicles, thereby enhancing the efficiency of cargo transportation under real-world conditions. The main objective of the models is to fully meet the demands imposed on routes by considering the volumes of cargo shipments and the diverse characteristics of transport vehicles, while minimizing transportation costs. Additionally, the algorithms provide an effective means to handle the complexities that arise in managing a large number of shipments and transport vehicles.

Keywords: Cargo, motor vehicles, route, efficient allocation, assembly, index, combination, transfer

Kichik biznesni rivojlantirishda davlat qo‘llab-quvvatlash tizimining roli

Jurayev M.N.¹  ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada avtomobil transporti vositalarini marshrutlarga taqsimlash masalasini butun sonli chiziqli programallashtirish orqali echishdagi kamchiliklar bayon etilgan va marshrutlarga samarali taqsimlash masalasini diskret echimlarini aniqlashga imkon beruvchi kombinatorik usuli taklif etilgan. Marshrutlarga samarali taqsimlash masalasini diskret echimlarini aniqlashda, barcha avtomobil transporti vositalarini turlari bo‘yicha, marshrutdagi yuk jo‘natish (qabul qilish) imkoniyatlari doirasida bo‘lishlik talabini qondirishning matematik modeli asoslangan va algoritmlari shakllantirilgan. Taklif etilgan kombinatorik yondashuv avtomobil transporti vositalarining samarali va optimal taqsimlanishini ta‘minlashga qaratilgan bo‘lib, u real shart-sharoitlarda yuk tashishning samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Modellarning asosiy maqsadi - yuk jo‘natish hajmlari va transport vositalarining turli xususiyatlarini hisobga olib, marshrutlarga qo‘yiladigan talablarni to‘liq qondirish va transport xarajatlarini kamaytirishdir. Shu bilan birga, algoritmlar ko‘p sonli yuklarni va transport vositalarini boshqarishda yuzaga keladigan murakkabliklarni samarali tarzda hal etish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: yuk, avtomobil transporti vositalari, marshrut, samarali taqsimlash, yig‘ilma, indeks, birlashma, ko‘chirish

1. Kirish

Transport-tashish sohasidagi zamonaviy ishlab chiqarish optimallashtirish usullarini keng qo‘llashni talab etadi. Bunday optimallashtirish usullariga, differensial hisob usullari, sonli usullar, shartli va shartli bo‘lmagan optimallashtirish usullari hamda variantlarni saralash usullari kiradi.

Bugunda keng qo‘llaniladigan zamonaviy usullar, ya‘ni, chiziqli dasturlash usuli bo‘lib, ko‘p o‘zgaruvchili chiziqli funksiyani ushbu o‘zgaruvchilarni chiziqli cheklovlar mavjudligidagi ekstremal qiymatlarini topishdan iborat bo‘ladi[3,7,9]. Chiziqli bo‘lmagan dasturlashda, maqsadli funksiya va cheklovlar chiziqli bo‘lmagan funksiya bo‘lishi mumkin. Chiziqli va chiziqli bo‘lmagan dasturlashda o‘ziga xos xolat, ya‘ni optimal echimga butun son bo‘lish shartining

qo‘yilishidir, bunday masalalar butun sonli dasturlashga kiradi [4,5,6].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Taqsimlash masalasini butun sonli chiziqli programallashtirish modellari ko‘rinishida ham echish mumkin, lekin, avtomobil transport vositalarini marshrutlarga taqsimlash masalasini chiziqli programallashtirish modellari ko‘rinishida echishda quyidagi kamchilik va noqulayliklarga olib keladi[1,10]:

1. Rejalashtirilgan yuk tashishni tashkil etish uchun har bir marshrutga taqsimlangan avtomobil transporti vositalariga xizmat ko‘rsatish uchun kerak bo‘ladigan ortish-tushirish mexanizmlarining rasional sonini aniqlash kerak bo‘ladi.

 <https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>



2. Avtomobil transporti vositalarini marshrutlarga taqsimlanish masalasini echimida butun bo'lgan sonlarni butunlashtirib olish kerak va bu esa echimni optimallik darajasini kamaytiradi.

3. Masalani echimini aniqlashda har bir tashish marshrutida ishlayotgan ortish-tushirish mexanizmlarini kunlik ish vaqti davomida avtomobil transporti vositalari bilan to'liq ta'minlash talabi hisobga olinmaydi. Tashish marshrutida ma'lum kunda ishlayotgan mexanizmlar soni hamisha butun bo'lganligidan ularni kun mobaynida ish bilan to'la ta'minlash uchun shu yo'nalishga ma'lum sondagi avtomobillar ajratish lozim bo'ladi.

Bunday talablarni yuqorida bayon etilgan modellarda hisobga olib bo'lmaydi. Shuning uchun tufayli avtomobil transporti vositalarini marshrutlarga taqsimlash masalasining kombinatorli modellari va uni echishni diskret usullarini ishlab chiqish lozim bo'ladi.

Diskret to'plam elementlari har bir marshrut uchun ajratilishi mumkin bo'lgan ATV sonlaridan iboratdir. Bunda, iste'molchi manzillarni har bir marshrutga taqsimlanishi mumkin bo'lgan ATV soni jo'natuvchi manzilda ATV lariga yuk ortuvchi yoki xizmat ko'rsatuvchi kanallarning sonlariga muvofiq ularni vaqt birligida yuk jo'natish imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda aniqlanadi. Umumiy holda masalani echish – bu har bir marshrutga taqsimlanayotgan ATV lari sonlarini, ularni ma'lum diskret to'plam elementlaridan iborat tarzda aniqlashdan iboratdir[2,8].

Turli yuk ko'taruvchanlikka ega bo'lgan avtomobil transport vositalarini marshrutlarga taqsimlash- bu har bir marshrutda yuk tashish uchun ajratilgan avtomobil transport vositalarini sonini ularni har bir turi bo'yicha aniqlash va har bir ATV ni belgilangan marshrutda bajarilishi lozim bo'lgan tashish hajmlarini belgilashdan iboratdir. Mazkur masalani qo'yilishida uni quyidagi asosiy xossalarini hisobga olish lozim[1].

Birinchidan, tashishga jalb qilingan avtomobil transport vositalarini yuk tashib kirituvchi (yoki chiqaruvchi) marshrutlarga taqsimlash masalasining echimi, mazkur iste'molchi manzillarni tashishga bo'lgan ehtiyojini qondirish darajasini belgilaydi, ya'ni, tashishga chiqarilgan avtomobil transport vositalaridan ko'proq qismini kichikroq uzunlikdagi marshrutlarga taqsimlash, marshrutlarga tashib berilayotgan yuk hajmini oshirishga, aksincha, uzunroq masofali marshrutlarga taqsimlash esa bu hajmni kamaytirishga imkon beradi. Agar tashishga chiqarilgan avtomobil transport vositalari soni kamroq bo'lsa, unda kerakli tashish hajmini bajarish uchun ularni kichikroq uzunlikdagi marshrutlarga, aksincha agar kattaroq sondagi avtomobil transport vositalaridan foydalanib, nisbatan kichikroq ehtiyojni qondirish kerak bo'lsa, unda ATVni ko'proq qismini kattaroq uzunlikdagi marshrutlarga taqsimlash lozim bo'ladi.

Ikkinchidan, turli yuk ko'taruvchanlikka ega bo'lgan avtomobil transport vositalari turli uzunlikdagi marshrutlarda, turli darajadagi yuk tashish tannarxini ta'minlaydi. Avtomobil transport vositalarini marshrutlarga taqsimlashni mumkin bo'lgan ko'plab variantlari ichidan shunday variantini topish kerakki, bunda tashishda foydalanilayotgan ATVdan foydalanib, iste'molchini yuk tashish hajmiga bo'lgan ehtiyoji qondirishga, har bir marshrutdagi yuk jo'natish (qabul qilish) imkoniyatlaridan samarali foydalanishga va ATVni marshrutlarga rasional taqsimlash hisobiga eng kam tashish harajatlarini ta'minlashga imkon bersin.

Uchinchidan, har bir marshrutga taqsimlangan ATV soni uning jo'natish yoki (qabul qilish) manzilida yuk ortish yoki (tushirish)ni ta'minlovchi ma'lum sondagi mashina-mexanizmlarni vaqt mobaynida samarali yuklashni ta'minlashi lozim. Har bir j-marshrutni yuk jo'natish (yoki qabul qilish) manzilida ortish-tushirish ishlariga jalb etilish mumkin bo'lgan mexanizmlar sonlari $\sum_j = \{1,2,\dots,\sigma_j\}$ ning diskret to'plami ma'lum. Taqsimlash masalasini diskret tabiati shundan iboratki, har bir j- marshrutga taqsimlanuvchi ATV soni jo'natish (qabul qilish) mexanizmini har birini vaqt mobaynida to'la yuklash mezonidan kelib chiqqan holda, rejalashtirilgan avtomobillar soni γ_i ga teng bo'lishi kerak. Shu tufayli avtomobil transport vositalarini marshrutlarga taqsimlash masalasini mumkin bo'lgan echimlarining elementlari ma'lum bir diskret to'plamga tegishli bo'lishi lozim.

Masalani qo'yilishida, har bir j-tashish marshrutga taqsimlanayotgan avtomobil transport vositalari(ATB) soni $X_{j\sigma_j}^i$ ni ularni har bir i-turi uchun ishlatilayotgan ATB dan samarali foydalanish va ma'lum σ_j - sondagi jo'natish (yoki qabul qilish) mexanizmlarini rasional yuklangan variantlarda va berilgan ATB (A_j^i) dan samarali foydalanib, eng kam harajatlarda iste'molchini tashib hajmlariga bo'lgan ehtiyoji qondirilsin hamda yuk jo'natish (qabul qilish) mexanizmlarini vaqt mobaynida ish bilan samarali yuklashga erishish talabi qo'yiladi.

Ekspluatatsiyaga chiqariluvchi avtomobil transport vositalarining kun mobaynida to'laqonli foydalanish uchun A_j^i sondagi ATVni marshrutlarga to'la taqsimlanishi, ya'ni tegishli $X_{j\sigma_j}^i$ ATV ni yig'ilmasi ko'rinishida taqsimlanishi lozim. Shu tufayli avtomobil transport vositalaridan to'la foydalanish talabiga javob beruvchi – talab doirasidagi ATV ni (mg) yig'ilmasi tushunchasini kiritamiz. ATVni i- turi bo'yicha talab doirasidagi (mg) yig'ilma deb quyidagi shartga javob beruvchi yig'ilмага aytiladi:

$$\sum_{j \in J} X_{j\sigma_j}^i = A_j^i, x_{j\sigma_j} \in G_{j\sigma_j(m)}, i \in I \quad (1)$$

bu yerda, $G_{j\sigma_j(m)}$ – $X_{j\sigma_j}^i$ elementlarni mumkin bo'lgan yig'ilmalar to'plami.

A_j^i – i- turdagi ATV soni;

Qo'yilgan masalani echimi- bu ATV ni talab doirasidagi yig'ilmalari

($X_{j\sigma_j}^i$) ni uning barcha $i \in I$ turlari bo'yicha shunday birlashmasini aniqlash lozimki, bu birlashma uchun quyidagi shart bajarilsin:

$$Q \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{j\sigma_j}^{img} \cdot Q_{ij} \leq Q_{j\sigma_j}^{img} \cdot \max_{j\sigma_j} \quad (2)$$

bu yerda, $X_{j\sigma_j}^{img}$ – talab doirasidagi yig'ilma elementlari;

$G_{j\sigma_j}^{mg}$ – talab doirasidagi yig'ilmalar to'plami;

Q_{ij} – i- turdagi ATVni j- tashish marshrutida tonnalardagi kunlik ish unumdorligi;

Q_{\min} , Q_{\max} - iste'molchi manzilni yuk tashish hajmiga bo'lgan ehtiyojini minimal va maksimal darajasi.

Yuqoridagi ishlanmalarda $X_{j\sigma_j}^i$ elementlarni talabga doir yig'ilmalari va yig'ilmalar birlashmalarini (1) va (2) shartga muvofiq shakllantirishi ko'rsatib o'tildi. Bunda, $X_{j\sigma_j}^i$ elementlar yig'ilmalari ATVlarini har bir i turi bo'yicha ekspluatatsiyaga chiqarilgan avtomobillardan to'laqonli foydalanishga qaratilgan, mazkur yig'ilmalarni barcha $i \in I$ va $i \in J$ to'plamlari bo'yicha iste'molchi manzilga (dan) etkazib berilishi (yoki tashib chiqishi) lozim bo'lgan yuk hajmini



ma'lum chegaraviy qiymatlar ichida ta'minlanishiga oid (2) shartlarga muvofiq shakllantiriladi. Ammo, bunda, real tashish parametrlarida yuzaga chiqadigan yana bir muhim cheklash talabi, ya'ni har bir j -marshrutga taqsimlanayotgan barcha $i \in I$ turdagi ATVni umumiy soni marshrutdagi mavjud yuk jo'natish imkoniyatidan oshib ketmasligi talabi hisobga olinmagan. Shu tufayli taqsimlash masalasini echimida quyidagi qo'shimcha talablar vositasida tekshirilishi va lozim bo'lsa qayta shakllantirilishi kerak bo'ladi.

- 1) har bir marshrutga taqsimlangan ATVni barcha turlari bo'yicha umumiy soni shu marshrutni yuk jo'natish (yoki qabul qilish) imkoniyatlariga mosligi tekshirib ko'riladi;
- 2) agar avtomobillarni umumiy soni marshrutda yuk jo'natish (qabul qilish) imkoniyatlariga mos kelmasa, unda olingan birlashma yig'ilmalarida shunday o'zgartirishlarni amalga oshirish lozimki, natijada mazkur nomuvofiqlik bartaraf etilsin;
- 3) o'zgartirishlar asosida qayta shakllantirilgan birlashma yo'qoridagi shartni bajarilishini tekshirish.

Yuqoridagi tekshirish va qayta shakllantirish jarayonlarida, birinchi navbatda, yuqoridagi shart – ATVni barcha turlari bo'yicha umumiy soni marshrutdagi yuk jo'natish (qabul qilish) imkoniyatlari doirasida bo'lishi lozimligini matematik modelini asoslash lozim bo'ladi.

j -raqami marshrutda yuk jo'natish (qabul qilish) imkoniyati ishlatilayotgan mexanizm (mashina)lar soni σ_j ga bog'liq va bu marshrutda σ_j ni mumkin bo'lgan eng katta qiymati σ_j^{max} bo'lsin. Shunday qilib, $\sigma_j \in \{1, 2, \dots, \sigma_j \dots \sigma_j^{max}\}$ bo'lib, $\sigma_j = 1$ bo'lganda mexanizm xizmat ko'rsatishi (yuk ortishi yoki tushirishi) mumkin bo'lgan ATV lari soni γ_i . Aytaylik, j -marshrutga taqsimlangan ATV lari sonlari ularning barcha $i \in \{1, 2, \dots, I\}$ turlari bo'yicha ma'lum, ya'ni $X_{j\sigma_j}^{i=1}, X_{j\sigma_j}^{i=2}, \dots, X_{j\sigma_j}^{i=I}$ berilgan. Bunda, marshrutga taqsimlangan turli sondagi yuk ko'taruvchanlikka ega bo'lgan ATVlarida yuk jo'natishiga xizmat ko'rsatishi lozim bo'lgan mexanizmlar sonlari quyidagicha aniqlanadi:

$\sigma_{j\sigma_j}^{i=1} = X_{j\sigma_j}^{i=1} / \gamma_{i=1}$; $\sigma_{j\sigma_j}^{i=2} = X_{j\sigma_j}^{i=2} / \gamma_{i=2}$ ba hokazo. Bu qiymatlar yig'indisiga qo'yiladigan talabni matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} \sigma_j^{i=1} + \sigma_j^{i=2} + \dots + \sigma_j^i &\leq \sigma_j^{max} \quad \text{ya'ni,} \\ \frac{X_{j\sigma_j}^{i=1}}{\gamma_{i=1}} + \frac{X_{j\sigma_j}^{i=2}}{\gamma_{i=2}} + \dots + \frac{X_{j\sigma_j}^{i=I}}{\gamma_{i=I}} &\leq \sigma_j^{max} \quad \text{yoki} \\ \sum_{i \in I_j} \frac{X_{j\sigma_j}^i}{\gamma_i} &\leq \sigma_j^{max} \end{aligned} \quad (3)$$

Bu yerda, I_j - masalani echimida j -marshrutga taqsimlangan ATVlari turlarini to'plami.

Shakllantirilgan birlashma yig'ilmalarida yuqoridagi (2) shartni bajarilishini tekshirish quyidagicha amalga oshiriladi:

Ma'lum bir jarayonlar asosida, talab doirasidagi yig'ilma $\{H(X_{j\sigma_j}^1 \dots H(X_{j\sigma_j}^I))\}$ lar birlashmasi shakllantiriladi va bu birlashma (1) shartini qanoatlantiradi. Mazkur birlashmada yig'ilmalari "boshidan" tartibida shakllantirilgan bo'lsa, unda $X_{j\sigma_j}^i$ elementlarni qiymatlarini yig'ilma boshidan boshlab barcha $i \in I$ uchun, agar "oxiridan" bo'lsa, unda oxiridan-ko'rib chiqiladi. Bunday jarayon $e=1$ yoki $e=c$ elementidan quyidagi yig'indilarni hisoblash bilan boshlanadi:

agar yig'ilma "boshidan" tartibida shakllantirilgan bo'lsa, quyidagi ifodaning qiymati aniqlanadi:

$$\sum_{i \in I_j} \frac{X_{j\sigma_j}^{i(e=1)}}{\gamma_i}$$

agar yig'ilma "oxiridan" tartibida shakllantirilgan bo'lsa, quyidagi ifodaning qiymati aniqlanadi:

$$\sum_{i \in I_j} \frac{X_{j\sigma_j}^{i(e=c)}}{\gamma_i}$$

Hisoblangan yig'indi qiymatini σ_j^{max} qiymati bilan solishtiramiz. Agar solishtirilganda (3) shart bajarilishi aniqlansa, unda birlashmaning $e=2$ ekin $l=c-1$ yig'ilmasi tahlil etiladi. Shu tarzda tekshirish natijasida birlashmaning barcha yig'ilmalar uchun (3) shartni bajarilishi aniqlansa, unda mazkur birlashma echim sifatida qabul qilinadi. Agar tekshirish natijasida qaysi bir yig'ilma uchun bu shart bajarilmasa, unda yig'ilmalarda ma'lum bir qo'shimcha o'zgartirishlar amalga oshiriladi va shartni bajarishga erishiladi.

Ta'kidlash lozimki, bunday tahliliy tekshirishni yig'ilmalar uchun emas, ularni raqamlarida o'tkazish bilan ham masalani echish mumkin bo'ladi va bunda tekshirish jarayoni osonroq kechadi. Yuqorigai shartdagi $X_{j\sigma_j}^i / \gamma_i$ nisbat – bu yig'ilma raqamidagi ψ_e^i indeksni anglatadi. Shu tufayli (3) shartni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sum_{i \in I_j} \psi_e^i \leq \sigma_j^{max} \quad (4)$$

(4) shartni bajaruvchi raqamlar tahlili quyidagicha amalga oshiriladi:

- yig'ilma raqamida tahlil etilayotgan indeksni tartib raqami e bilan belgilanadi: agar yig'ilma "boshidan" tartibida shakllantirilayotgan bo'lsa, unda $e=1$ boshida, keyin esa $e=e+1$ bo'ladi $e=c$ boshida, keyin esa $e=e-1$ bo'ladi.
- Tanlab olingan raqam indeksi ψ_e^i uchun $\sum_{i \in I_j} \psi_e^i$ yig'indi qiymati hisoblanadi va bu qiymat σ_j^{max} qiymati bilan solishtiriladi.
- Agar bunday solishtirish natijasida $\sum_{i \in I_j} \psi_e^i \leq \sigma_j^{max}$ ekanligi aniqlansa, unda e indeksini qiymati 1ga oshiriladi, (yoki kamaytiriladi) ya'ni $e=e+1$ (yoki $e-1$) va tahliliy tekshirish jarayoni keyingi indeks raqami uchun qaytariladi.
- Agar tekshirish natijasida barcha $e \in \{1, 2, \dots, c\}$ uchun (4) shart bajarilayotganligi aniqlansa, unda mazkur birlashma (4) shartni qondiradi va masalani echimi hisoblanadi. Agar qaysi bir e indeksi uchun bu shart bajarilmasa, unda yig'ilmalar raqamlarini shunday o'zgartirish (qayta shakllantirish) lozimki, ularni tegishli birlashmasi uchun (4) shart bajarilsin.

Endi (4) shart bajarilmagan holda yig'ilmalar raqamlarini qayta shakllantirish yo'llarini ko'ramiz. Aytaylik, raqamni qaysi bir e indeksi uchun quyidagi munosabat mavjudligi aniqlandi:

$$\sum_{i \in I_j} \psi_e^i > \sigma_j^{max} \quad (5)$$

Ko'rinib turibdiki, yig'ilmalarda raqamlar indeks ψ_e^i lari yig'indisi σ_j^{max} qiymatidan katta, demak ana shu indekslar qiymatida mazkur yig'indini kamaytirish maqsadida, ma'lum bir ko'chirishlarni amalga oshirish lozim bo'ladi. Bunda, agar birlashma yig'ilmalari "boshidan" tartibida shakllantirilgan bo'lsa, unda ko'chirishni faqat "o'nga", agar "oxiridan"-bo'lsa, unda faqat "chapga" amalga oshirilishi mumkin.



Bunday ko'chirishni kerakli qiymati $\Delta\psi_e^i$ quyidagi ayirma orqali aniqlanadi:

$$\Delta\psi_e^i = \sum_{i \in I_j} \psi_e^i - \sigma_j^{max} \quad (6)$$

3. Xulosa

Shunday qilib, yig'ilmalar raqamlaridagi ψ_e^i indekslaridan $\Delta\psi_e^i$ qiymatli ko'chirishni amalga oshirib, (4) shartni qoniqtiradigan yangi raqamlarni shakllantirish mumkin.

Agar ko'chirish "o'nga" amalga oshirilsa, unda bunday ko'chirishni i-indeksi eng katta qiymatidan, agar – "chapga" bo'lsa, unda eng kichik qiymatidan boshlash maqsadga muvofiqdir. Shu tufayli, jo'natuvchi sifatida belgilanayotgan ψ_e^i indekslar tartibi ko'chirish yo'nalishiga muvofiq aniqlanadi: agar ko'chirish "o'nga" bo'lsa, unda $\{1, I-1, \dots, i, \dots, 1\}$ ketma-ketligida, agar – "chapga" bo'lsa, unda $\{1, 2, \dots, i, \dots, I\}$ ko'rinishida bo'ladi. Bunday ketma-ketlikni maqsadga muvofiqdigi quyidagi mulohazalarga asoslanadi.

Raqamlar indekslaridagi "o'ngga" ko'chirish- bu ma'lum sondagi ATVni tashish masofasi kichikroq uzunlikdagi marshrutlardan uzoqroq marshrutlarga o'tkazishga mos keladi va shunday ko'chirishni birinchi navbatda katta yuk ko'taruvchanlikdagi ATVLari uchun amalga oshirish lozim bo'ladi. Aksincha, "chapga" ko'chirishni esa kichik yuk ko'taruvchanlikka ega bo'lgan ATVdan boshlash o'rindir.

Endi shakllantirilgan yig'ilmalar birlashmasi uchun $\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{j\sigma_j} \cdot Q_{ij}$ yig'indi qiymatini hisoblaymiz va bu qiymat $Q_{min} \leq Q_{max}$ oralig'iga tushishini tekshiramiz. Agar tushsa, unda mazkur raqam masalani echimi hisoblanadi. Agar barcha iel turdagi ATVLari shu tarzda tahlil etilgandan keyin yana ko'chirishga bo'lgan ehtiyojni qondirilmagan qismi mavjud bo'lsa masala echimga ega bo'lmaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Jurayev M.N. Avtotransport vositalarining marshrutlarga samarali taqsimlashning kombinatorika uslubiyoti va uni paxta xomashyosini tashishda qo'llanilishi Bosma Monografiya.-T: "Omadbek print number one" MChJ nashriyoti, 2025-yil, 120-bet.

[2] Shermuxamedov A.A., Jurayev M.N., Marupov M.M. Avtotransport vositalarini marshrutlarga taqsimlash orqali transport-logistik xizmatlarni bo'shqarish. "Logistika va iqtisodiyot" ilmiy elektron jurnali, 2021/6-son, 287-293 betlar.

[3] Витвицкий Е.Е. Моделирование транспортных процессов. -Омск: СибАДИ, 2017. – 178 с.

[4] Ватулин Э.И., Титов В.С., Емельянов С.Г. Основы дискретной комбинаторной оптимизации. -М: Аргмак-Медиа, 2016. – 270 с.

[5] Белоусова Н.И., Васильева Е.М., Лившиц В.Н. Системный анализ транспорта России в современных условиях.-М:Транспорт, 2000. – 60с.

[6] Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками: учеб. для вузов / А.П. Кожин, В.Н. Мезенцев. – М: Транспорт, 1994. – 304 с.

[7] Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Теория организация и управление автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов.-Волгоград: РПК «Политехник», 2001. – 179 с.

[8] A. A. Shermukhamedov, M. N. Juraev, S. N. Kenjayev. Efficient Distribution of Motor Vehicles of Different Loading Capacities on Routes. Cite as: AIP Conference Proceedings 2612, 060013 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0134786> Published Online: 15 March 2023. 060013-1- 060013-9.

[9] Igor. Y. Davydenko. Logistics Chains in Freight Transport Modelling / Delft University of Technology, 2015. - pp. 188.

[10] Friesz T., Veras J. Dynamic game-theoretic models of urban freight: Formulation and solution approach. Methods and Models in Transport and Telecommunications: Cross Atlantic Perspectives, 2005.- pp. 143.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Jurayev Tashkent davlat transport universiteti
Muhiddin "Transport logistikasi" kafedrasida
Nortojiyevich dotsenti, t.f.f.d., (PhD),
/ Juraev E-mail: mdjurayev82@mail.ru
Muhiddin Tel.: +998977520258
Nortojiyevich <https://orcid.org/0000-0001-6479-6173>



A hygienic approach to reducing the effect of ultraviolet radiation on railway workers

Kh.M. Kamilov¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of the factors influencing the sun's ultraviolet radiation on railway workers during their professional activities in open areas. The spectral composition of ultraviolet radiation, the mechanisms of its biological (positive and negative) effects on the body, as well as UV index indicators based on international standards and average statistical values for the territory of Uzbekistan were scientifically assessed. The results show that between April and September, employees working outdoors are at high risk of exposure to ultraviolet radiation. In this regard, to ensure occupational safety in railway transport, the development of innovative technical solutions, sanitary and hygienic standards, and preventive measures aimed at reducing the harmful effects of ultraviolet radiation has been identified as an important scientific and practical task.

Keywords: railway transport, open area, ultraviolet radiation, solar radiation, sanitary and hygienic measures, preventive measures, technical protection measures

Temir yo‘l transporti xodimlariga ultrabinafsha nurlarining ta‘sirini kamaytirishda gigiyenik yondashuv

Kamilov X.M.¹ 

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Mazkur maqolada temir yo‘l transporti xodimlarining ochiq maydonlarda kasbiy faoliyat olib borishi jarayonida quyoshning ultrabinafsha nurlanishining ta‘sir omillari kompleks tahlil qilingan. Ultrabinafsha nurlanishining spektral tarkibi, organizmga biologik (ijobiy va salbiy) ta‘sir mexanizmlari, shuningdek, xalqaro standartlarga asoslangan UV-indeks ko‘rsatkichlari hamda O‘zbekiston hududi uchun o‘rtacha statistik qiymatlar ilmiy jihatdan baholangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, aprel–sentyabr oylarida ochiq havoda faoliyat yurituvchi xodimlar organizmi yuqori darajadagi ultrabinafsha nurlanish xavfiga duch keladi. Shu munosabat bilan, temir yo‘l transportida mehnat xavfsizligini ta‘minlash maqsadida ultrabinafsha nurlanishning zararli oqibatlarini kamaytirishga qaratilgan innovatsion texnik yechimlar, sanitariya-gigiyenik me‘yorlar va profilaktik choralar ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy vazifa sifatida belgilangan.

Kalit so‘zlar: temir yo‘l transporti, ochiq maydon, ultrabinafsha nurlanish, quyosh radiatsiyasi, sanitariya-gigiyena, profilaktika, texnik himoya choralar

1. Kirish

Temir yo‘l transporti har bir mamlakat iqtisodiy infratuzilmasining ajralmas hamda strategik jihatdan muhim tarmog‘i sanaladi. So‘nggi yillarda kuzatilayotgan barqaror iqtisodiy o‘sish va xalqaro miqyosda tovar ayirboshlash hajmining ortishi ushbu sohaga bo‘lgan ehtiyojni keskin oshirib, yuk tashish xizmatlariga talabni sezilarli darajada ko‘paytirmoqda. Yuk va yo‘lovchi tashish jarayonlarini samarali tashkil etish, poezdlar harakati xavfsizligini ta‘minlash va transport operatsiyalarining uzluksizligini kafolatlashda temir yo‘l transportida faoliyat yurituvchi mutaxassislarining roli beqiyosdir [1].

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJda yetmish to‘qqiz mingdan ortiq ishchi va mutaxassislar mehnat qiladi va yil davomida (kecha-yu kunduz) temir yo‘llarni qurish, ta‘mirlash va ekspluatatsiya qilish bilan shug‘ullanadi. Bugungi kunda jamiyatning magistral yo‘llarining umumiy

uzunligi yetti ming to‘rt yuz km dan ortiqni tashkil etadi. Temir yo‘llarni qurish, ta‘mirlash va ulardan foydalanish bilan bog‘liq barcha ishlar ochiq quyosh ostida amalga oshiriladi. Shu sababli, qurish, ta‘mirlash va ulardan foydalanish bilan shug‘ullanuvchi temir yo‘l transporti xodimlari ish vaqtining ko‘p qismini ochiq maydonlarda o‘tkazadi va doimiy ravishda quyoshning ultrabinafsha nurlari ta‘sirida bo‘ladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Ma‘lumki, ultrabinafsha nurlanish – bu elektromagnit spektarning 100–400 nm diapazonidagi qisqa to‘lqinli nurlanish bo‘lib, u ko‘zga ko‘rinmaydi, ammo inson organizmiga sezilarli biologik ta‘sir ko‘rsatadi. Ilmiy gigiyena va fiziologiya nuqtai nazaridan uning ijobiy hamda salbiy ta‘sirini ajratib ko‘rsatish mumkin. Ijobiy ta‘siri

 <https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>



shundan iboratki, D vitamini sintezi terida 7-degidroksolesterolindan D₃ vitamini hosil bo'lishiga yordam beradi, bu esa suyaklarning mustahkamligi, kalsiy va fosfor almashinuvida muhim ahamiyatga ega, bakteritsid xususiyati mikroblar va viruslarni yo'qotishda samarali, shu sababli tibbiyotda sterilizatsiya va dezinfeksiya jarayonlarida qo'llaniladi, ma'lum darajada immun tizim faoliyatini kuchaytiradi. Uzoq muddatli va yuqori dozadagi ta'sir natijasida terining kuyishi, erta qarishi (fotogerontologiya), pigmentatsiya buzilishi, teri saratoni (melanoma) xavfini oshiradi, katarakta, fotokeratit va retina shikastlanishiga olib kelishi, haddan tashqari ta'sir uyqu-uyg'ochlik siklining buzilishi, bosh og'rig'i, charchoq kabi simptomlari yuzaga keltirib, salbiy oqibatlariga olib kelishi mumkin. Ultrabinafsha nurlanishning asosiy manbai quyoshdir. Quyosh spektrida u to'lqin uzunligi 100 dan 400 nm gacha bo'lgan sohani qamrab oladi va o'zi bilan quyoshdan chiqadigan energiyaning atigi 5%ini olib yuradi. To'lqin uzunligi, biologik va fizik obyektlarga ta'siriga qarab, ultrabinafsha nurlar quyidagi uchta sohaga bo'linadi:

- A (uzun to'lqinli) 320 nm dan 400 nm gacha;
- B (o'rta to'lqinli) 280 nm dan 320 nm gacha;
- C (qisqa to'lqinli) 100 nm dan 280 nm gacha [2].

Ultrabinafsha diapazondagi quyosh nurlanishining ultrabinafsha indeksi (UV - index) ma'lum bir joyda va vaqtda ultrabinafsha nurlanishni ishlab chiqaradigan quyoshdan kuyish kuchini o'lchash uchun xalqaro standartdir. Shkala 1992-yilda kanadalik olimlar tomonidan ishlab chiqilgan, so'ngra 1994-yilda BMT Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti va Jahon meteorologiya tashkiloti tomonidan qabul qilingan va standartlashtirilgan. U asosan keng ommaga mo'ljallangan kundalik prognozlarda qo'llaniladi va soatlik prognozlar ko'rinishida tobora ommalashib bormoqda. Ultrabinafsha indeksining maqsadi odamlarga o'rtacha miqdorda sog'liq uchun foyda keltiradigan, ammo haddan tashqari quyoshdan kuyish, terining qarishi, DNK shikastlanishi, teri saratoni, immunosuppressiya va ko'z shikastlanishiga olib keladigan ultrabinafsha nurlanishdan samarali himoyalanihga yordam berishdir [2].

UB-indeks - bu yer yuzasining ma'lum bir nuqtasida quyoshdan kuyishni keltirib chiqaradigan ultrabinafsha nurlanish intensivligi bilan chiziqli bog'liq bo'lgan sonidir. Uni shunchaki energetik yorqinlik bilan bog'lab bo'lmaydi (Vt/m² da o'lchanadi), chunki eng katta tashvish uyg'otadigan ultrabinafsha nurlanish to'lqin uzunligi 295 dan 325 nm gacha bo'lgan spektrni egallaydi va qisqaroq to'lqinlar yer yuzasiga yetib borganda sezilarli darajada yutiladi. Biroq, quyoshdan kuyish terining shikastlanishi to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lib, qisqa to'lqinlar ancha katta zarar yetkazadi. Shuning uchun ultrabinafsha nurlanishning quvvat spektri (to'lqin uzunligining nanometriga kvadrat metrga vattlarda ifodalangan) eritem ta'sir spektri deb nomlanuvchi og'irlik egri chizig'iga ko'paytiriladi va natija butun spektr bo'ylab integrallanadi. Bu kanadalik olimlarga taxminiy ko'rsatkichni (ba'zan McKinley - Diffi yoki DUV yoki eritem doza quvvati deb ataladi) berdi, odatda 250 mVt/m² yozning tush paytidagi quyosh nuridir.

Shunday qilib, ular indeksning qulay qiymatini olish uchun ixtiyoriy ravishda 25 mVt/m² ga bo'linadi, aslida 0 dan 11 gacha va undan yuqori shkala bo'yicha (garchi ozonning parchalanishi endi yuqori qiymatlarga olib kelsa ham). Spektrni tortish prinsipini ko'rsatish uchun tushayotgan quvvat zichligi tush paytidagi yozgi quyosh nurida odatda 295 nm da 0,6 mVt/ (nm m²), 305 nm da 74

mVt/ (nm m²) va 325 nm da 478 mVt/ (nm m²) ni tashkil qiladi. (bu kattaliklar qisqa to'lqinlarda atmosferada juda katta energiya yutilishini ko'rsatadi). Ushbu raqamlarga qo'llanilgan eritem og'irlik koeffitsiyentlari mos ravishda 1,0, 0,22 va 0,003 ni tashkil etadi. Shu bilan birga, qisqaroq to'lqin uzunligi tufayli quyosh kuyishidan kelib chiqadigan shikastlanishlarning ko'payishi; masalan, xuddi shu yorug'lik uchun 305 nm 295 nm bilan bir xil shikastlanishlarning 22% ni, 325 nm esa 295 nm bilan bir xil shikastlanishlarning 0,3% ni tashkil qiladi. 290 nm dan 400 nm gacha bo'lgan butun spektral diapazonda barcha oraliq og'irliklardan foydalanish 264 mVt/m² qiymatni beradi, keyin uni 25 mVt/m² ga bo'lib, 10,6 UV indeksi olinadi. Indeks shkalasi chiziqli bo'lganligi sababli (ko'pincha yorqinlik yoki tovush darajasi kabi kattaliklarni o'lchashda bo'lgani kabi logarifmik emas), 5 indeksidagi bir soatlik ushlab turish taxminan 10 indeksidagi yarim soatlik ekspozitsiyaga teng deb taxmin qilish mantiqan to'g'ri bo'ladi [3].

UV indeksi nuqtaning yer yuzasidagi o'rni belgilovchi geografik koordinatalar (kenglik va uzunlik), yil fasllari va sutkalarga bog'liq holda shakllanadi. Quyida O'zbekiston Respublikasi hududi uchun o'rtacha 10 yillik UV indeksi intensivligining qiymatlari keltirilgan (1-jadval).

1-jadval

Ultrabinafsha indeksi intensivligi qiymatlari

Oylar	yanvar	fevral	mart	aprel	may	iyun	iyul	avgust	sentabr	oktyabr	noyabr	dekabr
UB indeksi	2	3	6	8	8	8	8	8	8	6	4	3
Intensivlik, m mVt/m ²	50	75	150	200	200	250	250	250	200	150	100	75

Ishlab chiqarish sharoitida ishlovchilarga ta'sir qiluvchi barcha turdagi ultrabinafsha nurlanish manbalarining, shu jumladan quyosh radiatsiyasining me'yoriy qiymatlari SanQvaM 0142-03 sanitariya qoidalari va me'yorlari talablariga muvofiq nazorat qilinadi. Ushbu qoidalar va me'yorlar ishlayotgan ultrabinafsha nurlanish manbalariga yo'l qo'yiladigan ta'sir qiymatlarini belgilaydi va ularni nazorat qilish usullariga, profilaktik ultrabinafsha nurlanishni o'tkazishga qo'yiladigan talablarni o'z ichiga oladi. Ultrabinafsha nurlanish ta'sirining yo'l qo'yiladigan qiymatining me'yoriy qiymatlari uning spektral tarkibi bilan belgilanadi [3]. Ultrabinafsha nurlanish ta'sirining ruxsat etilgan qiymatining me'yoriy qiymatlari nurlanish dozasi bo'yicha ishlayotganlarga ta'sir qilishning ma'lum bir vaqti uchun belgilanadi.

Teri yuzasining 0,2 m² dan katta bo'lmagan himoyalangan qismlari mavjud bo'lganda, nurlanish davri 5 daqiqagacha, ular orasidagi tanaffuslar davomiyligi



kamida 30 daqiqa va smenadagi ta'sirning umumiy davomiyligi 60 daqiqagacha bo'lganda nurlanishning ruxsat etilgan intensivligi quyidagilardan oshmasligi kerak:

- UV-A sohalari uchun - 50000 mVt/m²;
- UV-B sohalari uchun - 50 mVt/m².

Ultrabinafsha nurlanishning ruxsat etilgan intensivligi teri yuzasining 0,2 m² dan katta bo'lmagan himoyalangan qismlari mavjud bo'lganda, nurlanish davri 5 daqiqadan ortiq va umumiy nurlanish davomiyligi 4 soatdan oshmasligi kerak:

- UV-A sohalari uchun -10000 mVt/m²;
- UV-B sohalari uchun - 10 mVt/m²;
- UV-C sohalari uchun - ruxsat etilmaydi.

Maxsus kiyim va yuz hamda qo'lni ultrabinafsha nurlanishdan himoya qilish vositalaridan foydalanilganda, UV-B va UV-C sohalari ruxsat etilgan nurlanish intensivligi 1000 mVt/m² dan oshmasligi kerak.

Quyoshning ultrabinafsha nurlanishining ochiq maydonlarda o'z lavozim va kasbiy vazifalarini bajarayotgan ishchilarga ta'sirini baholash yuzasidan O'zbekiston Respublikasi hududi uchun 1-jadvaldan foydalangan holda 10 yillik o'rtacha UV indeksi intensivligining qiymatlari asosida grafik shakllantirildi (1-rasm).



1-rasm. Ultrabinafsha indeksi

Grafik tahlili shuni ko'rsatadiki, ochiq maydonlarda mehnat faoliyatini yilning aprel-sentyabr oylarida olib boradigan ishchi va mutaxassislar quyoshning ultrabinafsha nurlarining xavfli ta'siriga uchraydi. Ma'lumki, UV indeksi 3 dan yuqori bo'lganda ultrabinafsha nurlar ta'siridan himoyalash kerak, ultrabinafsha indeksi 8 va undan yuqori bo'lganda himoya choralarini kuchaytirish talab etiladi.

Kalendar yili davomida ochiq maydonlarda o'z kasbiy vazifalarini bajaradigan turli korxonalarining ishchi va mutaxassislari har doim ham ultrabinafsha nurlaridan himoyalashda quyoshda bo'lish vaqtini cheklash, soyada bo'lish, himoyalovchi ko'zoynak taqish imkoniyatiga ega emas. Yuqoridagi keltirilgan holatda ultrabinafsha nurlaridan ishchi va mutaxassislarni himoyalashda tushayotgan quyoshda bo'lish vaqtini cheklash, soyada bo'lishga harakat qilish, UV-A va UV-B dan 99%-100% himoya qilishni ta'minlaydigan yon panelli ko'zoynak va ko'z, yuz hamda bo'yinni yopadigan keng soyabonli vositalardan foydalanish kerak.

Hayvonlar ustida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, ultrabinafsha nurlanish teri o'sma kasalliklarining kechishi va og'irligini o'zgartirishi mumkin. Shu bilan birga, immunodepressiv dorilarni qabul qiluvchi odamlarda oddiy odamlarga nisbatan yassi hujayrali karsinoma bilan kasallanish darajasi yuqoriroq ekanligi kuzatilgan. Demak, quyosh ta'sirida nafaqat teri saratoni rivojlana boshlashi, balki organizmning himoya xususiyatlari ham zaiflashishi

mumkin. Bu xususiyatlar odatda teri o'smalarining tez rivojlanishini to'xtatib turadi. 1999 yilda 65 mingdan ortiq teri saratoni holati qayd etilgan. Teri saratoni bilan kasallanish hollari XX asrning 80-yillari boshiga nisbatan ikki baravardan ko'proq ko'paygan. Har yili teri saratonidan 2 mingdan ortiq odam vafot etmoqda. Dunyoda har yili taxminan 130 000 kishi xavfli melanoma kasalligiga chalinishi qayd etiladi. Bu holat oq tanli aholi guruhlari orasida o'lim darajasining sezilarli darajada oshishiga olib keladi. Hisoblar bo'yicha, har yili melanoma va teri saratonining boshqa turlaridan 66 ming kishi vafot etadi. Dunyoda har yili taxminan 12-15 million kishi katarakta rivojlanishi tufayli ko'rish qobiliyatini yo'qotadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, bu holatlarning 20 foizi quyosh ta'siri tufayli yuzaga kelishi yoki kuchayishi mumkin [4,5,6].

3. Xulosa

Shu munosabat bilan, "O'zbekiston temir yo'llari" AJning kalendar yili davomida ochiq maydonda o'z kasbiy vazifalarini bajarayotgan xodimlarining mehnat sharoitlarini yaxshilashning birinchi navbatdagi vazifasi quyoshning ultrabinafsha nurlari ta'sirini o'rganishdir. Keyinchalik, olingan natijalar asosida ishchilar, mutaxassislar va ayniqsa yo'l montyorlari faoliyati xavfsizligi hamda sog'lig'iga quyoshning ultrabinafsha indeksining zararli ta'sirini kamaytirishga qaratilgan ilmiy asoslangan innovatsion tashkiliy texnik, sanitariya-gigiyena va profilaktika choratadbirlarini ishlab chiqish zarur.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] X. Kamilov (2025). Fibrogen ta'siriga ega aerozollar ta'siridan kasb kasalliklarini rivojlanish ehtimolligini aniqlash (temir yo'l transportida turg'un bo'lmagan ish o'rinlarida faoliyat yurituvchi xodimlar misolida). *Texnosfera xavfsizligi*, №1 [9]/2025, 3-8.
- [2] Адамович Б.А., Вестяк А.В., Кучеров В.П. Социальная экология - М.: «РАУ-Университет», 2002 - 240с.
- [3] Ультрафиолетовое излучение // (Гигиенические критерии состояния окружающей среды; 160)- Всемирная организация здравоохранения, Женева, 1995-414 с.
- [4] Sadalmelik-собственная работа, ССВУ-SA 3.0, //https://commons.wikimedia.org
- [5] Последствия ультрафиолетового (УФ) излучения для здоровья □Электронный ресурс□ Режим доступа: URL: https://www.who.int/uv/health/uv_health2/ru/
- [6] Последствия ультрафиолетового (УФ) излучения для здоровья (Кожа: солнечные ожоги, загар и старение кожи) □Электронный ресурс□ Режим доступа: URL: https://www.who.int/ru/news-room/q-a-detail/effects-of-uv-radiation-on-eye-immune-system-and-skin
- [7] Сидорович О.И., & Цыпкина Е.А. (2018). Фотодерматозы: профилактика и лечение. Медицинский совет, (12), 132-134.
- [8] Пахомов Андрей Николаевич, Гапапова Наталья Цибиковна, & Пахомова Юлия Владимировна



(2021). ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ. Вестник Тамбовского государственного технического университета, 27 (2), 255-262.

[9] Филатова Альбина Васильевна, Тураев Аббасхан Сабирханович, Выпова Наталья Леонидовна, Азимова Луиза Бахтияровна, Джурабаев Джалол Тургунбаевич, & Худойназаров Ил'с Абдурасулович (2020). Исследование ранозаживляющих и фотозащитных свойств гелевой композиции на модели ультрафиолетовой эритемы. Universum: химия и биология, (3-1 (69)), 28-32.

[10] Таранов, В. В. Ультрафиолетовое излучение и его измерение / В. В. Таранов // Вестник физиотерапии и курортологии. — 2015. — №1–21. — С. 16.

[11] Гушин, М. О. О повреждающем действии ультрафиолетовых лучей на кожу человека / М. О. Гушин, Ю. Н. Проскурнова // Международный

студенческий научный вестник. — 2018. — № 4–2. — С. 221–223..

[12] Ненахова, Е. В. Ультрафиолетовое излучение. Влияние ультрафиолетового излучения на организм человека: Учебное пособие для вузов / Е. В. Ненахова, Л. А. Николаева. — Иркутск : изд-во ИГМУ, 2020. — С. 49–50.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Kamilov Toshkent davlat transport universiteti
Xasan / "Texnosfera xavfsizligi" kafedrasida dotsenti,
Khasan t.f.f.d., (PhD), dotsent
Kamilov E-mail: xasan-kamilov@mail.ru
Tel.: +998977209944
<https://orcid.org/0009-0009-2998-3964>



Relationships and models of service efficiency on a digital transport platform

D.F. Yuldoshev¹^a, S.S. Ilkhomov¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article examines the issues of effectively organizing the activities of digital transport platforms. The introduction of digital technologies into transport and logistics systems in recent years has become an important factor not only in accelerating the service process but also in improving its quality, the rational use of resources, and the provision of services adapted to the needs of clients. The study analyzes the criteria for assessing the effectiveness of transport services and the economic and mathematical relationships formed on the basis of digital platforms. Also, efficiency models based on such indicators as efficiency, reliability, cost reduction, and optimization of transportation volume in the process of providing services have been developed. These models allow for the formation of innovative approaches to managing services through digital platforms in the transport and logistics system, efficient resource allocation, and ensuring sustainable development in the future. The results of the article will serve as a useful methodological basis for transport and logistics providers, digital system developers, and scientific researchers in their practical activities.

Keywords: transport and logistics services, cargo delivery, types of activities, regression, variance, normalized cost, efficiency, logistics analysis

Raqamli transport platformasida xizmat ko'rsatish samaradorligi munosabatlari va modellari

Yo'ldoshev D.F.¹^a, Ilhomov S.S.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada raqamli transport platformalari faoliyatini samarali tashkil etish masalalari o'rganilgan. So'nggi yillarda transport-logistika tizimlarida raqamli texnologiyalarning joriy etilishi nafaqat xizmat ko'rsatish jarayonini tezlashtirish, balki uning sifatini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va mijozlar ehtiyojiga moslashtirilgan xizmatlarni taqdim etishda muhim omil bo'lib xizmat qilmoqda. Tadqiqotda transport xizmatlari samaradorligini baholash mezonlari hamda raqamli platformalar asosida shakllanadigan iqtisodiy-matematik munosabatlar tahlil qilinadi. Shuningdek, xizmat ko'rsatish jarayonida operativlik, ishonchlilik, xarajatlarni kamaytirish va tashish hajmini optimallashtirish kabi ko'rsatkichlar asosida samaradorlik modellari ishlab chiqilgan. Ushbu modellar transport-logistika tizimida raqamli platformalar orqali xizmatlarni boshqarishning innovatsion yondashuvlarini shakllantirish, resurslarni samarali taqsimlash va kelgusida barqaror rivojlanishni ta'minlash imkonini beradi. Maqola natijalari amaliyotda transport-logistika provayderlari, raqamli tizimlar ishlab chiquvchilari hamda ilmiy tadqiqotchilar uchun foydali metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: transport-logistik xizmatlar, yuk yetkazib berish, faoliyat turlari, regressiya, dispersiya, normallashtirilgan baho, samaradorlik, logistika tahlili

1. Kirish

Hozirgi kunda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi iqtisodiyotning barcha sohalarida, jumladan transport-logistika tizimida ham samaradorlikni oshirishning muhim omili sifatida namoyon bo'lmoqda. Ayniqsa, yuk tashish xizmatlari bozorida raqamli platformalar orqali tashuvchilar va mijozlar o'rtasidagi o'zaro munosabatlarni tartibga solish, ma'lumot almashish jarayonlarini tezlashtirish va operatsiyalarni optimallashtirish ehtiyoji tobora kuchaymoqda [1].

Jizzax shahri misolida amalga oshirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy usullarda tashkil etilgan yuk tashish jarayonlari ma'lumot uzatishdagi sekinlik, yuk tashuvchi va mijoz o'rtasidagi munosabatlarda shaffoflikning yetarli emasligi, ortiqcha vaqt va mablag' sarflanishi kabi muammolar bilan tavsiflanadi. Bunday holatlar transport-logistika infratuzilmasining samaradorligini pasaytiradi hamda iqtisodiy yo'qotishlarga sabab bo'ladi [2].

Shu bois ishlab chiqilgan raqamli platforma Jizzax shahridagi yuk tashish jarayonlariga joriy etildi va sinov tadqiqotlari amalga oshirildi. Ushbu platforma tashuvchilar

^a <https://orcid.org/0000-0002-6042-2737>

^b <https://orcid.org/0000-0003-2305-5242>



va mijozlar o'rtasidagi aloqalarni avtomatlashtirish, buyurtmalarni real vaqt rejimida qayd etish va yuk harakatini kuzatish imkoniyatini berdi. Platformaning ishga tushirilishi natijasida foydalanuvchilar sonining ortishi bilan bog'liq holda qator o'zgarishlar kuzatildi, jumladan: tashuvchi va mijoz o'rtasidagi aloqa vaqtining qisqarishi, yuk tashuvchilarning yuk hosil bo'luvchi manzilgacha bo'lgan o'rtacha masofasining kamayishi hamda umumiy yuk tashish hajmining o'sishi [3].

Ushbu o'zgarishlarning ilmiy asosda baholanishi muhim ahamiyatga ega. Xususan, foydalanuvchilar soni, aloqa vaqti, masofa va yuk tashish hajmi kabi ko'rsatkichlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlash orqali raqamli platformaning samaradorlik darajasi chuqur tahlil qilinishi mumkin. Bu jarayonda korrelyatsiya va regressiya tahlillari muhim o'rin tutadi. Chunki ular orqali foydalanuvchilar sonining ortishi va aloqa vaqtini qisqarishi o'rtasidagi manfiy korrelyatsiya, masofa va yuk tashish hajmi o'rtasidagi ijobiy bog'liqlik aniqlanishi mumkin [4].

Shu tarzda tadqiqotning dolzarbligi raqamli platformaning tashuvchi va mijoz o'rtasidagi munosabatlarga ko'rsatayotgan ta'sirini ilmiy jihatdan baholash va uning transport-logistika tizimidagi samaradorlikni oshirishdagi ahamiyati bilan belgilanadi. Tadqiqot ishi qamrab olgan geografik hudud Jizzax shahrini o'z ichiga oladi. Jizzax shahrida yuk tashish faoliyatining asosiy ko'rsatkichlarining raqamli platformalar asosidagi logistik yechimlarga bog'liqligini tavsiflovchi statistikasi bo'yicha tizimli tadqiqot o'tkazildi. Tadqiqotda parametrlarning bir yoki nechta mustaqil o'zgaruvchilarga bog'liqligini aniqlash maqsadida statistik tadqiqot usullari toifasiga kiruvchi korrelyatsion va regression tahlillar amalga oshirildi [5].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Quyidagi ma'lumotlarga asoslanib normal chiziqli tenglamalar tizimining koeffitsiyentlarini jadval yordamida hisoblab chiqamiz (1-jadval).

Natijaviy belgilarning o'rtacha darajasi (\bar{Y}_x) bilan omil (x) o'rtasidagi korrelyatsion bog'lanishni ifodalaydigan regressiyaning chiziqli tenglamasi quyidagicha aniqlanadi [6]:

$$\bar{Y}_x = a_0 + a_1x; \quad (1)$$

Bu yerda,

a_0 - ozod had

a_1 - regressiya tenglamasining koeffitsiyenti

Bunda regressiya tenglamasining parametrlarini aniqlash uchun quyidagi normal chiziqli tenglamalardan foydalanildi

$$n a_0 + a_1 \sum x = \sum y$$

$$a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum xy \quad (2)$$

Bu yerda,

n - to'plamning miqdori

X_1, X_2, \dots, X_n - omil belgilarining haqiqiy qiymatlari;

y_1, y_2, \dots, y_n - natijaviy belgilarning haqiqiy qiymatlari.

Tizimning parametrlarga nisbatan umumiy yechimi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi

$$a_0 = - \frac{\sum y \sum x^2 - \sum yx * \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3)$$

Bu boshlang'ich nuqta bo'lib, $x=0$ bo'lgan holda y qanday qiymatga ega bo'lishini ko'rsatadi.

Agar a_0 manfiy bo'lsa, bu degani ta'sir etuvchi omil yo'q holatda natija (foydalanish darajasi) minimal yoki yo'qolib ketishini anglatadi.

$$a_1 = \frac{n \sum yx - \sum y * \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Bu regressiya chizig'ining moyillik koeffitsienti.

$a_1 > 0$ bo'lsa — omilning natijaga ta'siri **musbat**, ya'ni omil ortgan sari y ham ortadi.

$a_1 < 0$ bo'lsa — ta'sir **salbiy**, ya'ni omil ko'paygani bilan natija pasayadi.

1-jadval

Platforma orkali yukni bron kilishda sarflanadigan o'rtacha vaqtning o'zgarishi bo'yicha hasob natijalari

t/r	Platformadagi foydalanuvchilar sonining o'zgarishi - (x)	Platforma orkali yukni bron kilishda sarflanadigan o'rtacha vaqtning o'zgarishi (y)	X ²	x y	Y _x = 22.4 - 0.06 6x
1	2	24	4	48	22,308
2	4	23,8	16	95,2	22,176
3	6	23,6	36	141,6	22,044
4	9	23	81	207	21,846
5	10	22,8	100	228	21,78
6	13	22,5	169	292,5	21,582
7	15	22	225	330	21,45
8	19	21,7	361	412,3	21,186
9	22	21,5	484	473	20,988
10	27	21,1	729	569,7	20,658
11	30	21	900	630	20,46
12	32	19,9	1024	636,8	20,328
13	35	19,7	1225	689,5	20,13
14	39	19	1521	741	19,866
15	42	18,5	1764	777	19,668
16	46	18,4	2116	846,4	19,404
17	50	18,2	2500	910	19,14
18	55	18	3025	990	18,81
19	60	17,7	3600	1062	18,48
20	65	17,2	4225	1118	18,15
21	69	17	4761	1173	17,886
22	70	16,8	4900	1176	17,82



23	75	16,6	5625	1245	17,4 9
24	77	16,2	5929	1247, 4	17,3 58
25	81	16	6561	1296	17,0 94
26	85	15,5	7225	1317, 5	16,8 3
27	87	15,3	7569	1331, 1	16,6 98
28	92	15,1	8464	1389, 2	16,3 68
29	100	15	1000 0	1500	15,8 4
30	120	14,7	1440 0	1764	14,5 2
31	134	14,4	1795 6	1929, 6	13,5 96
32	140	14,2	1960 0	1988	13,2
33	144	14	2073 6	2016	12,9 36
34	148	13,5	2190 4	1998	12,6 72
35	151	13,6	2280 1	2053, 6	12,4 74
36	155	13,2	2402 5	2046	12,2 1
37	157	13	2464 9	2041	12,0 78
38	162	12,5	2624 4	2025	11,7 48
39	166	12	2755 6	1992	11,4 84
40	170	10	2890 0	1700	11,2 2
Ja mi	2964	702,2	3339 10	44426 ,4	

$$40a_0 + 2964a_1 = 702.2$$

$$2964a_0 + 333910a_1 = 44426.4 \quad (5)$$

Har bir tenglamaning hadlarini a_0 koeffitsiyenti oldidagi soniga bo'lib chiqamiz

$$a_0 + 74.1 a_1 = 17.55 ;$$

$$a_0 + 112.6 a_1 = 14.99 \quad (6)$$

Ikkinchi tenglamadan birinчисini ayirib chiqsak u holda:

$$38.5a_1 = -2.56, \text{ bu yerda } a_1 = \frac{-2.56}{38.5} = -0.066 \quad (7)$$

a_1 qiymatni birinchi tenglamaga qo'yib, a_0 ning qiymatini aniqlaymiz:

$$a_0 + 74.1 * -0.066 = 17.55$$

$$a_0 = 17.55 + 4.89 = 22.44 \quad (8)$$

Tenglama parametrlari $a_0 = 22.44$, $a_1 = -0.066$

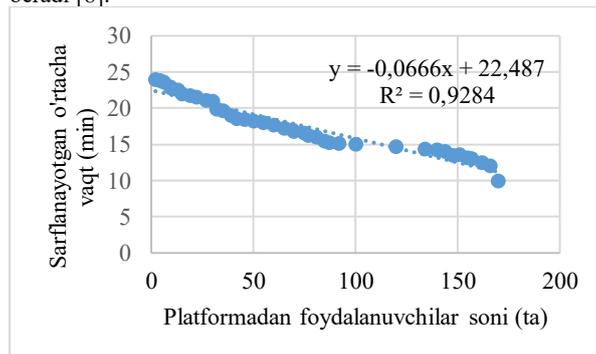
Olib borilgan hisob-kitoblar natijasiga ko'ra, platforma orqali yukni bron qilishda sarflanadigan o'rtacha vaqt (y) bilan platformadan foydalanuvchilar sonining o'zgarishi (x) o'rtasida barqaror va sezilarli salbiy korrelyatsion bog'lanish mavjud. Ya'ni, foydalanuvchilar soni ortishi bilan vaqt sarfi izchil ravishda kamayib boradi. Qurilgan chiziqli regressiya tenglamasi ushbu jarayonning matematik modelini aks ettiradi [7]:

$$Yx = 22.44 - 0.066x$$

Bu yerda $a_0 = 22.44$ platformadan minimal foydalanish holatidagi o'rtacha vaqtni, $a_1 = -0.066$ esa har bir qo'shimcha foydalanuvchi hisobiga bron qilish vaqti 0.066 birlikka qisqarishini ko'rsatadi.

Shunday qilib, tahlil natijalari platformadan foydalanuvchilar soni ko'payishi bilan xizmat ko'rsatish

samaradorligi ortib, yukni bron qilish jarayoni vaqti sezilarli ravishda qisqarayotganini isbotlaydi (1-rasm). Bu esa raqamli transport platformalarida resurslardan samarali foydalanish va xizmat ko'rsatish sifatini oshirish imkonini beradi [8].



1-rasm. Platformadan foydalanuvchilar sonining ortishini sarflanayotgan o'rtacha vaqtning o'zgarishiga bog'liqligi

Bizning misolimizda platformadan foydalanuvchilar sonining ortishi yukni bron qilish uchun sarflanadigan o'rtacha vaqtning kamayishiga ta'sir etuvchi omil (2-jadval).

2-jadval
Statistik ko'rsatkichlarning regression hisob natijalari

Regression statistika	Ko'rsatkich qiymati
Ko'p darajali R	0,963381
R-kvadrat	0,928103
normallashtirilgan R-kvadrat	0,92616
Standart xatolik	0,98842

Regression hisob bo'yicha olingan natija ko'rsatkichlarning ta'siri yetarlicha bog'liqlik mavjud va ko'rsatkichlar ustidagi tahlillarni chuqurroq bajarishga asos deb hisoblash mumkin (R –kvadrat 0.92) (3 va 4-jadvallar).

3-jadval

Dispersion tahlil natijalari

	df	SS	MS	F ning ahamiyatliligi
Regressiya	1	431,4218	431,4218	2,92E-05
qoldiq	14	164,3282	11,73773	
jami	15	595,75		

4-jadval

Regression tahlil natijalari

	Koeffitsiyentlar	Standart xatolik	t-statistika	P-ko'rsatkich
y	22,36025	0,277087	80,69764	21,7988155

3. Xulosa

Olib borilgan regressiya tahlili natijalari platformadan foydalanuvchilar soni bilan yukni bron qilishda sarflanadigan vaqt orasidagi bog'lanishni yuqori aniqlik bilan ifodalaydi. Xususan Ko'p darajali korrelyatsiya koeffitsienti ($R=0.96$) juda yuqori qiymat bo'lib, omillar orasida kuchli bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. $R^2=0.92$ natijasi yukni bron qilish vaqtidagi o'zgarishlarning 92% qismi platformadan foydalanuvchilar soni bilan



izohlanishini anglatadi. Bu esa modelning prognoz qilishda ishonchli ekanligini ko'rsatadi. Standart xato (0.98) past qiymatda bo'lib, prognoz va real natijalar o'rtasidagi farq katta emasligini anglatadi [9].

Dispersion tahlil natijalariga ko'ra, F-statistika va uning ahamiyatlilik darajasi ($p < 0.05$) regressiya tenglamasining umumiy statistik ahamiyatli ekanligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, tahlil natijalari platformadan foydalanuvchilar sonining ortishi yukni bron qilish vaqtiga sezilarli va salbiy ta'sir ko'rsatishini, ya'ni foydalanish ko'paygan sari xizmat vaqti qisqarayotganini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlarini tasdiqlash to'g'risida. PF-6079 05.10.2020.
- [2] "Logistics 4.0 Towards Digitization". Vincent Bamberger, Florent Nansé, Bernd Schreiber, Michael Zintel. 2018
- [3] Werner, H. (2019). "Supply Chain Management"
- [4] Alias, C., Zahlmann, M., Olalla, F. E. A., Iwersen, H., & Noche, B. (2019). "Design of intelligent logistics processes using cyberphysical systems and complex processing of events."
- [5] Цифровая экономика 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://raec.ru> (дата обращения: 19.12.2019).
- [6] Логистика и управление цепями поставок : учебник для академического бакалавриата / В. В. Щербаков [и др.] ; под ред. В. В. Щербакова. М. Юрайт, 2019. 582 с.
- [7] Sangeet P. Choudary, Marshall W. Van Alstyne, Geoffrey G. Parker. Plat-forms and Blockchain Will

Transform Logistics // Harvard Business Review. 2019. Vol.1.

[8] Journal "Prospects of the transport industry" 2020. Germany

[9] Ильхомов С.С. (2023). Основные научные характеристики повышения эффективности диспетчерского управления в грузовых логистических центрах. The scientific journal vehicles and roads, 2023 №2, 80-88.

[10] Ilhomov S. S. (2023) Tashishni tashkil etishda dispatcherlik tizimini texnik ta'minlash kompleksining tavsifi. Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali, 2023, №2 (11), 249-256

[11] S.S. Ilhomov. (2023) Yuk tashish logistikasida dispatcherlik tizimini texnik ta'minlash kompleksining tavsifi. "Yosh ilmiy tadqiqotchi" II xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, 4-9.

[12] <https://muse.jhu.edu/issue/35746>

[13] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14742087/>

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Yo'ldoshev Davron Furkat o'g'li / Yoldoshev Davron Furkat ugli	Toshkent davlat transport universiteti "Transport logistikasi" kafedrası v.b. dotsenti, t.f.f.d., (PhD) E-mail: davron.yoldoshev@bk.ru Tel.: +998974114169 https://orcid.org/0000-0002-6042-2737
Ilhomov Sardor Sobir o'g'li / Ilkhomov Sardor Sobir ugli	Toshkent davlat transport universiteti "Transport logistikasi" kafedrası tayanch doktoranti E-mail: sardor.uz93@gmail.com Tel.: +998973335598 https://orcid.org/0000-0003-2305-5242



Modern approaches to enhancing communication security in telecommunication infrastructure

A.Sh. Khurramov¹^a, N.N. Irgashev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes modern approaches to ensuring communication security in telecommunication infrastructure. In recent years, the widespread adoption of information and communication technologies, particularly IP telephony, mobile communications, and fiber-optic networks, has brought the issue of enhancing cybersecurity to the forefront. The study examines cyber threats specific to telecommunication networks, including DoS/DDoS attacks, data interception (sniffing, eavesdropping), call redirection (hijacking), and fraudulent schemes (vishing). The effectiveness of various protection measures was evaluated, such as cryptographic methods (TLS, SRTP, VPN), network security tools (firewall, IDS/IPS, VLAN), and organizational measures (user authentication, password policies, staff training). The findings indicate that implementing a comprehensive approach to protective measures significantly increases the stability and reliability of telecommunication systems. The proposed solutions hold practical significance for the development of the national telecommunication infrastructure within the framework of the "Digital Uzbekistan – 2030" strategy.

Keywords: telecommunication infrastructure, IP telephony, cybersecurity, TLS, SRTP, VPN, IDS/IPS, communication security

Telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini oshirishning zamonaviy yondashuvlari

Xurramov A.Sh.¹^a, Irgashev N.N.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini ta'minlashning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilinadi. So'nggi yillarda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining keng qo'llanilishi, xususan, IP-telefoniya, mobil aloqa va optik tolali tarmoqlarning joriy etilishi bilan bir qatorda ularning kiberxavfsizlik darajasini oshirish dolzarb masalaga aylandi. Tadqiqotda telekommunikatsiya tarmoqlariga xos kiber tahdidlar - DoS/DDoS hujumlari, ma'lumotlarni tinglash (sniffing, eavesdropping), qo'ng'iroqlarni yo'naltirish (hijacking) hamda firibgarlik usullari (vishing) batafsil o'rganildi. Aloqa xavfsizligini oshirishda qo'llaniladigan kriptografik usullar (TLS, SRTP, VPN), tarmoq himoyasi vositalari (firewall, IDS/IPS, VLAN) hamda tashkiliy choralar (foydalanuvchi autentifikatsiyasi, parol siyosati, xodimlarni o'qitish) samaradorligi baholandi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, kompleks yondashuv asosida himoya choralarini joriy etish telekommunikatsiya tizimlarining barqarorligi va ishonchligini sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilgan yechimlar "Raqamli O'zbekiston - 2030" strategiyasi doirasida milliy telekommunikatsiya infratuzilmasini rivojlantirish uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: telekommunikatsiya infratuzilmasi, IP-telefoniya, kiberxavfsizlik, TLS, SRTP, VPN, IDS/IPS, aloqa xavfsizligi

1. Kirish

Bugungi kunda telekommunikatsiya infratuzilmasi global iqtisodiyotning barcha sohaslarida muhim ahamiyat kasb etib, jamiyatning axborot almashinuvi, xavfsizlik va boshqaruv jarayonlarining ajralmas qismi sifatida faoliyat yuritmoqda. Internet, mobil aloqa, optik tolali tarmoqlar va IP-telefoniya kabi texnologiyalarning jadal rivojlanishi axborot uzatish samaradorligini keskin oshirdi. Shu bilan birga, mazkur tizimlarning kiberxavfsizlik darajasini ta'minlash masalasi dolzarb muammo sifatida shakllandi [1-

2]. IP-telefoniyani tashkil etishning tuzilmaviy sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

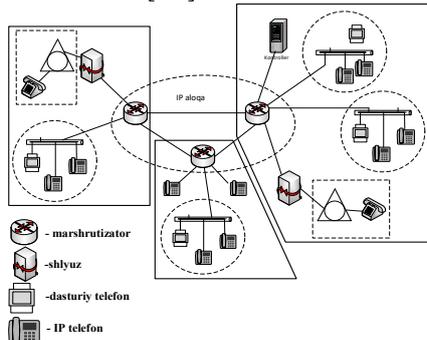
Telekommunikatsiya tizimlarida yuzaga keladigan xavf-xatarlar turlicha bo'lib, ularga xizmat ko'rsatishni rad etish (DoS/DDoS) hujumlari, ma'lumotlarni noqonuniy tinglash (sniffing, eavesdropping), qo'ng'iroqlarni o'g'irlash (hijacking) hamda firibgarlik usullari (vishing) kiradi. Bunday tahdidlar nafaqat alohida foydalanuvchilar, balki butun milliy infratuzilma xavfsizligi uchun ham jiddiy xatar tug'diradi. Shu sababli telekommunikatsiya sohasida aloqa

^a <https://orcid.org/0000-0002-8443-9250>

^b <https://orcid.org/0009-0000-3736-1748>

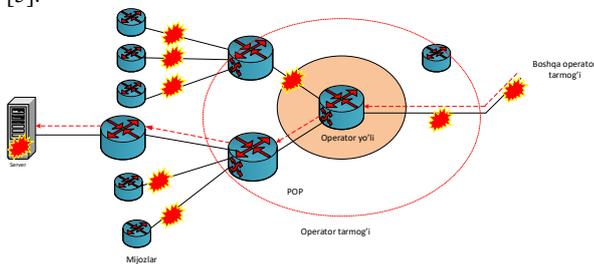


tizimlarini himoyalash bo'yicha zamonaviy yondashuvlarni joriy etish talab etiladi [3-4].



1-rasm. IP-telefoniya tashkil etish tamoyillari

Oxirgi yillarda axborot xavfsizligini ta'minlashda kriptografik protokollar (TLS, SRTP, VPN), tarmoq himoyasi vositalari (firewall, IDS/IPS, VLAN) va tashkiliy choralar (parol siyosati, foydalanuvchini autentifikatsiya qilish, xodimlarni maxsus tayyorlash) keng qo'llanila boshlandi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt asosida ishlovchi tarmoq monitoring tizimlari, 5G va 6G tarmoqlarida xavfsizlikni mustahkamlash, shuningdek, kvant kriptografiya kabi istiqbolli yondashuvlar ham tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlaridan biriga aylanmoqda [5].



2-rasm. IP-telefoniya tarmog'iga kiber ta'sirlar

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi zamonaviy yondashuvlarni tahlil qilish va ularning amaliy samaradorligini baholashdan iborat. Olingan natijalar milliy raqamli infratuzilmani mustahkamlash va "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasida belgilangan ustuvor yo'nalishlarga muvofiq telekommunikatsiya tizimlarini yanada rivojlantirishga xizmat qiladi.

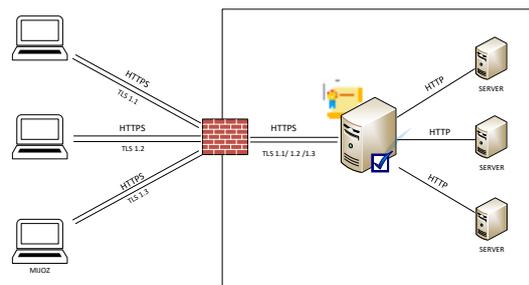
2. Tadqiqot metodologiyasi

Telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini oshirish bo'yicha tadqiqotda kompleks yondashuv qo'llanildi. Avvalo, mavjud tarmoqlar arxitekturasini, jumladan, IP-telefoniya, mobil aloqa, optik tolali tarmoqlar hamda korporativ LAN/WAN tizimlari nazariy jihatdan tahlil qilindi. Shu asosda paket kommutatsiyasi, trafik oqimlari va xizmatlar integratsiyasi sxematik modellashtirildi [6-7].

Keyingi bosqichda telekommunikatsiya tizimlariga xos bo'lgan kiberxavf-xatarlar, jumladan, xizmat ko'rsatishni rad etish (DoS/DDoS) hujumlari, ma'lumotlarni noqonuniy tinglash (sniffing, eavesdropping), qo'ng'iroqlarni o'g'irlash (hijacking) va firibgarlikning ovozi usullari (vishing) o'rganilib, ularning aloqa sifati va barqarorligiga ta'siri modellashtirildi.

Tadqiqot davomida aloqa xavfsizligini oshirishda qo'llaniladigan texnologik yondashuvlar ham atroflicha o'rganildi. Xususan, kriptografik protokollar - TLS, SRTP, IPsec va VPN orqali ma'lumotlarning maxfiyligi, yaxlitligi va autentifikatsiyasi ta'minlandi [8]. Shu bilan birga, tarmoq himoyasi vositalari - apparat va dasturiy firewalls, IDS/IPS tizimlari (Snort, Suricata), VLAN texnologiyasi hamda Session Border Controller (SBC) kabi yechimlar tahlil qilinib, ularning samaradorligi paketlarni filtrlash, zararli trafikni aniqlash va bloklash tezligi, noto'g'ri ogohlantirishlar chastotasi kabi ko'rsatkichlar asosida baholandi.

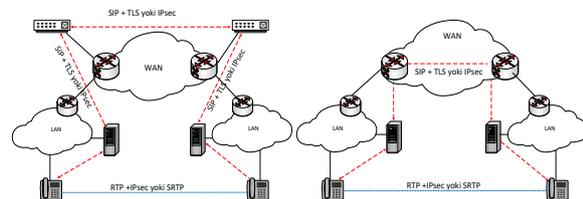
Metodologiyada texnologik yondashuvlardan tashqari tashkiliy choralar ham alohida ahamiyat kasb etdi. Kuchli parol siyosati, ikki bosqichli autentifikatsiya (2FA), muntazam audit va tizim yangilanishlari, xodimlarni kiberxavfsizlik bo'yicha tayyorlash, real vaqt rejimidagi monitoring va log tahlili aloqa tizimlarida xavfsizlikni mustahkamlashning samarali yo'llari sifatida qo'llanildi.



3-rasm. Tizim himoyalash arxitekturasi diagrammasi

Baholash jarayonida qiyosiy tahlil, simulyatsiya va statistik usullardan foydalanildi: TLS, SRTP va VPN protokollarining samaradorligi solishtirildi, DDoS hujumlarning tarmoqqa ta'siri modellashtirildi, paket yo'qotish darajasi, kechikish va throughput kabi ko'rsatkichlar hisoblab chiqildi. Bundan tashqari, ekspert bahosi asosida tashkiliy choralar amaliy jihatdan tekshirildi [9-10].

RTP (Real-Time Transport Protocol) - bu IP tarmoq orqali, ayniqsa UDP transport qatlami asosida, real vaqt rejimidagi ma'lumotlarni, masalan, audio va video kabi oqimlarni uzatish uchun ishlab chiqilgan protokol (standart RFC 3550). Ushbu protokolning xavfsizligi ta'minlangan versiyasi SRTP (Secure RTP) deb ataladi va u RFC 3711 hujjatida tasvirlangan.



4-rasm. IP-telefoniya tarmog'ida signal va media oqimlarini himoyalash sxemasi

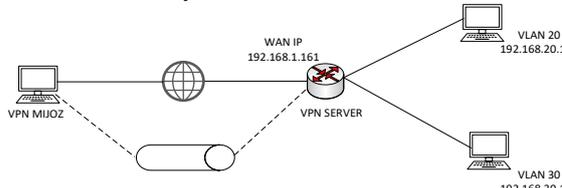
Shu tariqa, metodlar qismida nazariy modellashtirish, kriptografik va tarmoq himoyasi protokollarini o'rganish, simulyatsiya asosida tahdidlarni baholash hamda tashkiliy yechimlarni tatbiq etish orqali telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini ta'minlash uchun kompleks metodologiya ishlab chiqildi.



3. Natijalar

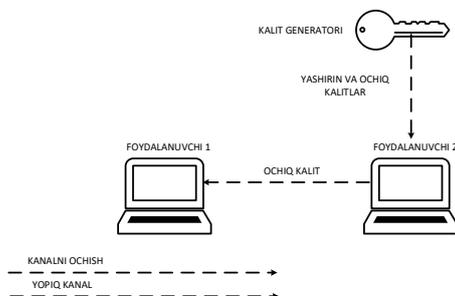
O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini oshirish uchun qo'llaniladigan texnologik va tashkiliy yondashuvlarning samaradorligi baholandi. Kriptografik protokollar bo'yicha olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, TLS transport darajasida sessiya xavfsizligini ta'minlashda yuqori darajada samarali bo'lib, autentifikatsiya jarayonida ma'lumotlarning yaxlitligini kafolatlaydi. SRTP protokoli ovoz va video oqimlarida shifrlashni ta'minlab, "eavesdropping" tahdidlariga qarshi samarali himoya berdi. VPN va IPsec texnologiyalari esa segmentlararo aloqada yuqori darajada maxfiylikni ta'minladi, biroq ularning qo'llanilishi hisoblash resurslari sarfini oshirishi aniqlangan [11].

Tarmoq darajasidagi himoya vositalari samaradorligi bo'yicha o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, apparat va dasturiy firewalllar orqali trafikni filtrlash DDoS hujumlariga qarshi birlamchi himoya sifatida muhim rol o'ynaydi. IDS/IPS tizimlari (Snort, Suricata) real vaqt rejimida hujumlarni aniqlash va bloklashda yuqori aniqlikka ega bo'ldi, lekin noto'g'ri signal (false positive) chastotasi 5-7% atrofida qayd etildi. VLAN asosida segmentatsiya esa tarmoq yuklamasini kamaytirib, paketlarni mantiqiy bo'linmalarga ajratish orqali xavfsizlikni oshirdi. Session Border Controller (SBC) VoIP seanslarini himoyalashda samarali bo'lib, qo'ng'iroqlarni o'g'irlash (hijacking) xavfini keskin kamaytirdi.



5-rasm. VPN Server va VLANlar bilan tarmoqning ulanish konfiguratsiyasi

Tashkiliy choralar bo'yicha olib borilgan baholash natijalarida muntazam audit va tizim yangilanishlari, foydalanuvchilarni ikki bosqichli autentifikatsiya orqali tizimga kiritish hamda xodimlarni muntazam ravishda kibernet xavfsizlik bo'yicha o'qitish xavfsizlik darajasini oshirishda muhim omil ekanligi tasdiqlandi. Ayniqsa, log fayllarni real vaqt rejimida monitoring qilish orqali hujumlarni dastlabki bosqichida aniqlash mumkinligi kuzatildi.



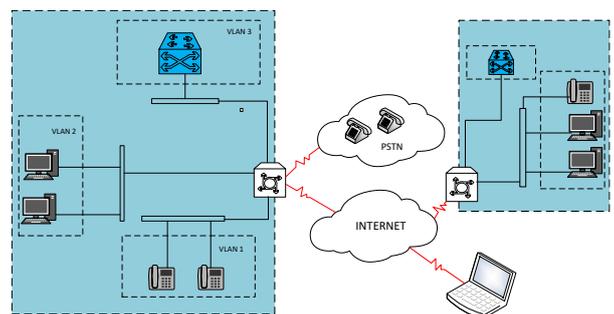
6-rasm. Assimetrik shifrlash uchun kalitlarni taqsimlash sxemasi

Simulyatsiya asosida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, DDoS hujumlari paytida himoyasiz tarmoqda paket yo'qotish darajasi 35-40% gacha oshsa, firewall va IDS/IPS tizimlari qo'llangan holda bu ko'rsatkich 10-12%

gacha kamaydi. Kriptografik protokollar qo'llanilgan tarmoqlarda ma'lumotlarning maxfiyligi va yaxlitligi to'liq saqlandi, biroq qo'shimcha kechikish 20-40 millisekundni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich telekommunikatsiya xizmatlari sifati uchun qabul qilinadigan darajada ekanligi qayd etildi.

Umuman olganda, natijalar shuni tasdiqladiki, telekommunikatsiya infratuzilmasida xavfsizlikni ta'minlashda yagona bir texnologiya yetarli emas, balki kriptografik protokollar, tarmoq himoyasi vositalari va tashkiliy choralarini kompleks qo'llash eng yuqori samaradorlikni beradi. Mazkur yondashuv aloqa tizimlarining barqarorligini, uzluksizligini va ishonchligini sezilarli darajada oshiradi.

Natijalarni boshqa ilmiy ishlanmalar bilan solishtirganda ham o'xshash xulosalarga kelindi. Masalan, xalqaro tadqiqotlarda SRTP protokoli ovozli trafikni himoyalashda samarali ekanligi qayd etilgan bo'lsa, bizning simulyatsiya tajribalarimiz ham aynan shu natijani tasdiqladi. Bundan tashqari, DDoS hujumlariga qarshi faqat apparat darajasida emas, balki tarmoq segmentatsiyasi va trafikni boshqarish mexanizmlarini qo'llash yanada yuqori darajadagi barqarorlikni ta'minlashi aniqlangan.



7-rasm. Taklif etilayotgan himoya tizimini tashkil qilish tuzilmaviy sxemasi

Kelajak istiqbollari nuqtai nazaridan, telekommunikatsiya infratuzilmasida xavfsizlikni oshirishda yangi avlod texnologiyalari muhim o'rin tutadi. 5G va 6G tarmoqlarining keng joriy etilishi, ularda ko'p sonli qurilmalar va xizmatlarning ulanishi xavfsizlik masalalarini yanada dolzarb qiladi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini ta'minlashning eng samarali yo'li - bu texnologik vositalar va tashkiliy choralarini uyg'unlashtirgan kompleks yondashuvni amaliyotga joriy etishdir.

4. Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini ta'minlash murakkab va ko'p qirrali jarayon bo'lib, u yagona texnologiya yoki yechimga tayanish orqali to'liq amalga oshirilmaydi. Kriptografik protokollar - TLS, SRTP, VPN va IPsec - ma'lumotlarning maxfiyligi, yaxlitligi va autentifikatsiyasini ta'minlashda muhim vositalar hisoblanadi. Shu bilan birga, tarmoq darajasidagi himoya vositalari firewall, IDS/IPS tizimlari, VLAN asosida segmentatsiya va Session Border Controller kabi yechimlar hujumlarning oldini olishda va ularni tezkor aniqlashda samarali ekanligi isbotlandi.



Biroq, texnologik choralar bilan cheklanib qolish yetarli emasligi aniqlandi. Aloqa xavfsizligini oshirish uchun tashkiliy choralar - foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish, kuchli parol siyosatini joriy etish, muntazam audit va yangilanishlar, xodimlarni kiberxavfsizlik bo'yicha tayyorlash texnologik vositalar bilan uyg'unlashtirilgan holda qo'llanganda eng yuqori samaraga erishiladi.

Simulyatsiya va tahlillar natijasida aniqlanishicha, kompleks yondashuv asosida himoya choralarini joriy etish telekommunikatsiya tizimlarida paket yo'qotish darajasini kamaytiradi, DDoS hujumlarining ta'sirini sezilarli darajada pasaytiradi hamda ma'lumotlarning maxfiyligi va yaxlitligini kafolatlaydi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, telekommunikatsiya infratuzilmasida aloqa xavfsizligini oshirishning zamonaviy yondashuvlari tizimning barqarorligi, uzluksizligi va ishonchligini oshirish bilan birga, foydalanuvchi tajribasini yaxshilashga ham xizmat qiladi.

Tadqiqotdan kelib chiqadigan asosiy xulosa shundaki, kelajakda telekommunikatsiya tizimlarini rivojlantirishda sun'iy intellekt asosida ishlovchi monitoring tizimlari, 5G/6G tarmoqlarida xavfsizlikni mustahkamlash hamda kvant kriptografiya kabi istiqbolli texnologiyalarni joriy etish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuvlar "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi doirasida milliy raqamli infratuzilmani yanada kuchaytirish uchun muhim poqdevor bo'lib xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Бахраев Р.Ш. IP-телефония: технологии и защита. – Москва: Солон-Пресс, 2020. – 224 с.
- [2] Карпов А.В. IP телефония и мультимедийные технологии связи. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 288 с.
- [3] Соловьев А.В. Технологии VoIP и построение IP-сетей. – Казань: Техносфера, 2020. – 240 с.

[4] Касымхан Н.Е. Анализ обеспечения безопасности в IP-телефонии: Дипломная работа. – Алматы: КазНИТУ, 2022. – 56 с.

[5] Молчанов И.В. Киберугрозы в IP-сетях и методы защиты. – Москва: ДМК Пресс, 2021. – 304 с.

[6] Шахов И.В. Информационная безопасность с pfSense и Snort. – Москва: БХВ-Петербург, 2020. – 352 с.

[7] Чиркин С.Л. VLAN технологии и изоляция трафика. – Минск: РадиоСофт, 2021. – 256 с.

[8] Павлов С.Н. Системный подход к защите IP-телефонии. – Москва: Инфра-М, 2020. – 196 с.

[9] Cisco Systems. VoIP Essentials and Fundamentals Guide. – Cisco Press, 2022. – 196 p.

[10] Dierks T., Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2: RFC 5246. – IETF, 2021. – 74 p.

[11] Хуррамов А. Ш., Уроков О. Х., Иргашев Н. Н. Анализ и оценка факторов, влияющих на сеть оперативной технологической радиосвязи на основе IP-радиотерминалов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2024. – № 5. – DOI: 10.36535/0236-1914-2024-05-4.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Xurramov Asliddin /
Khurramov Asliddin
E-mail:

Toshkent davlat transport universiteti
"Radioelektron qurilmalar va tizimlar"
kafedrasida dotsent v.b., t.f.f.d., (PhD)

asliddinxurramov703@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8443-9250>

Irgashev Nuriddin /
Nuriddin Irgashev

Toshkent davlat transport universiteti
"Radioelektron qurilmalar va tizimlar"
kafedrasida assistenti
E-mail: irgashev_nn@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0000-3736-1748>



Modern condition and development prospects of train operation management on the “Angren–Pop–Angren” railway corridor of JSC “Uzbekistan Railways”

M.N. Masharipov¹^a, R.Sh. Bozorov¹^b, U.U. Khusenov¹^c, E.A. Asatov¹^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes one of the pressing issues in railway transport is the efficient use of train throughput and carrying capacity on complex mountainous railway sections by optimizing the weight and speed of freight trains. To this end, the application of resource-saving technologies in the organization of train operations on railway sections, as well as the implementation of scientifically grounded practical recommendations for optimizing their mass and speed, ensures the rational utilization of train throughput capacity. The main qualitative and quantitative indicators of railway sections include the existing and required throughput capacity, sectional and technical speeds, as well as the volume of transported freight.

Keywords: railway section, capacity, carrying capacity, gross weight, net weight

“O‘TY” AJning “Angren-Pop-Angren” temir yo‘l yo‘nalishida poyezdlar harakatini tashkil etishning zamonaviy holati va istiqbollari

Masharipov M.N.¹^a, Bozorov R.Sh.¹^b, Xusenov O‘.O‘.¹^c, Asatov E.A.¹^d

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada temir yo‘l transportining dolzarb muammolaridan biri yuk poyezdlarining og‘irligi va tezligini optimallashtirish orqali murakkab tog‘li temir yo‘l uchastkalarida poyezd o‘tkazuvchanligi va tashuvchanlik qobiliyatidan samarali foydalanish masalasi tahlil qilinadi. Shu maqsadda temir yo‘l uchastkalarida poyezdlar harakatini tashkil etishda resurstejamkor texnologiyalarni joriy etish, shuningdek, poyezd massasi va tezligini optimallashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan amaliy tavsiyalarni amalga oshirish, ularning o‘tkazuvchanlik qobiliyatidan ratsional foydalanishni ta‘minlaydi. Temir yo‘l uchastkalarining asosiy sifat va son ko‘rsatkichlariga mavjud va zaruriy o‘tkazuvchanlik qobiliyati, uchastka va texnik tezliklari hamda tashilgan yuk hajmi kiradi.

Kalit so‘zlar: temir yo‘l uchastkasi, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, tashuvchanlik qobiliyati, brutto og‘irlik, netto og‘irlik

1. Kirish

Transport tizimi har qanday davlatning iqtisodiy taraqqiyotida muhim o‘rin egallaydi. Ayniqsa, temir yo‘l transporti yuk tashishning xavfsiz, iqtisodiy va ekologik samarali shakli sifatida dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Bugungi kunda O‘zbekiston temir yo‘llarida yillik yuk tashish hajmi 100 million tonnadan oshib bormoqda, bu esa mavjud infratuzilmadan maksimal darajada samarali foydalanishni talab qiladi. Ayniqsa, tog‘li va murakkab relyefga ega bo‘lgan hududlarda temir yo‘l transportini boshqarish ko‘plab muammolarni keltirib chiqaradi.

Tog‘li uchastkalarda yuk poyezdlarining harakatini tashkil etishda asosiy muammo harakat xavfsizligini ta‘minlagan holda maksimal yuk hajmini tashishdir. Bunday hududlar uchun xos bo‘lgan keskin burilishlar, tik ko‘tarilishlar va tushishlar, barqaror bo‘lmagan iqlimiy sharoitlar, tormoz va tortish tizimlariga yuklamaning oshishi kabi omillar hisobga olinmasa, og‘ir poyezdlar relsdan chiqib ketish, to‘xtay olmaslik yoki lokomotivlarning

haddan tashqari yuklanishi kabi favqulodda holatlarga olib kelishi mumkin. Shu bois, har bir murakkab uchastka uchun poyezd og‘irligini optimal aniqlash nafaqat texnik, balki iqtisodiy va xavfsizlik nuqtayi nazaridan ham muhim hisoblanadi. Bu orqali temir yo‘l harakati samaradorligi oshib, energiya resurslari tejalandi va qatnov grafigining barqarorligi ta‘minlandi.

O‘zbekiston temir yo‘llari tarmog‘i Respublikamizning yagona transport tarmog‘ini yaratishda muhim transport turlaridan biri sanaladi. Hozirgi kunda Respublikamizda transport tizimlarini rivojlantirish, qo‘shimcha tranzit yo‘laklarini izlab topish orqali yuk oqimlari miqdorini oshirish bo‘yicha ko‘plab amaliy say harakatlar olib borilmoqda. Shu maqsadda kelgusida yuk va yo‘lovchilar miqdorining oshishi transport tizimlariga ilg‘or texnologiyalarni jalb qilish orqali mavjud infratuzilma salohiyatidan oqilona foydalanish usullarini belgilashni taqozo etadi. Jumladan, “O‘TY” AJ tomonidan yuk oqimlarini ortish sharoitlarini hisobga olib mavjud infratuzilmaning o‘tkazuvchanlik va tashuvchanlik

^a <https://orcid.org/0000-0002-8142-2381>

^b <https://orcid.org/0000-0001-8655-0764>

^c <https://orcid.org/0000-0001-7500-4741>

^d <https://orcid.org/0009-0005-0336-5288>



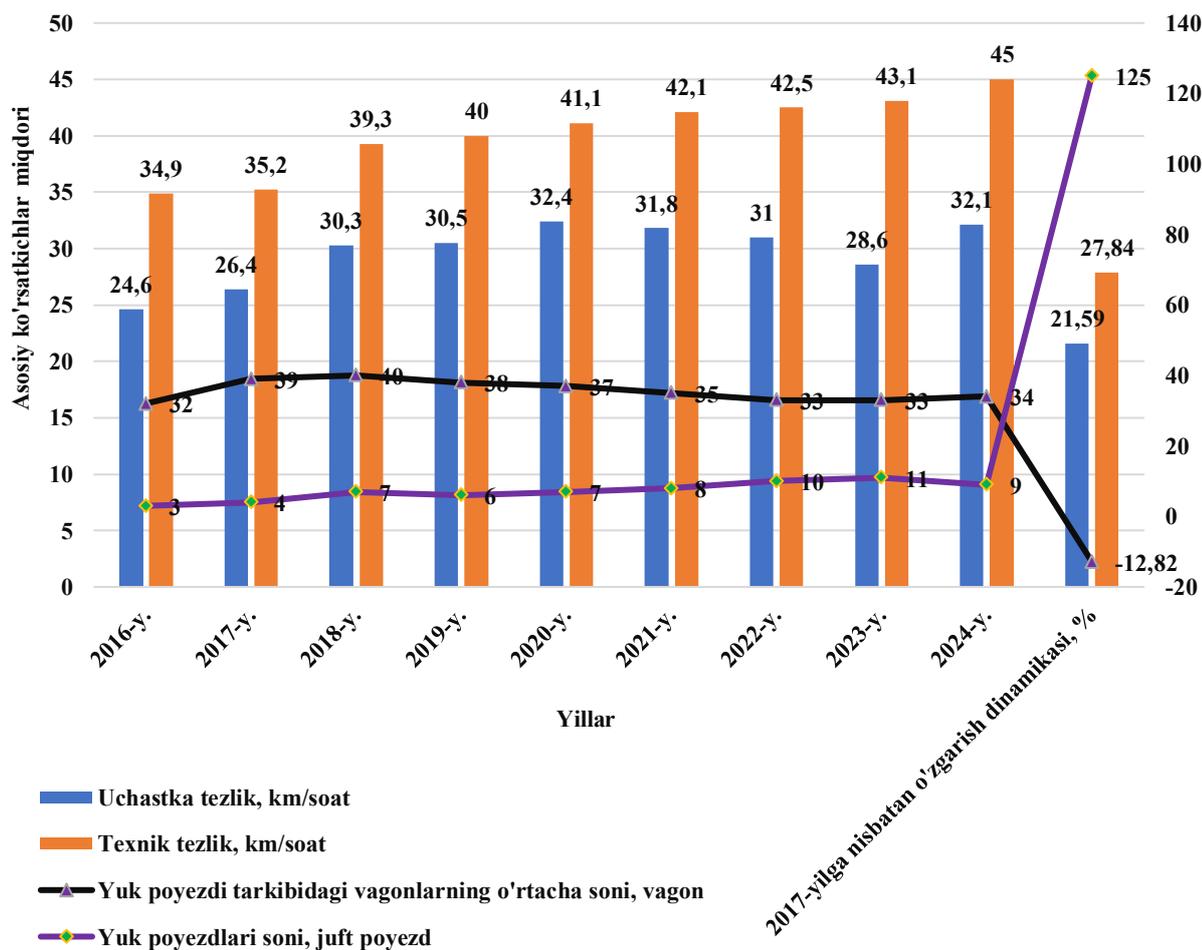
qobiliyatidan samarali foydalanish bo'yicha ilmiy asoslangan ilg'or texnologiyalarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratishni talab etadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

O'zbekiston temir yo'llari tarmog'i Respublikamizning yagona transport tarmog'ini yaratishda muhim transport turlaridan biri sanaladi. Hozirgi kunda Respublikamizda transport tizimlarini rivojlantirish, qo'shimcha tranzit yo'llarini izlab topish orqali yuk oqimlari miqdorini oshirish bo'yicha ko'plab amaliy say harakatlar olib borilmoqda. Shu maqsadda kelgusida yuk va yo'lovchilar miqdorining oshishi transport tizimlariga ilg'or texnologiyalarni jalb qilish orqali mavjud infratuzilma salohiyatidan oqilona foydalanish usullarini belgilashni taqozo etadi. Jumladan, "O'TY" AJ tomonidan yuk oqimlarini ortish sharoitlarini hisobga olib mavjud infratuzilmaning o'tkazuvchanlik va tashuvchanlik Temir yo'l uchastkalarining asosiy sifat va son ko'rsatkichlariga temir yo'l uchastkalarining mavjud, zaruriy o'tkazuvchanlik qobiliyati, uchastka va texnik tezliklar, shuningdek, tashilgan yuklar miqdorini hisoblanadi [1-5].

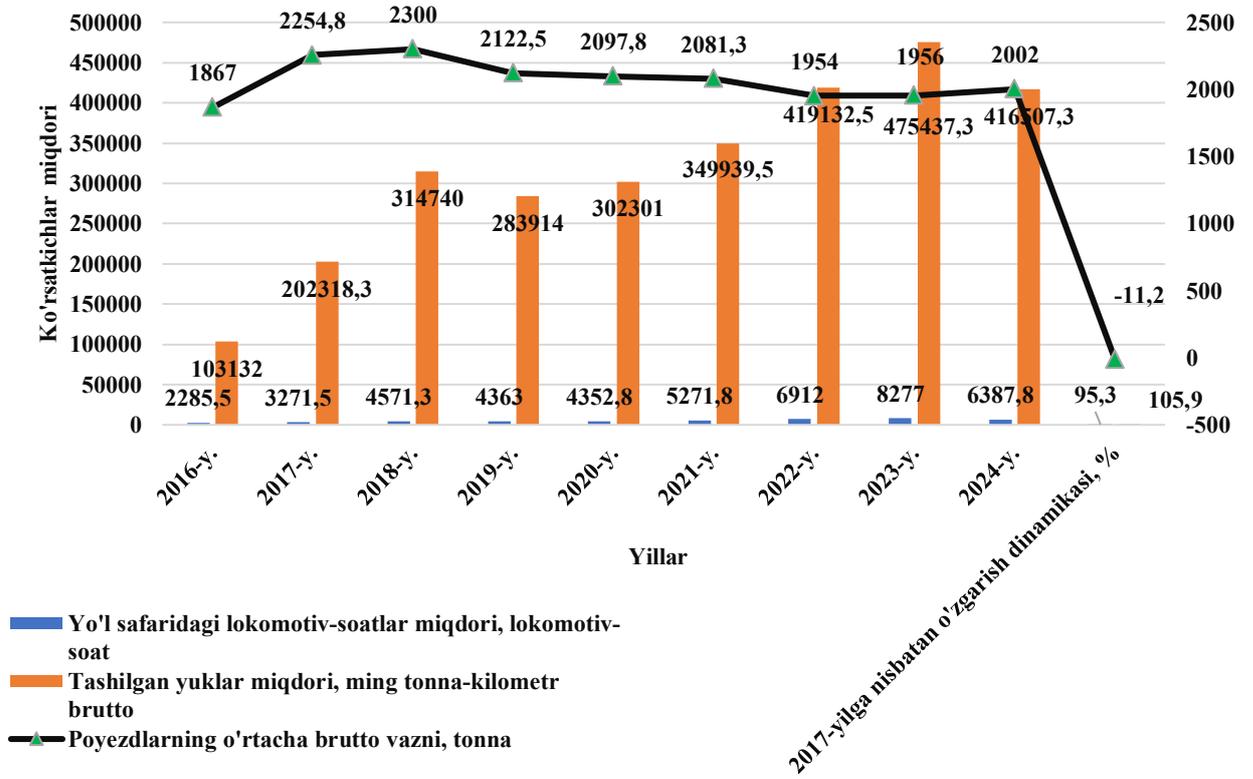
qobiliyatidan samarali foydalanish bo'yicha ilmiy asoslangan ilg'or texnologiyalarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratishni talab etadi.

Temir yo'l transportining murakkab tog'li temir yo'l uchastkalarida yuk poyezdlari og'irligi va tezligini optimallashtirish orqali uchastkalarining poyezd o'tkazuvchanlik va tashuvchanlik qobiliyatidan samarali foydalanish dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Shu maqsadda temir yo'l uchastkalarida poyezdlar harakatini tashkil etish usullariga resurstejamkor texnologiyalarni tatbiq qilish shuningdek, ular massasi va tezligini optimallashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan amaliy tavsfiyalarni amaliyotga joriy etish orqali ularning poyezd o'tkazuvchanlik qobiliyatidan ratsional foydalanishdan iborat. Temir yo'l uchastkalarining asosiy sifat va son ko'rsatkichlariga temir yo'l uchastkalarining mavjud, zaruriy o'tkazuvchanlik qobiliyati, uchastka va texnik tezliklar, shuningdek, tashilgan yuklar miqdorini hisoblanadi [1-5].

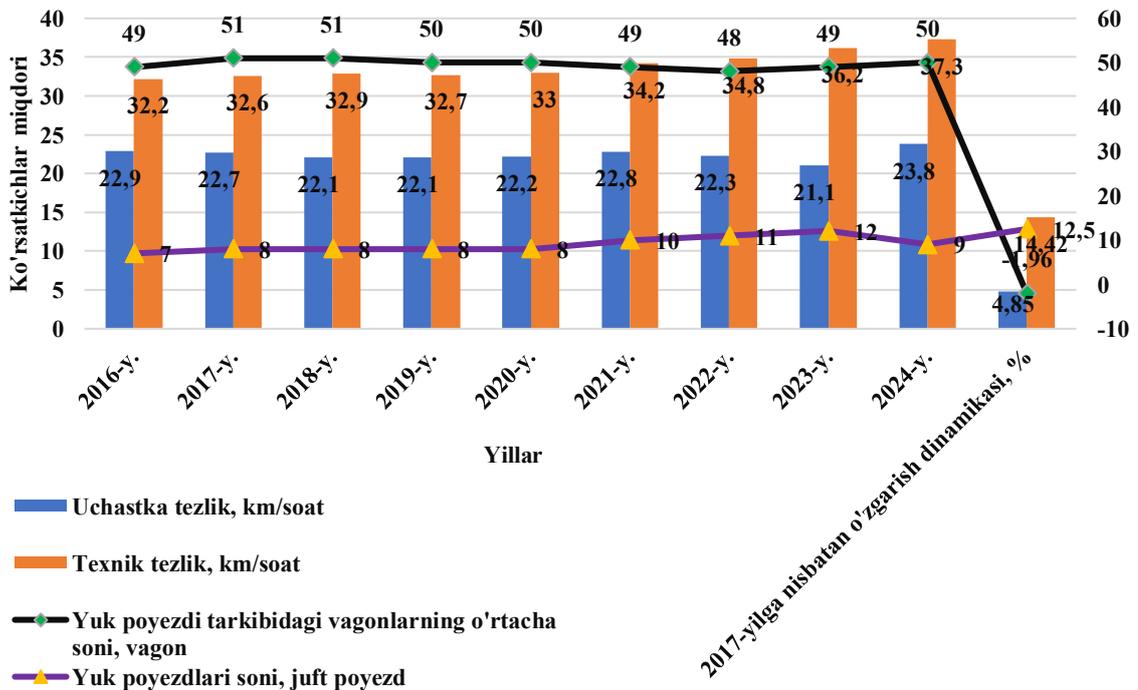


1-rasm. "O'TY" AJ "Angren-Pop" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi



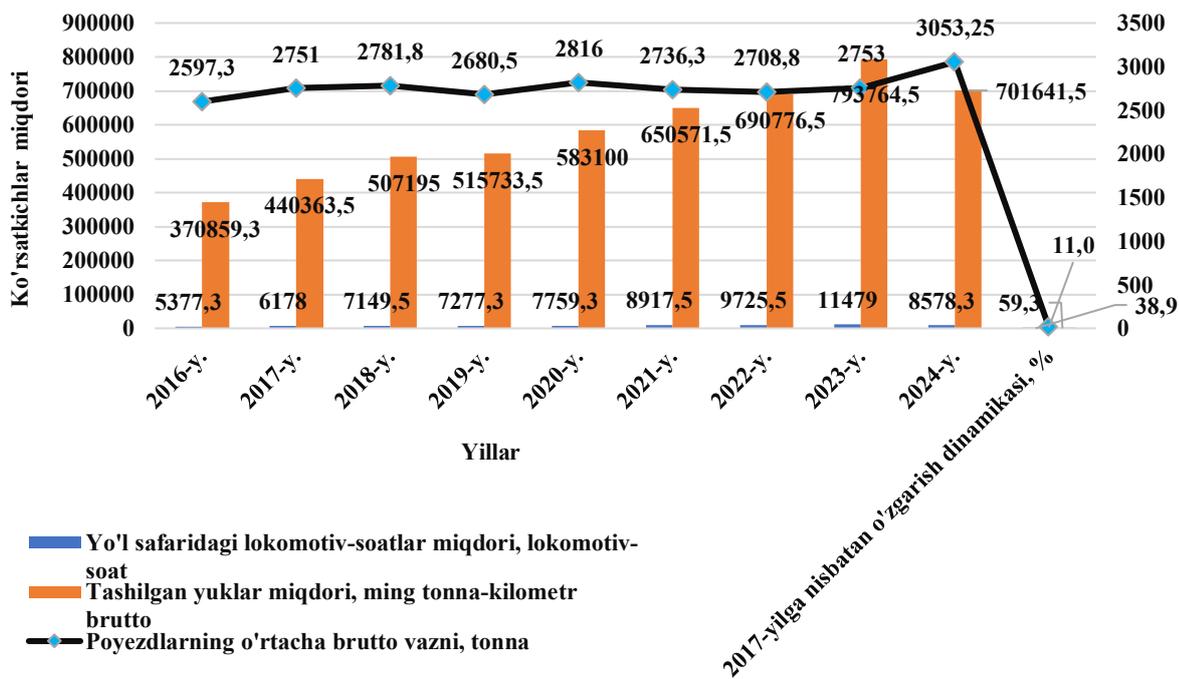


2-rasm. "O'TY" AJ "Angren-Pop" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi

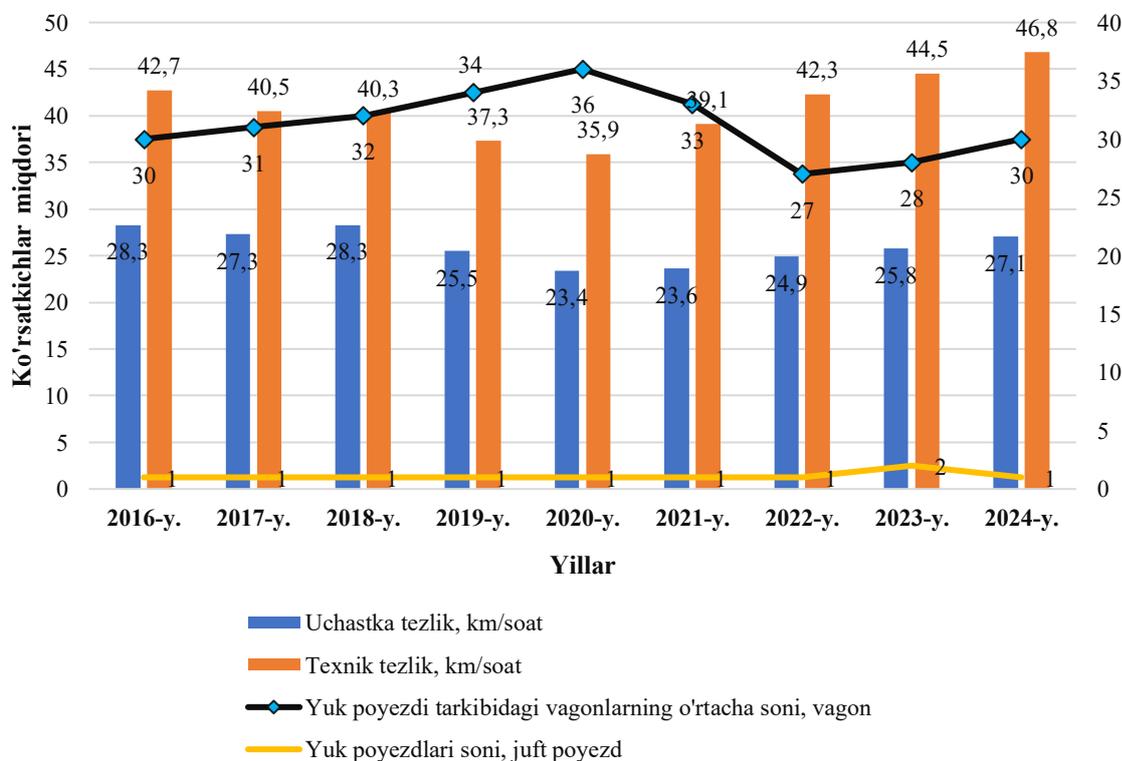


3-rasm. "O'TY" AJ "Chuqursoy-Angren" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi



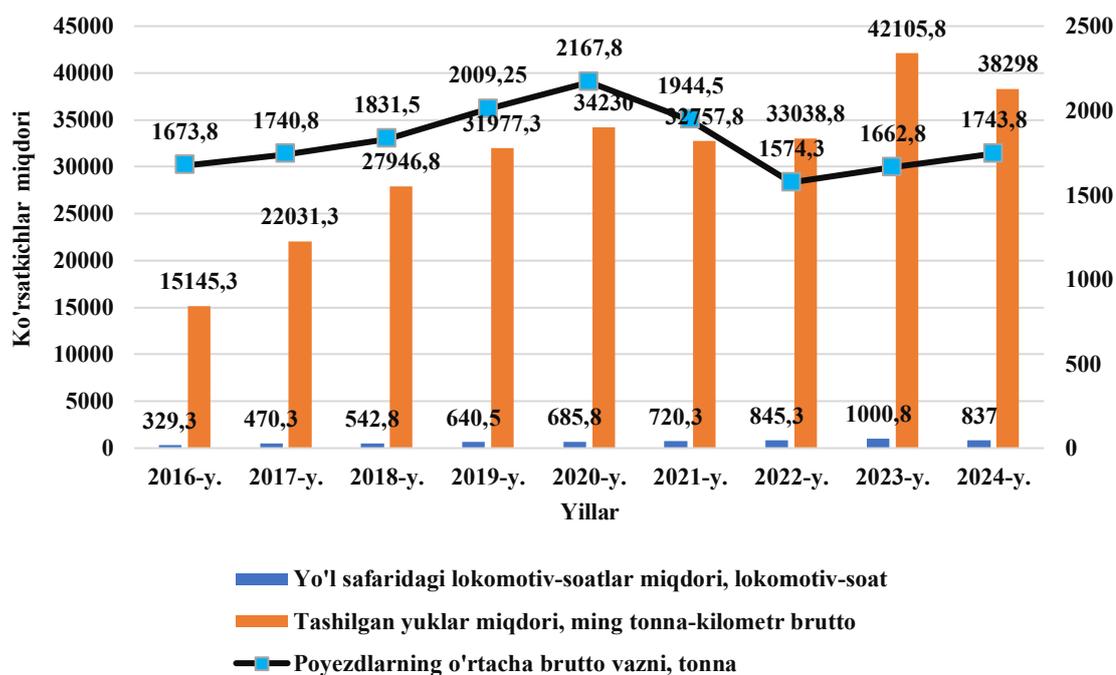


4-rasm. "O'TY" AJ "Chuqursoy-Angren" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi



5-rasm. "O'TY" AJ "Pop-Andijon" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi





6-rasm. "O'TY" AJ "Pop-Andijon" temir yo'l uchastkasining asosiy ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasi

3. Natija va muhokamalar

"O'TY" AJ murakkab tog'li temir yo'l uchastkasi "Angren-Pop-Angren" qolaversa "Chuqursoy-Angren", "Pop-Andijon" temir yo'l uchastkalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatlari va asosiy sifat ko'rsatkichlari tahlili 1-6-rasmda keltirilgan. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, bir yo'llik Angren-Pop uchastkasining yuk oqimlarini ortib borish sharoitida yuk poyezdlarining o'rtacha brutto vazni 2017-yilga nisbatan 2024-yilda 11,2 %ga kamayib 2002 tonnani tashkil etgan va holanki ushbu uchastkadan 2017 yilda 2254,8 tonna og'irlikdagi poyezdlar harakati tashkil etilgan. Yuk poyezdlari soni esa 3 barobarga oshgan shuningdek, yuk poyezdlari tarkibidagi vagonlar sonini 12,82 %ga kamayib 34 tani tashkil etgan. Chuqursoy-Angren uchastkasida esa yuk poyezdlarining o'rtacha vazni 2017 yilga nisbatan 2024-yilda 11 %ga ortgan shuningdek tashilgan yuklar miqdorini 59,3 %ga ortganini ko'rishimiz mumkin (1-4-rasmlar). Bu esa kelgusida ushbu uchastkalarda yuk va poyezd miqdorini yanada ortib borishi yuzaga kelishini anglatadi.

4. Xulosa

"O'TY" AJning murakkab tog'li temir yo'l uchastkasi orqali o'tuvchi Pop-Andijon uchastkasida esa 2020-yilga nisbatan 2024-yilda yuk poyezdlari og'irligining 19,56 %ga kamayganini ko'rishimiz mumkin. Bu esa o'z navbatida yuk poyezdi tarkibidagi vagonlarning 16,7 % gacha kamayib ketishiga olib kelgan (5-6-rasmlar). Buni inobatga olgan holda shuningdek, O'zbekiston-Qirg'iziston-Xitoy temir yo'li rivojlanishida tranzit yuk oqimini hajmi hisobiy yillikda 15 million tonnagacha yetishi kutilmoqda, shu nuqtai nazardan O'zbekiston-Qirg'iziston-Xitoy temir yo'li rivojlanishida Angren – Pop uchastkasida joylashgan temir yo'l tunnelini yuk tashish qobiliyatidan shuningdek, yuk poyezdlarini og'irligi va tezligini optimallashtirish dolzarb

ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, poyezd o'tkazish holatini barqarorlashtirish uchun texnik-tashkiliy tadbirlarni tatbiq qilish orqali ortiqcha sarf-xarajatlarsiz vaziyatga ijobiy yechim topish kerakligini amalda ko'rsatish zarur. Shunday ekan, ushbu sohada ham boshqa sohalardagi kabi innovatsion texnologiyalarni joriy etish orqali poyezd o'tkazuvchanlik qobiliyatidan ratsional foydalanish muammolariga ijobiy yechim topish maqsadga muvofiqdir.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Aripov N.M., Suyunbayev Sh.M., Axmedova M.D., Xusenov O'.O'. "Xitoy – Qirg'iziston – O'zbekiston" temir yo'li qurilishining "U" chegaradagi stansiyasi ishiga ta'sirini tadqiq etish // Молодой специалист. – 2022. – №1 (3). – С. 70-78.
- [2] Y.K. Tursunaliyeva, X.K. Umarov. O'zbekiston – Qirg'iziston – Xitoy temir yo'li rivojlanishida temir yo'l tunnelini yuk tashish qobiliyatini tahlil qilish // "Scientific foundations of raising the use of information technologies to a new level and modern problems of automation" III-International scientific conference. November 20, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14222799>
- [3] Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте: учебник. – Москва: Маршрут, 2003. – 368 с.
- [4] Умаров Х.К., & Свинцов Е.С. (2014). Строительство железнодорожной линии Ангрэн – Пап и ее роль в формировании сети железных дорог республики Узбекистан. Известия Петербургского университета путей сообщения, (4 (41)), 80-86.
- [5] "O'zbekiston temir yo'llari" AJ raisining 2024-yil 2-apreldagi "Yuk poyezdlariga og'irlik me'yorini belgilash to'g'risida"gi 261-H sonli buyrug'i.



Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Masharipov Ma'sud
Nu'monjonovich / Masharipov Masud
Numonjonovich Bozorov
Ramazon Shamil o'g'li / Bozorov Ramazon Shamil ugli

Toshkent davlat transport universiteti, "Iqtisodiyot" fakulteti dekani, texnika fanlari doktori (DSc), professor
e-mail: masudcha@mail.ru
Tel.: +998 97 723 01 02
<https://orcid.org/0000-0002-8142-2381>

Toshkent davlat transport universiteti "Yuk transport tizimlari" kafedrasida katta o'qituvchisi. t.f.f.d. (PhD).
e-mail: ramazon-bozorov@mail.ru
Tel.: +99891 2513377
<https://orcid.org/0000-0001-8655-0764>

Xusenov O'tkir O'ktamjon o'g'li / Xusenov Utkir Uktamjon ugli

Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasida doktoranti (DSc), texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
e-mail: otkirusenov@mail.ru
Tel.: +998 94 122 66 44
<https://orcid.org/0000-0001-7500-4741>

Asatov Ergash Axadovich / Asatov Ergash Akhadovich

Toshkent davlat transport universiteti, "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasida tayanch doktoranti (PhD)
e-mail: asatovergash7@gmail.com
Tel.: +998 93 510 92 82
<https://orcid.org/0009-0005-0336-5288>



Design and performance analysis of operational technological communication networks based on digital technologies

A.Sh. Khurramov¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article is devoted to the implementation and testing of digital communication solutions in Uzbekistan Railways. Field trials were conducted on the Tashkent–Yangi Chinaz section, specifically at the Tashkent-Passenger, Hamza, and Tukimachi stations. The results demonstrated that the network achieved high reliability, stability, and full compliance with international standards such as ITU-T, MEF, and RFC. The backbone system ensured data transmission of up to 100 gigabits per second with virtually no errors. At the regional and edge nodes, Ethernet-based services were successfully integrated with legacy time-division multiplexing services, including E1 and tonal frequency channels. Redundancy mechanisms provided recovery times of less than 40 milliseconds. The centralized management system proved effective in monitoring, fault detection, and quality of service control. The findings confirm that digital solutions significantly enhance the reliability and efficiency of communication systems, reduce operational costs, and create a solid foundation for the digital transformation of railway networks.

Keywords: Uzbekistan Railways, digital communication, railway communication networks, reliability, fault tolerance, service quality management, redundancy mechanisms, time-division multiplexing, Ethernet services, digital transformation

Raqamli texnologiyalar asosida tezkor texnologik aloqa tarmoqlarini tashkil etish va samaradorligini tahlil qilish

Xurramov A.Sh.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Maqolada O'zbekiston temir yo'llarida raqamli aloqa yechimlarini joriy etish va sinovdan o'tkazishga bag'ishlangan. Tajriba sinovlari Toshkent–Yangi Chinaz uchastkasida, xususan Toshkent-yo'lovchi, Hamza va To'qimachi stansiyalarida amalga oshirildi. Natijalar tarmoqning yuqori ishonchliligi, barqarorligi hamda ITU-T, MEF va RFC kabi xalqaro standartlarga to'liq mos kelishini ko'rsatdi [1]. Magistral darajadagi tizim 100 gigabit/soniyagacha o'tkazuvchanlikni deyarli xatoliklarsiz ta'minladi. Mintaqaviy va chekka tugunlarda esa Ethernet asosidagi xizmatlar va an'anaviy vaqt bo'yicha multiplekslash xizmatlari, jumladan E1 va tonal chastota kanallari integratsiya qilindi. Zaxiralash mexanizmlari 40 millisekunddan kam tiklanish vaqtini ko'rsatdi. Markazlashtirilgan boshqaruv tizimi esa monitoring, nosozliklarni aniqlash va xizmat sifatini boshqarishni samarali ta'minladi. Olingan natijalar raqamli yechimlar aloqa tizimining ishonchliligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirishini, xizmat xarajatlarini kamaytirishini hamda temir yo'l tarmoqlarida raqamli transformatsiya uchun mustahkam asos yaratishini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: O'zbekiston temir yo'llari, raqamli aloqa, temir yo'l aloqa tarmoqlari, ishonchlilik, barqarorlik, xizmat sifatini boshqarish, zaxiralash mexanizmlari, vaqt bo'yicha multiplekslash, Ethernet xizmatlari, raqamli transformatsiya

1. Kirish

Temir yo'l transportida harakat xavfsizligi va boshqaruv samaradorligi bevosita aloqa tarmoqlarining ishonchliligi va uzluksiz ishlashiga bog'liq. Shu bois zamonaviy temir yo'l infratuzilmasining eng muhim tarkibiy qismi sifatida yuqori tezlikda va barqaror ishlaydigan aloqa tarmoqlarini shakllantirish dolzarb vazifa hisoblanadi. Hozirgi vaqtda O'zbekiston temir yo'llarida foydalanilayotgan tizimlarning katta qismi eskirgan analog texnologiyalarga asoslangan. Ularning texnik imkoniyatlari zamonaviy talablarni qondira olmaydi. Analog uskunar o'tkazuvchanlik qobiliyatining pastligi, elektromagnit shovqinlarga sezgirlik, nosozlikka

bardoshlilik darajasining yetarli emasligi va yuqori xizmat xarajatlari bilan tavsiflanadi. Bunday holat temir yo'l transportida xavfsizlikka ham, iqtisodiy samaradorlikka ham salbiy ta'sir ko'rsatmoqda [2].

Ayni paytda temir yo'l aloqa tarmoqlarida ma'lumot uzatish tezligi past va ishonchlilik darajasi yetarli emas. Bu esa poyezd dispetcherlik aloqa tizimlari, monitoring vositalari va real vaqt rejimidagi xizmatlarning samarali ishlashiga jiddiy to'sqinlik qilmoqda. Muhim uchastkalarda qisqa muddatli uzilishlarning o'zi ham poyezd harakati xavfsizligi va boshqaruv samaradorligiga katta ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli, mavjud infratuzilmani

^a  <https://orcid.org/0000-0002-8443-9250>



bosqichma-bosqich raqamli yechimlar bilan almashtirish zarurati yuzaga kelgan.

Raqamli infratuzilmani joriy etishda xalqaro tajribada samaradorligi isbotlangan texnologiyalarni qo'llash muhimdir. Shu nuqtai nazardan, RAD Data Communications tomonidan taklif etilgan yechimlar O'zbekiston temir yo'l tarmoqlarini modernizatsiya qilish uchun asosiy platforma sifatida tanlandi. ETX va Megaplex qurilmalari [2] asosida shakllantirilgan yechimlar an'anaviy TDM xizmatlari (E1 va tonal chastota kanallari) bilan bir qatorda zamonaviy Ethernet asosidagi paketli xizmatlarni ham qo'llab-quvvatlaydi. Bu esa eski xizmatlarni saqlagan holda, asta-sekin to'liq raqamli tizimlarga o'tish imkoniyatini yaratadi. Shu orqali yuqori ishonchlik, xizmat sifatini boshqarish, markazlashtirilgan nazorat va zaxira mexanizmlarini joriy etish mumkin bo'ladi.

Mazkur tadqiqot Toshkent–Yangi Chinaz temir yo'l uchastkasida o'tkazilgan sinovlarga asoslanadi. Xususan, Tashkent-yo'lovchi, Hamza va To'qimachi stansiyalarida RAD uskunalari joriy etilib, ularning real sharoitlarda ishlash samaradorligi tahlil qilindi. Ushbu uchastka yuqori yuklama oqimiga ega bo'lgani va operativ jihatdan muhim tugun sifatida tanlangani sababli sinov maydoni sifatida alohida ahamiyatga ega. Tadqiqot davomida uzluksiz ma'lumot uzatish, zaxira mexanizmlari va tarmoq boshqaruvining xalqaro standartlarga (ITU-T, MEF, RFC) muvofiqligi baholandi.

Olingan natijalar RAD uskunalari [3] asosida temir yo'l aloqa tarmoqlarini modernizatsiya qilishning texnik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini tasdiqlaydi. Shuningdek, kelgusida aloqa tezligi va ishonchligini oshirish, xizmat xarajatlarini kamaytirish, poyezd harakati xavfsizligini va boshqaruv samaradorligini mustahkamlash imkonini berishini ko'rsatib beradi.

Eksperimental sinovlar Toshkent–Yangi Chinaz temir yo'l uchastkasida olib borildi. Sinovlar quyidagi stansiyalarni qamrab oldi: Toshkent-yo'lovchi, Hamza va To'qimachi stansiyalari. Ushbu uchastka bejiz tanlanmagan, chunki u yuqori yuklama va intensiv poyezd harakati kuzatiladigan hududlarni ham, dispetcherlik nuqtai nazaridan muhim hisoblangan tugunlarni ham o'z ichiga oladi.

Bundan tashqari, sinov maydonchasi turli xil geografik va ekspluatatsion sharoitlarni ham qamrab oladi. Masalan, shahar markaziga yaqin bo'lgan temir yo'l bekatlarida elektromagnit shovqin darajasi yuqori bo'lsa, ochiq hududlardagi uchastkalarda uzoq masofaga barqaror aloqa uzatilishi talab etiladi. Shuning uchun aynan shu uchastka aloqa uskunalarning ishonchligi, barqarorligi va ishlash samaradorligini real sharoitlarda baholash uchun qulay sinov poligoni vazifasini bajardi.

Tizim samaradorligini ishonchli baholash uchun keng qamrovli o'lchov asboblari va dasturiy vositalar majmuasi qo'llanildi.

iperf3 va FileZilla – sinov jarayonida sun'iy trafik generatsiya qilish, shuningdek, tarmoqning o'tkazuvchanligi, kechikishi va tebranishini (jitter) normal va yuqori yuklama sharoitlarida aniqlash uchun ishlatildi. Ushbu dasturlar yordamida real trafik sharoitlari, jumladan, yirik fayl uzatish va paketli oqimlarni uzatish jarayonlari simulyatsiya qilindi [4].

BER testerlar va signal generatorlari – E1 va TCh kanallarida bit xatoliklar soni (BER) ni aniqlash hamda uzatilayotgan signallar sifati tahlilini o'tkazish uchun ishlatildi. Bu jarayon ovozli aloqa va signalizatsiya

xizmatlarining raqamli infratuzilma orqali uzluksiz va ishonchli uzatilishini tasdiqlashda muhim ahamiyatga ega bo'ldi.

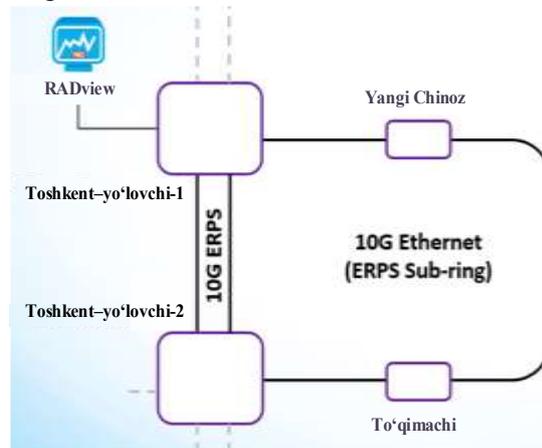
ITU-T Y.1564 va RFC 2544 sinov metodologiyalari – Ethernet xizmatlarini ishga tushirish, xizmat darajasi talablariga muvofiqlikni tekshirish va tarmoqning uzilishlarga bardoshligini baholashda qo'llanildi. Ushbu xalqaro standartlar RAD uskunalari [5] sanoat talablariga muvofiq baholash uchun mustahkam mezon sifatida xizmat qildi.

Shunday qilib, qo'llanilgan o'lchov asboblari va dasturiy vositalar majmuasi butun xizmatlar spektrini qamrab oldi – yuqori o'tkazuvchanlikka ega magistral trafikdan tortib stansiya darajasidagi ovozli aloqagacha. Bu esa nafaqat zamonaviy, balki mavjud an'anaviy xizmatlar talablari ham sinovdan o'tkazilganini ta'minladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Sinovlarni o'tkazishdan oldin uskunalari Toshkent–Yangi Chinaz temir yo'l uchastkasidagi kelishilgan stansiya maydonlarida joylashtirildi. Qurilmalar tarmoq topologiyasi sxemasi (1-rasm) asosida o'rnatildi. Ushbu sxema 10G Ethernet ERPS sub-halqasi arxitekturasini ifodalaydi hamda Toshkent–yo'lovchi-1, Toshkent–yo'lovchi-2, Hamza va To'qimachi stansiyalarini o'z ichiga oladi.

Joylashtirilgan 10G ERPS sub-halqasi transport qatlamida ortiqcha zaxira va nosozliklarga bardoshlilikni ta'minladi. RADview tizimi [6] magistral tuguniga ulanib, tarmoqni markazlashtirilgan tarzda sozlash va monitoring qilish, nosozliklarni aniqlash hamda QoS boshqaruvini amalga oshirish imkonini berdi.



1-rasm. Toshkent–Yangi Chinaz uchastkasi uchun sinov tarmog'i topologiyasi

RAD Data Communications uskunalari temir yo'l uchastkalarida hatto eng murakkab ekspluatatsion sharoitlarda ham barqaror va yuqori sifatli aloqa tizimini ta'minlash imkoniyatiga ega. O'tkazilgan tekshiruvlar davomida aniqlanishicha, yangi raqamli infratuzilma mavjud sharoitlarga moslashib, yuqori o'tkazuvchanlik, minimal kechikish va yuqori darajadagi ishonchlilikni kafolatlab beradi.

Shuningdek, hozirgi kunda temir yo'l uchastkalarida an'anaviy aloqa tarmoqlaridan to'liq voz kechilmagan holda, ularni yangi raqamli tizimlar bilan bosqichma-bosqich integratsiya qilish imkoniyati yaratildi. Bu yondashuv, bir tomondan, mavjud xizmatlarni uzluksiz saqlab qolishga xizmat qilsa, ikkinchi tomondan, zamonaviy



raqamli xizmatlarni parallel ravishda joriy etish orqali tarmoqning funksional imkoniyatlarini kengaytirdi [7].

Natijada, aloqa tizimlarining sifati sezilarli darajada oshdi, ovozi va ma'lumotli xizmatlar uzatishda uzilishlar kamaydi, paket yo'qotilish darajasi minimal darajaga yetdi. Eng asosiysi, bu jarayon kamroq xarajatlar evaziga amalga oshirildi, chunki yangi tizimlar mavjud infratuzilma bilan uyg'unlashtirilgan holda joriy qilindi.

Umuman olganda, sinovlar shuni isbotladiki, RAD yechimlari temir yo'l transportida nafaqat yuqori sifatli va barqaror aloqa tizimini ta'minlaydi, balki mavjud an'anaviy tizimlarni modernizatsiya qilish jarayonida ham iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi. Bu esa kelajakda temir yo'l tarmoqlarida raqamli transformatsiyani keng ko'lamda amalga oshirish uchun mustahkam ilmiy-amaliy asos yaratadi. Aloqa tarmog'ini tashkil etuvchi qurilmalar 1-jadvalda keltirilgan

1-jadval

Qurilmalarning tashqi ko'rinishi	Vazifasi	O'tkazuvchanlik
	Magistral transport tuguni. Magistral Carrier Ethernet kommutatori ETX-2I-100G/H/DCRF/4Q/16SFPP/PTP	100 Gb/s
	Mintaqaviy transport tuguni. Carrier Ethernet kommutatori ETX-2I-10G-B/8.5/AC/8SFPP/PTP	10 Gb/s
	CPE, "so'nggi mil" ulanishi. Pseudowire ulanish shlyuzi, Carrier Ethernet kommutatori ETX-205A/AC/19/4E1T1/PTP	1 Gb/s + E1
	Ko'p xizmatli multipleksor. Pseudowire ulanish shlyuzi, multipleksor – MP-1/PSR/2GES/4FEU/6S/4E&M (quvvat bloklari universal bo'lib, ham AC, ham DC manbalardan ishlashi mumkin)	E1/TCh + ETH

ETX-2i-100G qurilmasi tarmoqning magistral transport tuguni sifatida sinovdan o'tkazildi. Ushbu uskuna 100 Gb/s gacha bo'lgan yuqori tezlikda ma'lumot uzatishni qo'llab-quvvatlaydi va katta hajmdagi paketli trafikni minimal kechikish bilan uzatishda samaradorligini namoyon qildi. Bit xatoliklar ko'rsatkichi (BER) bo'yicha o'tkazilgan sinovlarda xatoliklar soni amalda nolga teng bo'ldi, ya'ni:

$$BER = \frac{N_{errors}}{N_{bits}} = 0$$

O'rtacha uzatish kechikishi 10 millisekunddan oshmadi, bu esa ITU-T Y.1564 standartida belgilangan 50 millisekundlik chegaradan bir necha baravar past ko'rsatkichdir. Ushbu natijalar ETX-2i-100G qurilmasining yuqori yuklama sharoitida ham ishonchli ishlashini isbotlab, uni temir yo'l magistral infratuzilmasi uchun optimal yechim sifatida ko'rsatdi [8].

ETX-2i-10G qurilmasi mintaqaviy transport tuguni sifatida sinovdan o'tkazildi. Qurilma 10 Gb/s gacha bo'lgan tezlikda ma'lumot uzatish imkoniyatiga ega bo'lib, u bir vaqtning o'zida paketli trafik hamda TDM (E1) [9] xizmatlarini integratsiyalashni qo'llab-quvvatlaydi. Bu xususiyat temir yo'l tarmoqlarida bosqichma-bosqich modernizatsiya amalga oshirilayotgan sharoitlarda ayniqsa muhimdir. Sinov jarayonida qurilmaning eng muhim afzalliklaridan biri uning rezervlash imkoniyati bo'ldi. ERPS (Ethernet Ring Protection Switching) protokoli asosida tiklanish vaqti 38 millisekundni tashkil etdi, bu esa ITU-T tomonidan belgilangan <50 ms talabidan sezilarli darajada yaxshiroq natijadir.

Bundan tashqari, qurilmadagi QoS (Quality of Service) mexanizmlari [10] trafikni differensial boshqarish imkonini berdi. Yuqori prioritetli xizmatlarda kechikish o'rtacha 15 millisekundni tashkil etgan bo'lsa, past prioritetli trafikda kechikish 40 millisekundgacha yetdi. Ushbu ko'rsatkichlar

ETX-2i-10G qurilmasining turli yuklama sharoitlarida ham xizmat sifatini kafolatlashini ko'rsatadi.

ETX-205A qurilmasi abonent stansiyalarida "so'nggi mil" ulanishini ta'minlash uchun o'rnatildi. Qurilma ixcham bo'lishiga qaramay, Ethernet va TDM interfeyslarini qo'llab-quvvatlaydi, bu esa dispetcherlar va stansiya navbatchilari o'rtasida barqaror va ishonchli aloqani ta'minladi [10]. Ovoz uzatish sifati MOS (Mean Opinion Score) metodikasi orqali baholandi va natija 4.5 ballni tashkil etdi, bu yuqori sifat darajasini anglatadi. Qurilmaning past energiya sarfi va tezkor integratsiya imkoniyatlari uni chekka stansiyalarda uzluksiz aloqani saqlash uchun muhim element sifatida namoyon qildi.

Megaplex-1 qurilmasi ko'p xizmatli multipleksor sifatida E1 va tonal chastota (TCh) kanallarini uzatishda asosiy rol o'ynadi. Bu qurilma an'anaviy ovozi xizmatlarni IP/Ethernet infratuzilmasi orqali sifatini yo'qotmasdan tashish imkonini berdi. Sinov natijalari shuni ko'rsatdiki, E1 kanallarida BER ko'rsatkichi 0×10^{-9} , TCh kanallarda esa signal sifati 95% darajada bo'ldi. Signal sifatini matematik formula orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q = \frac{S}{S + N} \cdot 100\% = 95\%$$

bu yerda S – foydali signal quvvati, N – shovqin quvvati. Natijalar shuni ko'rsatadiki, dispetcherlik aloqasi va signalizatsiya kanallari raqamli infratuzilma orqali uzluksiz va ishonchli ta'minlanishi mumkin.

RADview markazlashtirilgan boshqaruv tizimi sinovlarda muhim ahamiyat kasb etdi. U real vaqt rejimida konfiguratsiyani boshqarish, monitoring, nosozliklarni aniqlash va xizmat sifatini nazorat qilish imkonini berdi [11]. Sinov jarayonida RADview tizimi tarmoqdagi nosozliklarni 5–7 soniya ichida aniqlab, ularning joylashuvini aniq ko'rsatdi. Ushbu imkoniyat ekspluatatsion samaradorlikni oshirish, xizmat ko'rsatish xarajatlarini



kamaytirish hamda tarmoq barqarorligini yuqori darajada ta'minlash imkonini berdi.

2-jadval

Sinov natijalari bo'yicha umumlashtirilgan ko'rsatkichlar

Qurilma	Sinov turi	Natija	Standartga muvofiqlik
ETX-2i-100G	Throughput / BER	99.98%, BER = 0×10^{-9}	ITU-T Y.1564
ETX-2i-10G	ERPS Recovery	38 ms	<50 ms
ETX-205A	Ovoz sifati (MOS)	4.5	MOS \geq 4.0
Megaplex-1	E1 / TCh sifati	BER = 0×10^{-9} , Q = 95%	ITU-T G.703
RADview	Nosozlikni aniqlash	5-7 soniya	MEF-10.3

Sinov natijalarining umumlashtirilgan ko'rinishi shuni ko'rsatdiki, har bir RAD uskunasi o'zining muhim afzalliklarini namoyon qildi. ETX-2i-100G yuqori o'tkazuvchanlikni ta'minladi, ETX-2i-10G tezkor rezervlash va ilg'or QoS boshqaruv imkoniyatlarini ko'rsatdi. ETX-205A chekka stansiyalarda sifatli ovoz uzatishni ta'minladi, Megaplex-1 esa analog va raqamli xizmatlarni samarali integratsiyalash imkonini berdi. RADview tizimi esa markazlashtirilgan boshqaruv orqali tarmoq samaradorligi va xavfsizligini oshirdi.

Ushbu natijalar RAD yechimlarining nafaqat temir yo'l aloqa tarmoqlariga to'liq mos kelishini, balki xalqaro standartlarga to'liq javob berishini tasdiqlaydi. Bu esa O'zbekiston temir yo'l tarmoqlarida [12] modernizatsiya va raqamlashtirish jarayonlari uchun mustahkam ilmiy-amaliy asos yaratadi.

3. Xulosa

Toshkent-Yangi Chinaz uchastkasida o'tkazilgan sinovlar RAD Data Communications uskunalarining temir yo'l aloqa tarmoqlarida yuqori ishonchlilik va barqarorlikni ta'minlashini ko'rsatdi. Mavjudlik koeffitsienti 99,99% dan yuqori, paket yo'qotilishi esa 0,1% dan past bo'lib, xizmatlarning uzluksiz ishlashi ta'minlandi. ERPS va LAG mexanizmlari yordamida nosozliklardan tiklanish vaqti 40 ms dan kam bo'ldi, bu xalqaro standartlarga mos natija hisoblanadi.

Sinovlar shuni ko'rsatdiki, E1 va TCh kabi an'anaviy xizmatlar sifatini yo'qotmagan holda raqamli infratuzilmaga integratsiyalandi, zamonaviy paketli xizmatlar esa MEF va ITU-T talablariga to'liq javob berdi. RADview boshqaruv tizimi esa tarmoqni markazlashtirilgan holda samarali monitoring va boshqaruvni ta'minladi.

Umuman olganda, ishlab chiqilgan yechim O'zbekiston temir yo'llari uchun iqtisodiy samarali, texnologik jihatdan ustun va xalqaro standartlarga mos bo'lib, kelajakda raqamli transformatsiya va xavfsizlikni oshirish loyihalari uchun mustahkam asos yaratadi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] ITU-T Y.1564. Ethernet service activation test methodology. International Telecommunication Union, 2011.
- [2] RFC 2544. Benchmarking methodology for network interconnect devices. Internet Engineering Task Force, 1999.
- [3] MEF 10.3. Ethernet Services Attributes Phase 3. Metro Ethernet Forum, 2013.
- [4] RAD Data Communications. ETX-2i User Manual, Version v6-8-2_mn_3. Tel Aviv, 2021.
- [5] RAD Data Communications. Megaplex-1 User Guide, Version 2.2. Tel Aviv, 2020.
- [6] RAD Data Communications. RADview Network Management System, Version 7.0, User Manual. Tel Aviv, 2020.
- [7] Корниенко А. А., Еремеев М. А., Кустов В. Н. и др. Информационная безопасность и защита информации на железнодорожном транспорте. Москва, 2014. – 448 с.
- [8] Халиков А. А., Ураков О. Х. “Математическая модель реализованного возмущающего процесса информационного воздействия на сеть оперативно-технологической связи на основе IP-технологий.” Химическая технология. Контроль и управление, №4–5 (88–89), Ташкент, 2019. – С. 119–125.
- [9] Халиков А. А., Ураков О. Х. “Математическая модель процесса функционирования сети ОТС-IP при передаче редкого последовательного потока данных.” Universum: Инженерия. Радиотехника и связь, №3(72), Москва, 2020. – С. 56–61.
- [10] Xurramov A.Sh., O'roqov O.X., Xolboyev Sh.F. Temir yo'l uchastkalarida poyezd radioaloqasini tashkil qilishda raqamli mobil tizimlarini joriy qilish. Muhammad al-Xorazmiy avlodlari, № 1 (27), mart 2024. ISSN-2181-9211. TATU. 140-143b.
- [11] Xurramov A.Sh., Urokov O.X., Iragashev N.H. Анализ и оценка факторов, влияющих на сеть оперативной технологической радиосвязи на основе IP-радиотерминалов. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 5. – С. 26-29. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-05-4. – EDN KKOZTJ.
- [12] Khalikov Abdulxak, Khurramov Asliddin, Urokov Olim, Rizakulov Sherzod. A mathematical model of the operation process of a radio communication network based on IP technologies in the conditions of information impact during the transmission of a non-repetitive data stream / E3S Web of Conferences 420, 03022 (2023).

Mualliflar to'g'risida ma'lumot / Information about the authors

Xurramov Asliddin / Khurramov Asliddin
Toshkent davlat transport universiteti
“Radioelektron qurilmalar va tizimlar”
kafedrasi dotsent v.b., t.f.f.d., (PhD)
E-mail:
asliddinxurramov703@gmail.com
Tel.: +998909077300
<https://orcid.org/0000-0002-8443-9250>



Application of Internet of Things technologies to improve the operational reliability of the gas supply system in vehicles

A.A. Tadjibaev¹^a, V.U. Jovliev¹^b, N.O. Boltaboeva¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

This study analyzes the possibilities and outcomes of applying Internet of Things (IoT) technologies to improve the operational reliability of the gas supply system in vehicles running on compressed natural gas (CNG). In this research, a monitoring system was developed based on pressure, temperature, flow, and gas leakage sensors, edge devices (ESP32, Raspberry Pi), and the ThingsBoard cloud platform. The system performs real-time data collection, alerting, and diagnostic functions, contributing to the optimization of service intervals. The implementation of the IoT system increases the probability of failure-free operation of system components and significantly reduces the number of failures and malfunctions. According to experimental research results, the effectiveness of the system was evaluated based on the reduction of failure functions, the reliability indicators of failure-free operation, and the analysis of maintenance and repair activities.

Keywords:

IoT (Internet of Things), vehicle, MAN A22, compressed natural gas (CNG), gas supply system, operational reliability, failure and malfunction, real-time monitoring of failure-free operation, technical diagnostics, probability of failure-free operation, maintenance

Internet of Things texnologiyalarini transport vositalarning gaz ta'minot tizimi ekspluatatsion ishonchliligini oshirishda qo'llash

Tadjibayev A.A.¹^a, Jovliyev V.U.¹^b, Boltaboyeva N.O.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya:

Siqilgan tabiiy gaz (STG) yonilg'isida ishlovchi transport vositalarining gaz ta'minot tizimining ekspluatatsion ishonchliligini oshirishda Internet of Things (IoT) texnologiyalarining qo'llanilish imkoniyatlari va natijalari tahlil qilish. Ushbu tadqiqot ishida bosim, harorat, oqim va gaz sizish sensor(datchik)lari, edge qurilmalar (ESP32, Raspberry Pi) va ThingsBoard bulutli platformasiga asoslangan monitoring tizimi ishlab chiqildi. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish, ogohlantirish va diagnostika funksiyalarini bajarar ekan, servis intervallarini optimallashtirishga yordam berdi. IoT tizimi joriy etilgach, tizim elementlarning buzilmasdan ishlash ehtimolligi oshadi, buzilish va nosozliklar sonini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi. Tizimning samaradorligi eksperimental tadqiqot natijalariga ko'ra buzilish funksiyalari vujudga kelishini kamaytirish, ishonchlilikning buzilmaslik xususiyati va texnik servis hamda joriy ta'mirlash ishlari tahlili asosida baholandi.

Kalit so'zlar:

IoT(Internet of Things), transport vositasi, MAN A22, siqilgan tabiiy gaz (STG), gaz ta'minot tizimi, ekspluatatsion ishonchlilik, buzilish va nosozlik, buzilmasdan ishlash real vaqt monitoringi, texnik diagnostika,buzilmasdan ishlash ehtimolligi, texnik servis

1. Kirish

Transport tizimining zamonaviy talablari, ekologik xavfsizlik va ekspluatatsion ishonchlilikni oshirishni talab qiladi. Ayniqsa, siqilgan gaz (STG) bilan ishlovchi transport vositalarda ta'minot tizimi yuqori bosimda tizim elementlari ishlaydi, bunda ishonchlilik muhim rol o'ynaydi. An'anaviy texnik servisdagi buzilishlarni oldindan aniqlay olmaydi. Shuning uchun ekspluatatsiya davrida bu tizimning texnik xolati, uning elementlari ishonchliligiga bog'liq. IoT (Internet of Things) texnologiyasi yordamida gaz ta'minot tizimini real vaqt rejimida monitoring qilish orqali buzilish

va nosozliklarni oldindan aniqlash hamda ekspluatatsiya davrida ularni kamaytirish imkoniyatlari yaratiladi.

IoT texnologiyalarini **gaz ta'minot tizimini** real vaqtda monitoring qilish uchun qo'llash amaliyoti dunyoning bir qancha rivojlangan davlatlarida yo'lga qo'yilgan. Quyidagi jadvalda **STG avtobuslarda** "IoT" monitoring tizimlari joriy etilgan davlatlar oid misollar keltirilgan(1-jadval):

^a  <https://orcid.org/0009-0000-7926-281X>

^b  <https://orcid.org/0000-0002-2840-0343>

^c  <https://orcid.org/0009-0009-1677-8959>



1-jadval
STG avtobuslarda “IoT” monitoring tizimlari joriy etilgan davlatlar [2]

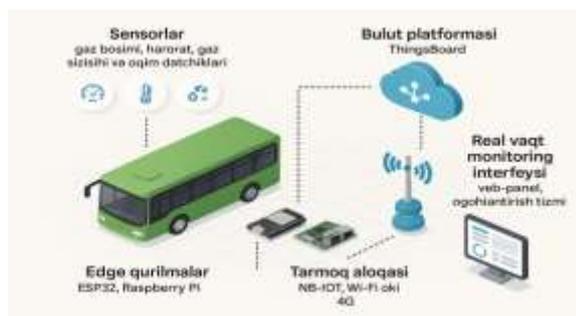
T/R	Davlat	Avtobuslar	“IoT” tizim/platfornasi	Qo'llanish sohasi
1.	Germaniya	MAN Lion's City 12G / 18G, Mercedes-Benz Citaro NGT	Bosch IoT Suite, ZF telematik modullari	Harorat, bosim, gaz oqimi, gaz sifati monitoringi
2.	Shvetsiya	Scania Citywide LF STG	Scania Fleet Management + IoT sensorlar	Ekspluatatsion sharoit (muz, namlik), gaz sarfi, MTBF, TXK
3.	AQSh	New Flyer Xcelsior STG, Gillig Low Floor STG	Cummins Connected Diagnostics, Verizon IoT	Nosozlik kodi, ogohlantirish, GPS integratsiya
4.	Janubiy Koreya	Hyundai Universe STG, Daewoo BS106	KT Smart Bus platformasi	Bosim, harorat, ekologik monitoring, servis algoritmi
5.	Hindiston	Tata Starbus STG, Ashok Leyland JanBus STG	Bharat IoT platformasi	Xavfsizlik, portlash oldini olish, servis xotirasi
6.	Xitoy	Yutong ZK6128HG, King Long STG	Mahalliy IoT tizimlari	Gaz holati, nosozlik kodi, avtomatik tuzatish

Ushbu jadvaldan ko'rish mumkinki O'zbekistonda ekspluatatsiya qilinayotgan avtobuslarda ham qo'llansa ularning rejali texnik xizmati va ta'mirlash ishlari raqamlashtiriladi va avtobuslarning ishlash rejimlari hamda texnik tayyorgarlik, ishga chiqish ko'rsatkichlari oshadi.

O'zbekistonda MAN A22 STG, Yutong ZK6126HG, King Long STG kabi siqilgan tabiiy gazda ishlaydigan transport vositalarda harakat tizimining ishonchligini oshirishda ushbu “IoT” texnologiyasini qo'llansa “Avtobus saroyilari” va “Avtotexxizmat” korxonalarida transport vositalarning bosim sensor (datchik)lari, real vaqt monitoring (test tarzida), texnik servis tavsiyalari asosida servis xizmati davriyligi va tartibotini qayta shakllantirish va samaradorligini oshirish imkonini beradi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

IoT tizimining avtobuslarda qo'llanishi tartibi quyidagi ketma-ketlikdan borat:



1-rasm. IoT tizimining avtobuslarda qo'llanishi tartibi

Ushbu rasmdan Sensorlar gaz bosimi, harorat, gaz sizishi va oqim datchiklari kabi qurilmalar, Edge qurilmalar: ESP32, Raspberry Pi (ushbu qurilma tavsiya sifatida keltirilgan), tarmoq aloqasi: Wi-Fi yoki 4G kabilar, bulut platformasi: ThingsBoard (bu platform ham tavsiya), real vaqt monitoring interfeysi: kompiyuter, plashet, androidlar, veb-panel, ogohlantirish tizimi bo'ladi va avtobuslarning texnik xolatini real vaqt moboyini nazorat qilish imkonini beradi.

Statistik tahlil, diagnostika protokollari asosida buzilish va nosozliklar tahlilini olib elektron tarzda doimiy ravishda shakllanadiva texnik xizmatni raqamlashtiradi.

Bulut platformasini ishlashi bo'yicha qisqacha ma'lumot berib ketadigan bo'lsak.

Bulut platformasi (yoki inglizcha: *Cloud platform*) — bu foydalanuvchining qurilmalaridan (masalan, IoT sensorlar, edge qurilmalar) kelayotgan ma'lumotlarni **masofaviy serverlarda saqlash, tahlil qilish va boshqarish imkonini beruvchi raqamli xizmatlar to'plamidir.**

IoT tizimlarida bulut platformasi markaziy nerv markazi vazifasini bajaradi — barcha sensorlar, qurilmalar va vizual interfeyslar aynan bulut orqali bog'lanadi.

2-jadval

Bulut platformasining vazifalari

T/R	Asosiy vazifalar	Tavsifi
1	Ma'lumot yig'ish	Sensor(datchik)lar va edge qurilmalar jo'natgan ma'lumotlarni qabul qiladi
2	Saqlash (Storage)	Yig'ilgan real vaqt ma'lumotlarini xavfsiz saqlaydi (uzoq muddatga)
3	Tahlil (Analytics)	Buzilmasdan ishlash funksiyasi, TS, buzilish va nosozliklar kabi tahliliy natijalarni hisoblaydi
4	Ko'rsatish (Dashboard)	Grafiklar, jadvallar, oqim holati — hammasi veb-interfeys orqali ko'rsatiladi
5	Ogohlantirish (Alerts)	Bosim, harorat yoki gaz sizish me'yordan chiqsa SMS, e-mail yuboradi
6	Integratsiya (API)	Servis markazi yoki serverlar tizimi bilan avtomatik bog'lanish

Bulut platformasining ishlash rejimi (IoT STG tizimi misolida)

Quyidagi bosqichlar orqali ishlaydi:

1. *Sensor(datchik) va edge qurilmalar*



- Reduktor bosimi, harorat, oqim, gaz sizishi o'lganadi
 - Edge qurilma (ESP32 yoki Raspberry Pi) ma'lumotni yig'adi va siqadi
2. *Ma'lumot uzatish*
- 4G /Wi-Fi /NB-IoT orqali bulut platformasiga yuboriladi
 - JSON yoki MQTT formatlarida
3. *Bulut platformasida ishlov berish*
- **ThingsBoard, Azure IoT, AWS IoT, Google Cloud IoT** kabi platformalarda:
 - Ma'lumotlar real vaqt bazasiga tushadi
 - Har bir tizim element holati tahlil qilinadi (odatda Python /Node-RED orqali)
 - Buzilmasdan ishlash davri, texnik servis davriyligi, ko'rsatkichlarni me'yoridan chetga chiqish holatini nazorat qiladi va avariya ehtimoli kabi hisob-kitoblar bajariladi
4. *Vizual interfeys*
- Texnik xodim veb-panelda transport vositasini yoki uning tizimi va tizim elementlarini ko'radi
 - Raqamlar, grafiklar, ogohlantirishlar (qizil/yashil/yellow indikatorlar bilan)
5. *Aloqa va integratsiya*
- Transport vositasidagi diagnostika tizimi bilan sinxron
 - Texnik servis davriylklariga avtomatik integratsiya qilinadi (plan/prognoz)

Shu sababli, tizim samaradorligini oldindan baholash, uning samaradorligini mo'tadilligini ta'minlashda muhim omillardan hisoblanadi. Ushbu usullar bilan so'rovlariga xizmat ko'rsatishning sifat samaradorligini aniqlash uchun ommaviy xizmat ko'rsatish modellaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun bir qancha modellar mavjud bo'lib, yuqorida ko'rib o'tilgan tizim uchun quyidagi matematik modeldan $M_1/M_2/V/m < \infty$ foydalanish mumkin. Bu yerda, m kutish joylari soni, V - xizmat ko'rsatish qurilmalari soni, M_1 - oddiy tasodifiy so'rovlar oqimi, M_2 - xizmat ko'rsatish davomiyligi. Ushbu model asosida yuqoridagi 1-rasmda keltirilgan ketma-ketlik quyidagicha bo'ladi (2-rasm).



2-rasm. Bulut platformalarini ishlash sxemasi

3-jadval

Bulut platformasining afzalliklari

T/R	Afzallik	Tavsif
1	Masofaviy kirish	Servis muhandisi har qanday joydan tizimni ko'ra oladi
2	Arxivlangan ma'lumot	O'tgan oy/yil bo'yicha tahlil qilish mumkin

3	Tashqi servis bilan bog'lanish	ERP, SAP yoki texnik xizmat CRMlariga integratsiya
4	Avtomatik ogohlantirishlar	Buzilish va nosozlik haqida oldin xabar beradi (e-mail, Telegram bot va h.k.)
5	Buzilayotgan elementlar nomenklaturasi	Qanday tizim element eng ko'p buzilayotgani aniqlanadi

Misol: MAN A22 avtobusidagi gaz reduktorida **bosim pasayishi** ro'y beradi:

- Sensor(datchik) bu ma'lumotni edge qurilma orqali ThingsBoard platformasiga yuboradi
- Tizim uni normadan past deb baholab, "**warning**" signal chiqaradi
- Texnik xodim vizual panelda ogohlantirishni ko'radi
- Servisga avtomatik buyurtma shakllanadi → qisqa muddatda ta'mirlash.

3. Natija va muhokamalar

Eksperiment Toshkent shahridagi 44 ta MAN A22 avtobuslari asosida 2023–2024 yillarda gaz ta'minot tizimidagi buzilish va nosozliklarni taxlilini IoT tizimimiz holatini olinsa va ehtimoliy tizim joriy etilgach, quyidagi natijalar kuzatilishi ehtimolligi mavjud:

4-jadval

IoT tizimi qo'llanilgan va qo'llanilmaganda gaz ta'minot tizimi gaz reduktorlari ishonchligi taxlil

T/R	Ko'rsatkich	IoT tizimsiz	IoT tizimi qo'llanganda ehtimoliy qiymatlar
1	Reduktor nosozliklari (2 yil davomida aniqlangan), dona	15	9
2	Reduktorning buzilishgacha o'rtaacha yurgan yo'li, 1000 km	200	370
3	Reduktor nosozligi va reduktorga bo'lgan talab tufayli ishga chiqmasdan qolish vaqti, kun	90	30
3	Injektor nosozliklari, dona	10	6
4	Diagnostika aniqligi, %	past	yuqori (97%)
5	Servis samaradorligi	o'rta	yuqori

IoT tizimi qo'llanganda ehtimoliy qiymatlari STG avtobuslarda "IoT" monitoring tizimlari joriy etilgan davlatlarning statistik natijalariga qiyoslangan holatda tanlangan.

IoT texnologiyasining MAN A22 avtobuslarining gaz ta'minot tizimida qo'llanilishi ekspluatatsion ishonchlikni oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Biroq amaliyotda tizimni joriy etish bilan bog'liq bir qator muammolar mavjud.

- Sensor(datchik)larning ishlash muhitiga nisbatan zaifligi: chang, yuqori harorat, va bosim o'zgarishlari sensorlarning ishlash muddatini qisqartiradi.

- Tarmoq aloqasi cheklangan hududlarda ishlamay qolishi mumkin (Wi-Fi, 4G, NB-IoT).

- Servis xodimlarining IoT tizimi bo'yicha malakasi yetarli emas.



- Import qilingan qurilmalarning ehtiyot qismlari tezda yetkazilmasligi tufayli nosozliklarni bartaraf etish uzoq davom etadi.

- Ma'lumotlar xavfsizligi va shifrlash mexanizmlari yetarlicha ishonchli emas.

- Dastlabki investitsiya xarajatlari yuqori bo'lib, barcha transport korxonalarini buni o'zlashtira olmaydi.

Kelajakdagi IoT texnologiyalarining avtomobilsozlikda rivojlanish yo'nalishlari

- 5G asosidagi IoT texnologiyalarining joriy etilishi orqali ultra past kechikishli monitoring imkoniyati paydo bo'ladi.

- Sun'iy intellekt (AI) yordamida katta ma'lumotlar tahlili asosida oldindan nosozlikni bashorat qilish imkoniyati yaratiladi.

- Raqamli nusxa (Digital Twin) texnologiyasi yordamida virtual simulyatsiyalar orqali ekspluatatsion tahlil chuqurlashtiriladi.

- Blockchain texnologiyasi orqali ma'lumotlarning xavfsiz va shaffof almashinuvi ta'minlanadi.

- Simsiz va quyosh energiyasida ishlovchi sensorlar orqali energiya mustaqilligi ta'minlanadi.

- Modular interfeyslar yordamida barcha avtobus turlari uchun mos universal tizimlar ishlab chiqiladi.

IoT texnologiyalarining to'g'ri joriy etilishi MAN A22 STG avtobuslarida gaz ta'minot tizimi tizim elementlarining ishlash barqarorligini ta'minlaydi, nosozliklarni oldindan aniqlash imkonini beradi va servis xizmatini optimallashtiradi. Ammo, mavjud texnik, iqtisodiy va kadrlar muammolari hal etilmas ekan, tizimning to'liq joriy qilinishi qiyin bo'ladi. Shu sababli, yaqin kelajakda yuqorida sanab o'tilgan innovatsion yo'nalishlar asosida harakat qilinishi zarur.

4. Xulosa

IoT tizimi MAN A22 avtobuslarining gaz ta'minot tizimi ishonchligini oshirishda samarali yechim bo'lib xizmat qildi. Nosozliklarni erta aniqlash, TXK algoritmlarini yangilash va real vaqt monitoringi transport sohasida katta imkoniyatlar ochadi va korxonada iqtisodiy jihatdan imkoniyatlarini yaxshilash imkonini beradi. IoT tizimining MAN A22 avtobuslar saroyiga iqtisodiy jihatdan ta'siri

Ushbu tahlilda IoT texnologiyasi joriy etilishi natijasida MAN A22 rusumli 44 ta STG avtobuslar ishlatiladigan 5-avtobus saroyida yuzaga keladigan iqtisodiy yutuq baholandi. Taqqoslovchi hisob-kitoblar 1 yillik siklda qabul qilingan, kuniga o'rtacha 2 500 000 so'mlik daromad deb qabul qilsak.

5-jadval

IoT texnologiyasi joriy etilishi iqtisodiy samara

T/R	Ko'rsatkichlar	IoT yo'q	IoT mavjud
1	Nosoz avtobuslar soni(gaz taminot tizimida doimiy nosozliklar bo'lgab avtobuslar soni)	3	1
2	Har biri ishlaymay qolgan kunlar soni(eksperiment o'tkazilgan davr moboytida ishga chiqmagan o'rtacha kunlar soni,	30	10

3	Bir avtobusning kunlik o'rtacha daromadi (million so'm)	2, 5	2,5
4	Umumiy yo'qotish (IoT yo'q)(million so'm)	225	
5	Umumiy yo'qotish (IoT bor) (million so'm)		25
6	IoT tizimi joriy etilgach iqtisodiy samara (million so'm)		200

Ko'rinib turibdiki, IoT tizimi joriy etilgach, avtobuslarning ekspluatatsion nosozliklariga javoban kamroq ishga chiqmaslik holatlari kuzatilgan. Bu esa saroy byudjetida taqriban 200 million so'mgacha iqtisod qilishga olib kelgan.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda STG ballonli avtobuslarda IoT texnologiyasini qo'llanganda quyidagi tavsiyalar berish mumkin:

- Har 60 000 km da chuqur texnik diagnostika
- IoT tizimlarini barcha STG avtobuslarda joriy etish
- Servis xaziralarini statistik tahlilga asoslab rejalashtirish
- Diagnostika malakasini oshirish uchun treninglar tashkil etish.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- [2] Wang, K., Hu, K., & Zhang, Y. (2021). Fault detection and diagnosis in STG fuel supply systems using intelligent IoT monitoring. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 25(2), 182–195.
- [3] A.A. Tojiboyev, Q.M. Sidiqnasarov, K.I. Ibrohimov, N.V. Kusnetsov. *Ishonchlik nazariyasi va diagnostika asoslari: Oliy o'quv yurtlari bakalavrlari uchun darslik*. T.: "Extremum-Press" 2015. 296 b.
- [4] Cairo Air Improvement Project Compressed Natural Gas Component Operations and Maintenance Manual for CTA and GCBC CNG Garages. Chemonics International, Inc. USAID/Egypt, Office of Environment. Cummins Westport, Inc. Engine Overview: March 2015
- [5] Abdinabi Abdirakhmonovich Tadjibayev, Vasik Ulashevich Jovliyev, and. Mirjahan Istam ugli Ergashev. *Advantages and disadvantages of operating gas cylinder vehicles // Central Asian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences* 02.02 (2023): 102-107.
- [6] Tadjibayev Abdinabi Abdiraxmonovich, Jovliyev Vasik Ulashevich "Gaz ballonli avtomobillarni ekspluatatsiyasi afzalliklari va kamchiliklari" // *Образование наука и инновационные идеи в мире* №16, 03.2023
- [7] Tadjibaev A.A. Determination of the coefficient of technical readiness of trucking companies depending on the availability of spare parts. *TARCI, Bulletin* 2/2017. Pages 98-103
- [8] Tadjibaev A.A. Influence of the resources of replacement parts on the reliability of vehicles during operation. *TARCI, Bulletin* 1/2020. P. 3-9



[9] Tadjibaev A.A. "Determination of the required quantity of spare parts for the car park" 187-194 pp. Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan. Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan. International scientific-practical seminar "Innovations in automobile transport: the main direction between science and business" 18-19 September 2019 y Tashkent.

[10] Tadjibaev A.A. Research on the reliability and risk of road transport enterprises. Collected materials the international scientific-technical conference "Prospects of road transport and engineering communication infrastructure" 24-25 November 2017 y. Tashkent.

[11] Tadjibayev A.A. Avtomobillarning ishonchligini ekspluatatsiya jarayonida tadqiq etish. /monografiya/; - Toshkent: "Innovatsiya-Ziyo", 2022. 150 b.

[12] Kadirshaev T., Tadjibaev A., Ibrahimov K. Improving the Technological Accounting of Maintenance Stations Located in Cities, AIP Conference Proceedings 2789,040091(2023) research article June 23 2023 <https://doi.org/10.1063/5.0145667>

[13] Tadjibayev A.A., Jovliyev V.U., and Ergashev M.I. "Advantages and disadvantages of operating gas cylinder vehicles" Central Asian Journal of Mathematical theory and Computer Sciences 02.02 (2023): 102-107. Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телеграфика. М.: Связь, 1979.

[14] A.A. Tadjibaev, V.U. Jovliev, S.O. Narziev, I.T. Karimov. Determination of the gas reducer resource of gas cylinder buses. Fifteen International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications May 28-June 1, 2024 Tashkent, Uzbekistan

[15] Abdinabi A. Tadjibayev, Vasik U. Jovliyev. Evaluation of operational reliability indicators. E3S Web of Conferences 587, 03014 (2024) GreenEnergy 2024 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703014>.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Tadjibayev Abdunabi Abdurahmonovich	Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil va avtomobil xo'jaligi" kafedrası professori, texika fanlari nomzodi. E-mail: Abdunabi-t@mail.ru Tel.: +99890 947-19-47 https://orcid.org/0009-0000-7926-281X
Jovliyev Vasik Ulashevich	Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil va avtomobil xo'jaligi" kafedrası doktoranti. E-mail: jvosiq@gmail.com Tel.: +99897 383 -86-76 https://orcid.org/0000-0002-2840-0343
Boltabayeva Nafosat Odilbek qizi	Toshkent davlat transport universiteti "Avtomobil va avtomobil xo'jaligi" kafedrası doktoranti. E-mail: nafosatboltabayeva178@gmail.com Tel.: +99893 754-98-10 https://orcid.org/0009-0009-1677-8959



A novel technological solution for protecting railways from sand drifts

M.K. Muzaffarova¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article presents a study on a novel technological solution for railway protection from sand drifts. The research focuses on identifying the optimal working composition and application rate of a binding solution to stabilize mobile sands with a 20% moisture content. The investigation details the process of achieving a stable state by fixing the sands with a locally produced polyacrylamide solution.

Keywords: Polyacrylamide solution, mobile sands, sand drifts, protective layer

Temir yo'llarni qum bosishlaridan himoya qilishda yangi texnologik yechim

Muzaffarova M.K.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Maqolada bog'lovchi eritmaning maqbul ishchi tarkibi va maqbul tarkibining sarflanish chegarasi aniqlanib yo'llarni qumli bosishlaridan himoya qilishning yangi texnologik echimi, ya'ni harakatlanuvchi 20% li nam holatdagi qumlarni mahalliy poliakrilamid eritmasi bilan mahkamlab turg'un holatga keltirish bo'yicha tadqiqotlar taqdim etilgan.

Kalit so'zlar: Poliakrilamid eritmasi, harakatlanuvchi qumlar, qumli bosishlar, himoya qatlami

1. Kirish

Qumli cho'llarning o'ziga xos sharoitida muhandislik inshootlarini qurish va ulardan foydalanish qumning shamol ta'sirida yer yuzasidan tepaga ko'tarilishi va ko'chirilishi tufayli murakkablashadi. Shamol faolligi natijasida shamol-qum oqimi hosil bo'ladi. Uning salbiy ta'siri shundan iboratki, ma'lum sharoitlarda shamol-qum oqimining tezligi ma'lum chegaradan pastga tushganda, shamol olib kelgan qum oqimdan tushib, temir yo'lni bosib qoladi (1-rasm) yoki qumdan yasalgan inshootni (yer polotnosini) bir qismini shamol uchirib ketadi. Qum bosishi natijasida yo'lning holatida normadan yuqori o'zgarishlar va uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarining yomonlashishi kuzatiladi. Bu balast prizmasining dinamik xususiyatlarining o'zgarishi, relslar va strelkali o'tkazgichlarning tezlashtirilgan emirilishi, yer polotnosi qumlari uchirib ketishiga va natijada harakatlanuvchi tarkibning yo'l izidan chiqib ketishi bilan ifodalanadi.



1-rasm. Uchquduq – Buzaubay peregonidagi temir yo'lning qum tez-tez bosib turadigan uchastkalari PK 273 + 50 ÷ PK 273 + 90

Qumlarning ko'chish jarayoni alohida xavf tug'diradi. Bunda nafaqat yakka ob'ektlarni qum bosishi, balki yo'llar tarmog'i, Gidromeliorativ tizim ob'ektlari, sug'oriladigan dalalarni qum bosishini bartaraf qilishga ketadigan doimiy sarf-xarajatlar xo'jalik faoliyatiga zarar yetkazadi [1].

Muhandislik ob'ektlarini qurish va ulardan foydalanish normal sharoitlarini ta'minlash uchun qum bosishlardan muhofaza qilish deb nomlangan maxsus ishlar olib boriladi [1-3]. Har yili yo'l masofalari tomonidan temir yo'llarning qum bosgan uchastkalarini tozalash ishlari bajarilib, ularning hajmi o'rtacha olganda yiliga 200 km yo'l uzunligiga to'g'ri keladi [4, 5].

Harakatlanuvchi qumlarni mustahkamlash uslublari ichida fizik-kimyoviy uslub va barcha unga oid, bog'lovchi vositalardan foydalanishni ko'zda tutgan usullar ekologik jihatdan eng toza uslub bo'lgan biologik uslubga yordamchi texnologik yechim sifatida qo'llab, uning samaradorligini oshirish maqsadida taqdim etilgan.

Ammo, hozirgi davrda qumlarni mahkamlashning ko'p sonli fizik-kimyoviy usullari mavjud. Ular faqat yilning quruq faslida qo'llaniladi, bu esa usuldan foydalanish doirasini cheklab qo'yadi, ishchi va material-texnik resurslardan nooqilona foydalanishga olib keladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Poliakrilamid, ya'ni poliakrolamidli yelim KPI-001 (umumiy formulasi (-CH₂CHCONH₂-)) ekologik jihatdan xavfsiz quyuq maxsulot bo'lib, suvda eritish yo'li bilan foydalanish mumkin va uning qum zarralarini biriktirib bog'lash xususiyatini namoyon bo'lishi uning eritmadagi miqdoriga bog'liq [6].

^a  <https://orcid.org/0000-0002-0858-4704>

Poliakrilamid yirik miqdorda ishlab chiqaruvchi korxonalar AQSh, Evropa, Yaponiya, Xitoy, Rossiya federasiyasida yuqori kulamda ishlab chiqariladi.

O'zbekistonda Tsh23592457-01:2015. Poliakilamid standarti talablari bo'yicha xususiy korxonalarda mahalliy materiallardan maxsus texnologiya asosida ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan.

Tadqiq etishning o'zaro bir-biriga bog'liq nazariy va evristik uslublari majmui qo'llanilgan: tahlil va sintez, eritmani qumga similish chuqurligi hamda fizik mexanik ko'rsatqichlarini o'lchash, analogiya va fizik modellashtirish, tadqiqot natijalariga ishlov berishda aniqlashtirish (konkretlashtirish), axborot texnologiyalari (Macrosoft Exel) muxitida Trend dasturi, induksiya va deduktiya, formallashtirish, va aksiomatik uslublar qo'llanilgan.

Undan tashqari tadqiqotlarda kimyoviy meliorantlar - bog'lovchi materiallardan foydalanish imkoniyatlarini aniqlash uchun tezkor uslubdan foydalangan, bu esa tadqiqot vaqtini sezilarli darajada qisqartirishga va qimmat tajribalarni qo'llamaslikga imkon berdi.

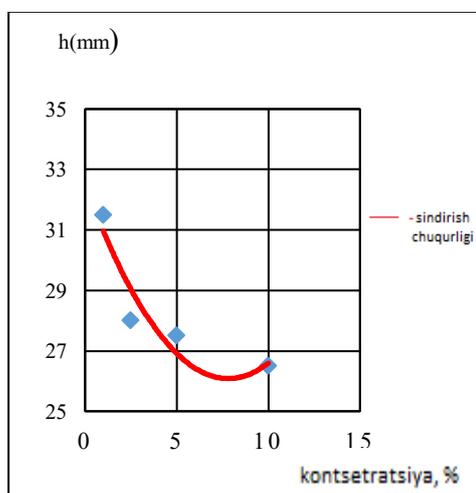
Tezkor uslub talablari bo'yicha bog'lovchi yordamida hosil qilingan himoya qatqalog'i eng maqbul strukturasi P_m plastik mustahkamligi $P_m \geq (2,5 \div 2,7) \times 10^3 Pa$, singish chuqurligi $h \geq 5 mm$ shartiga mos bo'lishi kerak. Qiyaligi nishablari ortishi hamda yaxlit qatlam hosil qilinishi bilan plastik mustahkamlikning eng kichik qiymati $5 \times 10^3 Pa$ bo'lishi mumkin. Himoya qatqalog'i bir vaqtning o'zida ikki shart, ya'ni ham plastik mustahkamlikka, ham qatqaloq qalinligiga qo'yiladigan zaruriy va yetarli darajadagi shartlar bajarilsa, chidamli bo'ladi. Tadqiqotlar natijasida ushbu ikki shartning bir vaqtda bajarilishi muhim o'rin egallaydi [1, 5, 7].

Umuman olganda, texnologik yechimni amalda texnologik qo'llanilishini asoslash uchun quyidagi masalalarni yechish zarur:

- bog'lovchining nam qumlarga shimilishini o'rganish;
- himoya qobig'ini ekspluatatsiya turg'unligi shartlariga mosligini tekshirish.

3. Natija va muhokamalar

Quruq qumlarga singiriladigan poliakrilamidning ishchi tarkibi turli xil to'yinganlik (quyuq-suyuqlik)larda (1%; 2,5%; 5%; va 10%) [3] da tekshirilgan (2-rasm).

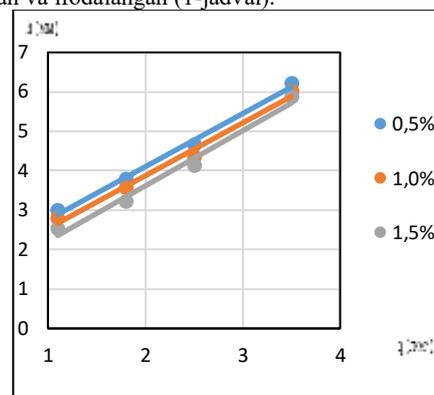


2-rasm. Poliakrilamidli bog'lovchi qum yuzasiga shimilish qalinligining ishchi tarkibiga bog'liqligi

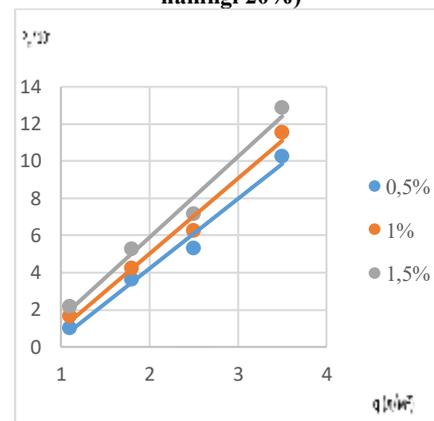
Hozirgi kunda resurslardan tejamkor va samarali foydalanish yo'llari qidirilmoqda. Shuning uchun yangi uslubda nam holatdagi yoki oldin namlab sung aralashmani qo'mga singdirish natijasida ancha tejamkor va samarali natijalarni kulga kiritish mumkin.

Eksperimentlar nam holatdagi qumlarda o'tkazildi. Singdirish natijasida olingan himoya qatlami namunalari shamolli-qumli oqim ta'siriga chidamlilikning yig'ma mezonlariga mosligi kamida besh marotaba o'lchab, o'rta qiymati aniqlandi.

Olingan eksperimentlar natijalari Microsoft Exel dasturida chiziqli grafik ko'rinishda sharhlanishi (interpretasiya) orqali plastik mustahkamlik va himoya qatlami qalinligini aralashmaning solishtirma sarfiga bog'liqliklari (3-, 4-rasmlar) yuqori darajali aniqlik bilan topilgan va ifodalangan (1-jadval).



3-rasm. Poliakrilamid elimining ishchi tarkibini nam qumlarga singishida himoya qatlamining qalinligi bog'lovchi tarkibning sarflanishiga bog'liqligi (qumni namligi 20%)



4-rasm. Himoya qatlamining plastik mustahkamligini bog'lovchi moddaning ishchi tarkibi va yuza birligiga bo'lgan sarfiga bog'liqligi (qumni namligi 20%)

Muhokama. Fizik-kimyoviy uslubi bilan turg'un holatga keltirishda qumlarni dastlab nam xolatga keltirib, keyin mahalliy ishlab chiqarishning yo'lovchi moddalarini bog'lovchi sifatida sepib-shimdirish va bunda g'ovaklar namlanish oqibatida ma'lum darajada egallanganligi uchun shimilish jarayoni sekinlanishi va g'ovaklarni bog'lovchi modda bilan bir tekisda to'ldirilishi hamda bog'lovchi moddaning ish tarkibida va yuza birligiga sarfi kamaishini taxmin qilish mumkin. Bunday texnologik echim resurslarni tejashiga olib keladi.



1-jadval

Himoya qatlamining qalinligi va plastik mustahkamligini poliakrilamid eritmasining ishchi tarkib miqdoriga bog'liqligi (qumni namligi 20%)

Poliakrilamid eritmasining ishchi tarkib miqdori, %	Himoya qatlam qalinligining ifodasi	Himoya qatlam plastik mustahkamligining ifodasi
0,5	$h = 1,35q + 2,35$ $R^2 = 0,963$	$P = 3,76q - 3,29$ $R^2 = 0,94$
1,0	$h = 1,34q + 2,33$ $R^2 = 0,949$	$P = 4,06q - 3,10$ $R^2 = 0,97$
1,5	$h = 1,31q + 2,30$ $R^2 = 0,921$	$P = 4,35q - 2,80$ $R^2 = 0,96$

Tajribalardan ko'rinib turibdiki olingan natijalar taxlili asnosida iqtisodiy tejankor va shu bilan birgalikda yuqoridagi qonuniyatlarga mos keladigan himoya qatlamini olish uchun aralashma tarkibidagi poliakrilamid miqdorini kamaytirishga erishildi. Ammo iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha bu bilan cheklanib qolmaydi. Yangi usulda ko'chki qumlarga ishlov berilgan holda bundanda samarali natijalarni olish mumkinligi tajribalarda yaqqol nomoyyon bo'ldi.

Himoya qatlamining texnologik parametrlarini aniqlash uchun (2-jadval) bog'lovchini singdirish jarayoni o'rganiladi.

2-jadval

Himoya qatlamining qurilish–texnologik tavsiflari

Eritma tarkibi, %	h (mm), P_m (Па x 10 ³), q (l/m ²)		
Poliakrilamid – 1,5 suv – qolgan.	h	P_m	q
	5-6	5,0-8,0	2,1 ÷ 2,5

4. Xulosa

Maxalliy mahsulot - poliakrilamid suv eritmasini 20 % li nam holatdagi qumlar yuzasiga sepilganda uning shimilishi va himoya qobig'i hosil bo'lishi taminlanadi va shu bilan ko'chuvchi qum turg'un xolatga keltiruvchi yangi texnologik echim taklif etildi.

Poliakrilamidli bog'lovchining maqbul ishchi tarkibi: poliakrilamid – 0,5-1,5 %; suv – qolgan.

Chidamlilik talablariga javob beruvchi himoya qatlamini olishda maqbul tarkibining sarflanish chegarasi $q = 2,1 - 2,5$ l/m².

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Мирахмедов М. М. Основы методологии комплексной системы организации пескозакрепления и защита производственно-технических систем от песчаных заносов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Ташкент, 2003. – 363с.

[2] Адыходжаев А.И. Разработка состава и применение госсиполовой эмульсии в качестве вяжущего для закрепления подвижных песков/ Автореферат канд. тех. наук. –Ташкент, 1978. –27с.

[3] Фазилов Т.И. Органо-минеральные противодефляционные покрытия, полученные пропиткой подвижных песков. Диссертация на соискание степени д. т. н. – Харьков, ХИСИ,1991. –350с.

[4] Muzaffarova, M., Mirakhmedov, M. Differences and commonalities impregnation of dry and wet sand. Transport Problems, 2014, 9(3), S.S. 91–97.

[5] Еримбетов Б. Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan dissertasiya. Toshkent, 2016 y.

[6] <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПолИАкриламид>.

[7] Muzaffarova, M., Mirakhmedov, M. Physicochemical method of fixing mobile sands with local materials. Том 2642 June 2021.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Muzaffarova Maujuda Toshkent davlat transport universiteti “Temir yo'l muhandisligi” kafedrasida dotsenti, (PhD)
E-mail: mauguda@mail.ru
Tel.: +998977130063
<https://orcid.org/0000-0002-0858-4704>



Intelligent transport systems: an integrated approach for smart cities

M.S. Mirzabekov¹^a, B.K. Kurbonova¹^b

¹Jizzakh polytechnic unistitute, Jizzakh, Uzbekistan

Abstract: In the context of growing demands for safety, efficiency, and environmental sustainability in the modern transportation sector, intelligent transport systems are developing at a rapid pace. These systems play a crucial role in improving traffic quality, effectively managing urban infrastructure, and regulating traffic flow. They encompass traffic management, autonomous vehicles, real-time systems, and applications developed based on advanced digital technologies.

This article analyzes the main technological components of these systems in the city of Jizzakh, including specialized networks that enable vehicle-to-vehicle communication, smart traffic light systems, virtual control elements, and algorithms related to traffic prediction. Additionally, the study examines the contribution of these components to the overall efficiency of the transport system, safety levels, and environmental sustainability.

Keywords: Intelligent transport systems, real-time monitoring, smart city technologies, sensor networks, traffic flow control, artificial intelligence, IoT, big data analysis, traffic management systems, digital city infrastructure, transport security monitoring, real-time traffic analysis

Intelektual transport tizimlari: aqlli shaharlar uchun integratsiyalashgan yondoshuv

Mirzabekov M.S.¹^a, Kurbonova B.K.¹^b

¹Jizzax politexnika instituti, Jizzax, O'zbekiston

Annotatsiya: Zamonaviy transport sohasida xavfsizlik, samaradorlik va ekologik barqarorlikka bo'lgan ehtiyoj ortib borayotgan bir sharoitda, intellektual transport tizimlari tezkor sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Ushbu tizimlar harakatlanish sifatini oshirish, shahar infratuzilmasini samarali boshqarish va transport oqimini tartibga solishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ular tarkibiga yo'l harakati boshqaruvi, avtonom transport vositalari, real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlar hamda ilg'or raqamli texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan ilovalar kiradi.

Mazkur maqolada Jizzax shahridagi ushbu tizimlarning asosiy texnologik komponentlari – jumladan, transport vositalari o'rtasidagi aloqani ta'minlaydigan maxsus tarmoqlar, aqlli svetofor tizimlari, virtual boshqaruv elementlari hamda transport harakati bashorati bilan bog'liq algoritmlar tahlil qilinadi. Shuningdek, bu komponentlarning umumiy transport tizimi samaradorligi, xavfsizlik darajasi va ekologik barqarorlikka qo'shayotgan hissasi o'rganiladi.

Maqolada, shuningdek, avtomobil ishlab chiqaruvchilari tomonidan ilgari surilayotgan tashabbuslar – ya'ni haydovchilar, yo'lovchilar va shahar boshqaruvchilari manfaatlarini uyg'unlashtiruvchi Intelektual transport tizimlari standartlarini ishlab chiqish va ularga rioya qilish bo'yicha faoliyatlar ham ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: Intelektual transport tizimlari, real vaqt monitoringi, aqlli shahar texnologiyalari, sensor tarmoqlari, transport oqimini nazorat qilish, sun'iy intellekt, IoT, katta ma'lumotlar tahlili, harakatlanishni boshqarish tizimlari, raqamli shahar infratuzilmasi, transport xavfsizligi monitoringi, real vaqtli trafik tahlili

1. Kirish

Intellektual transport tizimlari (ITT) zamonaviy transport sohasida inqilobiy o'zgarishlarni yuzaga keltirgan texnologik yechimlar sifatida rivojlanib, yuk va yo'lovchilarni tashish jarayonlarini tubdan qayta shakllantirmoqda. Bu tizimlar ilg'or axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash va sun'iy intellekt algoritmlarini uyg'unlashtirgan holda, transport infratuzilmasining

samaradorligini, xavfsizligini hamda ekologik barqarorligini sezilarli darajada oshirishga qaratilgan [1].

Intellektual transport tizimlari transport sohasining bir qator yo'nalishlarida, xususan shahar sharoitidagi transport oqimini boshqarish, transport vositalaridan foydalanish samaradorligini oshirish jamoat transport tizimlarini optimallashtirish va maxsus transport vositalari harakatini maqsadli tashkil etishda zamonaviy texnologiyalarni keng joriy imkonini yaratadi. U real vaqt rejimida olingan ma'lumotlar, keng ko'lamlı sensor tarmoqlari va aqlli

^a <https://orcid.org/0000-0002-1617-3163>

^b <https://orcid.org/0000-0003-0809-4788>



algoritmlar yordamida tirbandlikni kamaytirish, sayohat vaqtini qisqartirish, xavfsizlikni oshirish, maxsus transport vositalari harakati samaradorligini oshirish hamda atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishga yo'naltirilgan.

Intellectual transport tizimlari keng qamrovli bo'lib, unga intellectual svetofor tizimlari, avtonom transport vositalari, dinamik marshrutlarni rejalashtirish, elektron to'lov tizimlari hamda jamoat transportini real vaqt rejimida kuzatish kabi ilg'or ilovalarni kiritishimiz mumkin. Ushbu texnologiyalar nafaqat transport xizmatlarini yaxshilashga, balki energiya samaradorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish va shaharozlik sohasida ekologik barqarorlikni ta'minlashga ham xizmat qiladi.

Shaharlarning tezkor rivojlanishi va transport tizimlariga bo'lgan talabning ortishi jarayonida intellectual transport tizimlari mobillikning kelajagini belgilovchi asosiy omil sifatida e'tirof etilmoqda. Jahon miqyosida hukumatlar, korporatsiyalar va ilmiy-tadqiqot muassasalari yanada aqlli, o'zaro bog'langan va ekologik toza transport ekotizimlarini yaratish uchun intellectual transport tizimlari texnologiyalarini keng ko'lamda yaratishga va tatbiq etishga intilmoqda.

So'nggi yillarda Internet of Things (IoT) hamda 5G kommunikatsiyasi kabi ilg'or texnologiyalarning paydo bo'lishi intellectual transport tizimlarining qo'llanilishini va tez sur'atlarda rivojlanishini sezilarli darajada tezlashtirdi [1]. Intellectual svetoforlar (ITL), virtual svetoforlar (VTL), avtomobil Ad-hoc tarmoqlari (VANET) hamda mobillikni bashorat qilish texnologiyalari intellectual transport tizimlarining eng ommabop yo'nalishlari hisoblanib, ular transport oqimini optimallashtirish va tirbandlikni kamaytirishga qaratilgan [2].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Intellectual transport tizimlari urbanizatsiya jarayoni jadal sur'atlarda kechayotgan yirik shaharlarda aqlli shahar infratuzilmasini yaratishning asosiy bo'g'ini hisoblanadi. Chunki u transport vositalarining bekor turish vaqtini minimallashtirishga yordam beradi, favqulodda maxsus transport vositalariga ustuvorlik beradi, favqulodda vaziyatlarda harakatlanish vaqtini qisqartiradi, harakat samaradorligini oshiradi, kutilmagan to'qnashuvlarning oldini oladi va uglerod chiqindilarini kamaytiradi. Ushbu texnologiyalarga 5 G real vaqt rejimidagi aloqalarni integratsiya qilish ularning samaradorligini yanada oshirishga yordam beradi.

Intellectual transport tizimlariga asoslangan samarali harakatni boshqarish tizimlari transport harakati davomiyligini 25% gacha keskin qisqartirish imkoniyatiga ega ekanligi, bu esa yo'lovchilarning vaqtini sezilarli darajada tejash imkonini berishi tadqiqotlar orqali isbotlangan. Svetoforlar vaqtini optimallashtirish orqali yo'l harakatini boshqarishning intellectual tizimlari energiya sarfini va issiqxona gazlari chiqindilarini taxminan 15-20 foizga kamaytirish imkoniyatiga ega. Shaharlarda o'tkazilgan so'rov natijalariga ko'ra [5], yo'l harakatini boshqarishning intellectual tizimlari poytaxt hududlarida sodir bo'ladigan baxtsiz hodisalar sonini 20% gacha kamaytirishi mumkin. Bu transport oqimini muvofiqlashtirish va real vaqt rejimida hodisalarni boshqarishni takomillashtirish orqali amalga oshiriladi [5].

Avtomobil ad-hoc tarmoqlari (VANETlar)

Aqlli shaharlar uchun Internet of Vehicle (IoV) ekotizimini qabul qilish avtomobillar, yo'llar, infratuzilma,

binolar va boshqalar haqidagi ma'lumotlarni to'plash va almashish imkonini yaratib beradi. VANETSning imkoniyatlar maydoni juda keng, chunki u aqlli shaharlarda VANET jarayoni qanday ishlashini tavsiflovchi turli kichik toifalarga bo'lingan. Transport vositasidan transport vositasiga (V2V) va transport vositasidan infratuzilmaga (V2I) kommunikatsiyalari VANETlarning asosiy funksionali hisoblanadi. V2V aloqada transport vositalarining joylashuv, tezligi va yo'nalishi kabi ma'lumotlarni almashish uchun bir-biri bilan to'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlar almashinuvini amalga oshiradi. Ushbu ma'lumotlar yo'l transport hodisalarining oldini olish va tirbandlikni minimallashtirish, maxsus transport vositalarining harakatlanish vaqtining qisqarishiga yordam beradigan hamkorlikdagi ilg'or texnologik ilovalarini ishlab chiqish uchun juda ahamiyatlidir [6]. Ikkinchi asosiy turi (V2I) bo'lib, u xavfsizlik va transport oqimini yaxshilash uchun transport vositalariga svetoforlar, sensorlar va kameralar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini amalga oshirish imkonini beradi. Ushbu aloqa turlari haydovchilarga yo'l holati, tirbandlik va yo'l transport hodisalar haqida real vaqt rejimida ma'lumot berish imkoniyatlariga ega [6-8].

Avtomobildan servergacha (V2S) - bu (V2I) ning kichik to'plami bo'lib, u transport vositasi va masofaviy server o'rtasidagi ma'lumotlar almashinuvini o'z ichiga oladi va odatda real vaqt rejimida harakatni kuzatish va yo'nalishni optimallashtirish uchun foydalaniladi.

Avtomobil-bulutli texnologiya (V2C) aloqasi transport vositasi va bulutli texnologiyaga asoslangan xizmatlar o'rtasida transport vositasining sensorlari, navigatsiya tizimi va boshqa zamonaviy uskunalardan yig'ilgan avtomobillar holati, yo'l holati haqidagi ma'lumotlarni almashish orqali aloqa o'rnatadi. Bu ma'lumotlar tahlil qilish uchun bulutli texnologiyalarga yuboriladi va keyinchalik harakat holati va maqbul yo'nalishni rejalashtirib, qimmatli aniq vaqt ma'lumotlari ko'rinishida transport vositasiga qayta jo'natadi [8].

V2N (Vehicle-to-Network) texnologiyasi transport vositasining uyali tarmoq orqali tashqi tizimlar bilan bog'lanishini ta'minlaydi, bu esa transport vositalarini intellectual svetoforlar va yo'l harakatini boshqarish tizimlari bilan integratsiya qilish imkonini beradi. Bu aloqalar transport tarmog'ining samaradorligini oshirish uchun juda muhimdir, chunki tizim tirbandlik, navigatsiya, ob-havo sharoitlari va boshqa real vaqt axborotlarini tezda yangilash va tarqatish imkonini beradi.



1-rasm. Aqlli shaharlarda transport vositalari aloqasi

Avtomobil-piyoda (V2P) aloqasi chorrahalarda foydalanish samarali natijaga erishishimizga yordam beradi, bu 2-rasmda tasvirlangan. 3. Ushbu rasmlar uyali aloqa



tarmog'i orqali piyodalarning smartfonlariga ham, transport vositalari ekranlariga ham real vaqt rejimida uzatiladigan ogohlantirish xabarlarini aks ettiradi. Ushbu aloqa tizimi transport vositasi chorraha yoki chorrahaga yaqinlashganda va kutilmaganda piyoda yo'lda paydo bo'lib, katta tezlikda harakatlanayotgan yaqinlashib kelayotgan transport vositasini sezmaganda samarali ishlaydi. Bunday o'z vaqtida ogohlantirishni ta'minlash orqali V2P aloqasi avtohalokatlar xavfini sezilarli darajada kamaytiradi [6-10].

Intellektual svetofoqlar. Intellektual svetofoqlar Intellektual transport tizimlari uchun juda muhim, chunki ular transport oqimi harakatini boshqarish asosida yo'l harakati xavfsizligini oshiradi[11]. Intellektual svetofoqlar real vaqt rejimidagi trafik ma'lumotlari va murakkab algoritmlardan foydalangan holda transport oqimi harakatini samaradorligini va tirbandlikni kamaytirishga imkon yaratuvchi texnologik qurilma hisoblanadi. "Intellektual transport tizimlari tarkibida faoliyat yurituvchi intellektual svetofoqlar (ITL) kameralar, radarlar va turli sensorlar kabi uskunalar yordamida real vaqt rejimida transport harakati haqidagi ma'lumotlarni yig'adi[12]. Ushbu ma'lumotlar ilg'or algoritmlar yordamida tahlil qilinib, transport vositalari oqimi, tirbandlik darajasi hamda piyodalar harakati kabi omillar asosida svetofoqlar chiroqlarining optimal ishlash jadvali shakllantiriladi[13]. Bu yondashuv, faqat belgilangan vaqt oralig'ida rang fazalarini avtomatik o'zgartiradigan an'anaviy svetofoqlar tizimlaridan farq qiladi[14].



2-rasm. Intellektual svetofoqlar

Masalan, ITLlar tirbandlikni kamaytirish maqsadida svetofoqlarning ishlash vaqtini real sharoitga mos holda o'zgartira oladi. Bu esa transport vositalarining bekor turish vaqtini sezilarli darajada qisqartirishga, shuningdek, zararli gazlar, ayniqsa CO₂ chiqindilarining kamayishiga olib keladi. Bundan tashqari, intellektual svetofoqlar velosipedchilar va piyodalarni aniqlash imkoniyatiga ega bo'lib, ularning xavfsiz o'tishi uchun zarur vaqtni ta'minlaydi. Bu esa yo'l-transport hodisalari xavfini kamaytirishda muhim omil hisoblanadi [10]."

Bundan tashqari, Intellektual svetofoqlar yo'l harakatini shunday boshqarishi mumkin, favqulodda maxsus transport vositalari to'xtamasdan o'tib ketishi imkonini yaratib beradi. U favqulodda maxsus transport vositalarini aniqlaydi va ularning holatini yashil rangga o'zgartiradi, shu tariqa ularning tez o'tishiga imkon beradi. Intellektual svetofoqlar qizil chiroqlardan qochish orqali yuzaga keladigan to'qnashuvlarni ham kamaytirishi mumkin. Intellektual svetofoqlar ilg'or algoritmlardan foydalangan holda yo'l belgilarining vaqtini optimallashtirish orqali

transport vositalarining qizil chiroqda kutish vaqtini qisqartirishi mumkin[15].

5G va IoT qo'llanilishi bilan tartib sezilarli darajada yaxshilanadi. 5G tarmoqlari minimal kechikishga ega bo'lgani sababli, trafik signallari bir-biri bilan va boshqa ulangan qurilmalar bilan real vaqt rejimida muloqot qila oladi. Bu svetofoqlarga harakat tartibining o'zgarishiga tezroq javob berish va signallarni mos ravishda o'zgartirish imkonini beradi. Masalan, svetofoqlar ma'lum bir yo'nalishda tirbandlik paydo bo'lganini payqadi. Bunday holda, u ko'proq avtomobillar o'tishi uchun signal vaqtini o'zgartirishi mumkin. 5G dan foydalanish yo'llarning holati to'g'risidagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayd etish uchun yanada murakkab sensorlar va kameralardan foydalanishni kuchaytiradi[11-15].

Yo'l qoplamasiga o'rnatilgan sensorlar avtomobillarning mavjudligini aniqlay oladi. Transport vositalarining mavjudligi va harakatlanishini aniqlash uchun ushbu qurilmalar induktiv halqalar, radar yoki infraqizil kabi turli texnologiyalardan foydalaniladi. Kameralar, shuningdek, kompyuter ko'rish algoritmlari yordamida o'tish joyining tasvirlarini qayd etish va ularni devalvatsiya qilish uchun ham joylashtirilishi mumkin.

Ushbu algoritmlar transport vositalarining mavjudligini aniqlashi, ularning sinfini ajratishi (masalan, avtomobil, yuk mashinasi, velosiped, avariya avtomobili) va ularning harakatini kuzatishi mumkin. IoT qurilmalari, masalan, GPS bilan ishlaydigan avtomobillar yoki uyali telefonlar, shuningdek, transport vositalarining tutashuv yaqinidagi joylashuvi va harakati haqida ma'lumot berishi mumkin. Ushbu ma'lumotlarning barchasi joriy yo'l harakati sharoitlaridan kelib chiqqan holda mavjud mulohazalar yordamida real vaqt rejimida to'planadi va tahlil qilinadi.

Virtual svetofoqlar (VTL) transport vositalarini aniqlash va yo'lga virtual signal yuborish uchun 5G tarmog'i hamda yo'l infratuzilmasi (kameralar, sensorlar va boshqa qurilmalar) yordamida intellektual transport tizimlarini sezilarli darajada takomillashtiradi. Bu tizim haydovchilarga yo'l sharoitlari haqida ma'lumot yetkazish uchun maxsus jihozlangan transport vositalarida o'rnatilgan qurilmalar yordamida real vaqt rejimida faoliyat yuritadi.

Misol uchun, chorrahada to'g'ri harakatlanayotgan transport vositasi borligi va chap yoki o'ng tomondan yuqori tezlikda kelayotgan boshqa avtomobil mavjudligi holatida, virtual svetofoqlar ushbu vaziyatni aniqlaydi va avtomobil ichidagi maxsus qurilmaga to'xtash zarurligi haqida ogohlantirish xabarini yuboradi. Agar sekin harakatlanayotgan transport vositasi to'xtashga majbur bo'lsa, virtual svetofoqlar tizimi haydovchini maxsus qurilma orqali yoki avtomobilning avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga signal yuboradi. Shu tariqa, to'qnashuvlarning oldini olish maqsadida avtomatik tormozlash tizimi ishga tushiriladi. Xuddi shunday, piyodalar chorrahani kesib o'tish vaqtida ham tizim xavfsizlikni ta'minlaydi.

Shuningdek, virtual svetofoqlar favqulodda vaziyatlarda harakatlanish vaqtini qisqartiradi va favqulodda xizmat transportiga ustuvorlik beradi. Chorrahada virtual svetofoqlarni qo'llash tirbandlik darajasini pasaytiradi, transport oqimini yaxshilaydi, xavfsizlikni oshiradi hamda bekor turish vaqtini kamaytiradi. Ayniqsa, ko'cha kengligi cheklangan hududlarda, haqiqiy svetofoqlar o'rnatilmagan joylarda virtual svetofoqlar haydash xavfsizligini sezilarli darajada oshiradi.

Virtual svetofoqlarning samarali ishlashi uchun OBU (avtomobilga o'rnatilgan qurilma)larning roli muhimdir.



Proceedings of the 39th Annual IEEE Conference on Local
Computer Networks Workshops, 2014.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Mirzabekov Jizzax politexnika instituti "Transport
Mirkomil / vositalari muhandisligi" kafedrası
Mirkomil dotsenti, t.f.f.d., (PhD), dotsent
Mirzabekov E-mail:
ikromovakmal2277@gmail.com

Tel.: +998959904888
<https://orcid.org/0000-0002-1617-3163>
Kurbanova Jizzax politexnika instituti tayanch
Buvrajab / doktoranti
Buvrajab E-mail:
Kurbanova buvrajabkurbanova@gmail.com
Tel: +998990427020
<https://orcid.org/0000-0003-0809-4788>



Importance of mineral powders in the development of transport and operational indicators of highways

G.K. Isakova¹^a, I.S. Sadikov¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes mineral powders that affect the exploitation period of highways by asphalt pavement. Recently, there has been a lot of focus on the difficulties in improving asphalt pavement. This is necessitated by the need to extend the exploitation life of pavements due to constantly increasing traffic loads, traffic intensity and climatic conditions. Additionally, the pavement's functional qualities must be extended. The study attempts to determine the directions of asphalt concrete development by analyzing the publications of both local and international scientists who have examined the properties of asphalt pavement by adding new components and additions to the mixture.

Keywords: asphalt-concrete, mineral powders, service life, operational indicators, asphalt-concrete mixture, pavement performance, maintenance pavement construction

Значение минеральных порошков в развитии транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог

Исакова Г.К.¹^a, Садиков И.С.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной статье анализируются минеральные порошки, влияющие на срок эксплуатации автомобильных дорог асфальтовым покрытием. В последнее время большое внимание уделяется трудностям в улучшении асфальтового покрытия. Это обусловлено необходимостью продления срока службы дорожных покрытий из-за постоянно увеличивающейся транспортной нагрузки, интенсивности движения и климатических условий. Кроме того, необходимо удлинить функциональные качества покрытия. В исследовании предпринята попытка определить направления развития асфальтобетона путем анализа публикаций как зарубежных ученых, изучавших свойства асфальтового покрытия путем добавления новых компонентов и добавок в смесь.

Ключевые слова: асфальтобетон; минеральные порошки; срок службы; эксплуатационные показатели; асфальтобетонная смесь; производительность покрытия; строительство дорожного покрытия

1. Введение

Сегодня в нашей Республике проводится ряд реформ по строительству автомобильных дорог с высокой прочностью и эффективным использованием местного сырья для продления срока службы автомобильных дорог. В результате растет потребность в прочных и долговечных асфальтобетонных покрытиях. Совершенствование технологий содержания асфальтобетонных покрытий в природных климатических и эксплуатационных условиях нашей Республики необходимо для обеспечения их срока службы в установленные сроки как для дорог, находящихся в стадии строительства, так и для дорог, которые планируется построить в будущем. Поскольку уникальные характеристики этих материалов дают органоминеральной структуре новые качества, исследования новых форм вяжущих минеральных порошков, смешивающихся с битумом в составе

асфальтобетона, имеют как теоретическое, так и практическое значение.

Эта дорога имеет решающее значение для привлечения инвестиций и развития импорта и туризма. Чем безопаснее, ровнее, комфортнее и ровнее дорога, тем быстрее движение и ниже транспортные расходы. В результате стоимость продукта будет ниже; мы сможем быстро и удобно доставить пассажиров и грузы в пункт назначения [1].

Минеральный порошок является одним из основных ингредиентов асфальтобетонных смесей, на долю которого приходится более 90% общей площади поверхности минеральных гранул. Он служит связующим веществом между материалом и вяжущим веществом, которое в основном улучшает физико-механические свойства асфальтовой смеси [2].

Долговечность асфальтобетонного покрытия в эксплуатационных условиях напрямую зависит от материалов, используемых при производстве смеси, и свойств асфальтового вяжущего (минеральный порошок + битум).

^a <https://orcid.org/0009-0001-4990-8920>

^b <https://orcid.org/0000-0002-2595-288X>



ГОСТ 16557-2005 «Порошок минеральный для асфальтобетонных органоминеральных смесей» Техник условия. 2005 г. Эксплуатационный срок асфальтобетонной смеси, размещенной на дорожном покрытии, сокращается из-за низкого выхода минеральных порошков, отвечающих требованиям таблицы 1 нормативного документа, а в некоторых случаях они вообще не добавляются [3].

Низкое производство связующего вещества, используемого для изготовления мелкозернистого горячего асфальтового покрытия, которое используется на многих будущих дорогах страны, увеличивает стоимость производства, поскольку оно не производится в требуемых количествах. Кроме того, асфальтобетонные смеси изготавливаются с использованием минерального порошка, не соответствующего нормативным стандартам. Прочность на сжатие и плотность асфальтового покрытия ниже нормы из-за добавления минерального порошка, что не увеличивает активность связующего. Водопоглощение также выше нормы, что приводит к дефектам покрытия и значительно сокращает срок эксплуатации [4,5]. Возможность добавления различных техногенных отходов, побочных продуктов производства и вторичных ресурсов различных отраслей промышленности в асфальтобетонные смеси стала новым направлением в развитии асфальтобетонных смесей. Это особенно верно в последние годы, когда экологические проблемы получили международное внимание. Кроме того, на каждый компонент асфальтобетонной смеси влияет использование вторичных ресурсов [6].

2. Методика исследования

Для анализа исследований зарубежных авторов были выбраны работы, изучающие свойства асфальтобетона, полученного по традиционной технологии приготовления асфальтобетонных смесей.

В статье представлены работы, посвященные исследованию свойств асфальтобетонных смесей. Методы испытаний асфальтобетонных смесей различаются в разных странах и имеют свои особенности и свойства, так как климатические условия при эксплуатации дорожных покрытий также существенно различаются. В обзоре исследований в области повышения качества асфальтобетонных смесей в основном рассматриваются работы авторов, использовавших методологию объемного проектирования асфальтобетонных смесей. По результатам испытаний исследователями был определен оптимальный состав асфальтобетонной смеси с ожидаемыми свойствами. Практически все работы включали испытания минеральных порошков, полученных путем измельчения в порошок, оценку объемной плотности образцов, проведение исследований по устойчивости образцов к пластическому потоку, оценку водостойкости, разработку технологии получения активного минерального порошка из горных пород с учетом длительной эксплуатации асфальтобетонных смесей путем замены минерального порошка минеральным порошком, полученным из местного сырья, изучение химического состава и гранулометрического состава

полученных активированных покрытий, изучение химического состава и гранулометрического состава активированных порошков. В ряде исследований использовались специфические методы тестирования, характерные для тех стран, где они закреплены в нормативных документах.

3. Результаты исследования

Функционально асфальтобетонное покрытие предназначено для удовлетворения потребности в круглогодичной непрерывности автодорог и регулировании транспортной нагрузки в периоды воздействия замораживания и оттаивания, осадков, солнечного света и других климатических факторов. Устойчивые каменные заполнители с требуемыми механическими и физическими свойствами, а также значительным весом и прочностью составляют большую часть большого заполнителя в асфальтобетонной смеси.

В публикации [7], авторы затрагивают вопрос утилизации строительных отходов, в частности, используемых бетонных материалов. Следовательно, в качестве ингредиента для приготовления асфальтобетона были использованы щебеночные отходы, составляющие 40% от массы крупного заполнителя, включая известняк и доломит. Результаты испытаний показали возможность использования вторичного щебня из бетонного лома при частичной замене природного щебня в структуре асфальтобетона.

Так, в работе [8] были проведены исследования по введению сталеплавильного шлака в качестве крупного наполнителя вместо традиционного щебня с целью повышения огнезащитных свойств смеси. Дополнительно в смесь вводились антипирены в количестве 8% от массы всей смеси. Авторы [9,10] интегрировали отходы сталеплавильного шлака в состав асфальтобетонной смеси. Результаты испытаний показали, что включение этих компонентов повышает сопротивление усталостному разрушению по сравнению с контрольными смесями. В работе [11] авторы заменили часть крупного заполнителя алюминиевыми шлаками, а вместо минерального порошка использовали дробленую керамическую плитку. Здесь важно отметить, что шлаки от производства стали, олова, алюминия, меди и других металлов активно использовались с середины XX века как альтернатива крупному каменному материалу, а опыт использования подтвержден успешно эксплуатацией дорожного покрытия, поэтому поиск новых компонентов для замены традиционных является оправданным [11].

Проведено множество исследований долгосрочных эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий путем замены минерального порошка минеральным порошком, полученным из местного сырья. Они занимают ведущие позиции в исследованиях в области асфальтобетона. Это, очевидно, связано с разнообразием материалов, отходов, ресурсов, схожих по дисперсии, характеристикам и свойствам, а также небольшой долей этого компонента (до 15%) в структуре асфальтобетонного покрытия [10].

Автор [12] рекомендует заменить сжиженные известковые порошки (0,975 мм) более прочными и



чистыми, что улучшит свойства асфальтобетонных смесей и уменьшит трещиноватость на дорожной поверхности. Измельченный гранулированный доменный шлак был исследован авторами в [13,14] в качестве заменителя минерального порошка в асфальтобетонных смесях. 5,5% было идеальным количеством вяжущего (битума), а вместо обычного минерального порошка использовался полностью измельченный гранулированный доменный шлак. Утилизация шлака не только решает проблемы утилизации отходов, но и обеспечивает экономический эффект от их использования в строительных материалах. Автор определяет минеральный агрегат как специфическую минеральную частицу [15]. Минеральные частицы изменяют прочность асфальтовой смеси и, в конечном итоге, характеристики покрытия. По его словам, с увеличением марки заполнителя прочность покрытия на сжатие и сдвиг увеличивается.

В последние годы в жарких и влажных местах в качестве заполнителя в асфальтобетонных покрытиях стали использовать цемент вместо руды. Смешивание различных порошкообразных материалов для замены минерального порошка для улучшения работы асфальтобетона широко используется во всем мире. [8,10]. Исследование показало, что при сравнении цементно-минеральных композиционных порошковых материалов с одинарными известковыми порошками улучшились противоскользкие свойства и водостойкость асфальтовой смеси. Поэтому, вместо того, чтобы использовать часть минерального порошка, исследования [16-19] предложили использовать 2,5% от веса полного минерального компонента гидратированной извести. Согласно экспериментальным исследованиям, асфальтобетон обладает лучшей трещиноватостью, меньшей прочностью внутреннего покрытия зимой и повышенной теплопроводностью. Учитывая интенсивные физико-химические процессы адсорбции на границе раздела фаз, вызванные активными центрами адсорбции и структурой поверхности частиц, был установлен характер зависимости адсорбционной и структурной активности наполнителей, а также термостойкости системы. По мере увеличения пористости минерального сырья эти показатели возрастают.

В данной работе [20] дисперс смог улучшить качество асфальтобетона путем нанесения порошкообразного минерального порошка (3%) на основе порошкообразного сырья перлита. В результате плотность была в 2 раза ниже, чем у известняка, прочность в 2,3 раза выше по характеру, но в данном исследовании асфальтобетонная смесь не была оценена на морозостойкость и устойчивость к низкотемпературной погоде.

[21] основной целью исследования являлась оценка потенциального использования переработанного асфальтобетонного заполнителя (RAPA) и отработанных пластиковых бутылок для производства устойчивых погодных асфальтовых покрытий путем приготовления минерального порошка. Определены особенности формирования структуры органа-минерала с использованием порошка минерала перлита, что обусловлено его высокой адсорбционной активностью и структурной природой по отношению к органическому

связующему, что связано с высоким уровнем пористой системы и состоянием поверхности. В качестве наполнителя для смеси использовали графит, который частично заменяли минеральным порошком от 0 до 40%. Исследование показало, что чем больше количество графита, тем выше теплопроводность смеси [22].

4. Заключение

Тенденции развития асфальтобетонных покрытий направлены на поиск компонентов, которые могут частично или полностью заменить местные материалы, а именно минеральные порошки. Большинство исследований направлены на поиск вариантов утилизации отходов и использования их в качестве вторичных заполнителей для полной или частичной замены асфальтобетонных компонентов. Производство минеральных порошков для асфальтобетона из промышленных отходов, в частности шлака, является не только экономически эффективным, но и экологически выгодным. Перерабатывая отходы, эта техника повышает качество асфальтобетона, уменьшает его негативное воздействие на окружающую среду и открывает новые перспективы для создания строительных материалов.

Большинство исследователей используют этот метод в зависимости только от того, удовлетворяет ли конечный продукт текущим критериям или улучшаются ли механические и физические качества асфальтобетона в некоторой степени, что находится в диапазоне ошибок в нескольких экспериментах. Нахождение минеральных порошков и других ингредиентов, улучшающих функцию покрытия, по сути, является задачей. Важно отметить, что в конечном покрытии связующее сохраняет присущие ему фундаментальные характеристики, в то время как процедура модификации позволяет повысить фактические показатели и внедрить новые качества. В ходе исследования не было выявлено решений, которые могли бы существенно изменить механизм работы завершеного покрытия или увеличить рабочий диапазон вяжущего от плюс 70°C до минус 50°C, поскольку достижение таких результатов с использованием традиционной технологии подготовки асфальта чрезвычайно сложно.

Использованная литература / References

- [1] Ширяев А.О., Высоцкая М.А, Минеральный порошок в современной системе проектирования асфальтобетонных смесей, Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2022, No.5.
- [2] Худжаев В., Максудов Ж.М., Файзиев В.М., Бегматов Т.И, Journal of Applied and Industrial Mathematics, Vol. 14, No.3, 2020, ст .513–523. doi:10.33048/SIBJIM.2020.23.31
- [3] ГОСТ 16557-2005 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» Техник условия. 2005 г
- [4] ГОСТ 9128-2013 —Смеси асфальтобетонные, полимер-асфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтбетон для автомобильных дороги аэродромов



- [5] Морев А.А., Илясов В.Н., Илясов С.В., Илясов В.С., Мракин А.Н., Селиванов А.А. Перспективы использования горючих сланетсев и продуктов их термопереработки в дорожном строительстве. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-4. – С. 529-532
- [6] Ren, Yanfei; Chen, Meizhu; Yang, Tianyuan; Wu, Shaopeng; Wang, Kaifeng. (2021). Effect of Steel Slag Aggregate on Pavement and Flame-Retardant Performance of Warm-Mixed Flame-Retardant Asphalt Concrete. *Materials*. 14. 635. 10.3390/ma14030635. <http://dx.doi.org/10.3390/ma14030635>
- [7] Acosta Alvarez, Debora; Alonso Aenlle, Anadelys; Tenza-Abril, Antonio. (2018). Laboratory Evaluation of Hot Asphalt Concrete Properties with Cuban Recycled Concrete Aggregates. *Sustainability*. 10. 10.3390/su10082590.
- [8] Olugbenga, Oyedepo. (2019). Utilization of Industrial Waste Products in the Production of Asphalt Concrete for Road Construction. *Slovak Journal of Civil Engineering*. 27. 11-17. 10.2478/sjce-2019-0026. <http://dx.doi.org/10.2478/sjce-2019-0026>
- [9] Bayraktar, Oguzhan; Altera, Abdelwahab; Soylemez, Hasan. (2019). Investigation of the Effects of Modified Bitumen on Asphalt Concrete Performance by Industrial Waste. 93-100.
- [10] Haritonovs, Viktors; Zaumanis, Martins; Brensis, G.; Smirnovs, Juris. (2013). Asphalt concrete performance with conventional and waste aggregates. *International Journal of Pavement Research and Technology*. 6. 505-510. 10.6135/ijprt.org.tw/2013.6(5).505.
- [11] K.C., Bishow; Bir, Gautam; Tamrakar, Singh. (2020). Utilization of Steel Slag as a Replacement for Filler Material in the Asphalt Concrete.
- [12] Al-Saed, M.H., "The Effect funeral filler performance of tolled Asphaltic Mixes", Ph.D. Thesis, University of Leeds, 1988.
- [13] Kuznetsov, Dmitry; Vysotskaya, Marina; Burgonutdinov, Albert. (2020). Using Steel-Smelting Slag as a Raw Material Component in the Production of Asphalt Concrete. *E3S Web of Conferences*. 157. 06010. 10.1051/e3sconf/202015706010.
- [14] Al-Hdabi, Abbas; Al-Sahaf, Nibras; Alasadi, Layth; Yesar, Zahraa; Moeid, Haneen; Hassan, Mortada. (2019). Laboratory investigation on the properties of asphalt concrete mixture with GGBFS as filler. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 557. 012063. 10.1088/1757-899X/557/1/012063.
- [15] Harrigan E.T., "Research Results DiGEST", N.C.H.R.P., 2011.
- [16] A.Al Ashaibi, Azedin; Wang, Yu; Albayati, Amjad; Byzyka, Juliana; Scholz, Miklas; Weekes, Laurence. (2022). Thermal Properties of Hydrated Lime-Modified Asphalt Concrete and Modelling Evaluation for Their Effect on the Constructed Pavements in Service. *Sustainability*. 14. 10.3390/su14137827. <https://doi.org/10.3390/su14137827>
- [17] Al-Tameemi, Ahmed; Wang, Yu; Albayati, Amjad. (2015). Influence of Hydrated Lime on the Properties and Permanent Deformation of the Asphalt Concrete Layers in Pavement. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*. 4. 1-19. 10.1515/rjti-2015-0027.
- [18] Albayati, Amjad; Wang, Yu; Haynes, Jonathan. (2022). Size Effect of Hydrated Lime on the Mechanical Performance of Asphalt Concrete. *Materials*. 15. 3715. 10.3390/ma15103715.
- [19] Wang, Yu; Alashaibi, Azedin; Albayati, Amjad; Haynes, Jonathan. (2022). Thermal fatigue analysis of pavement design using hydrated lime modified asphalt concrete. 23. 72. 10.1515/ijpeat-2016-0050.
- [20] Wang, Yu; Alashaibi, Azedin; Albayati, Amjad; Haynes, Jonathan. (2022). Thermal fatigue analysis of pavement design using hydrated lime modified asphalt concrete. 23. 72. 10.1515/ijpeat-2016-0050.
- [21] I. Ladygina "Strength and durability of asphalt concrete" Ed. B. Minsk: Science and Technology.
- [22] Pan P, Wu S, Hu X, Liu G, Li B. Effect of Material Composition and Environmental Condition on Thermal Characteristics of Conductive Asphalt Concrete. *Materials (Basel)*. 2017 Feb 23;10(3):218. doi: 10.3390/ma10030218. PMID: 28772580; PMCID: PMC5503353.

Информация об авторах/ Information about the authors

Садиков Ибрагим / Sadikov Ibragim

Ташкентский государственный транспортный университет, д.т.н., профессор кафедры «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог»
e-mail: jaamm.ru@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2595-288X>

Исакова Гулхан / Isakova Gulkhan

Ташкентский государственный транспортный университет, докторант кафедры «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог»
e-mail: gulxanisakova22@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-4990-8920>



Study of the magnetocaloric effect of metals

F.F. Hasanov¹, O.M. Kutbiddinov¹^a, U.N. Berdiyev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In the context of increasing requirements for environmental friendliness and energy efficiency of modern technologies, the creation of compact, safe, and reliable refrigeration systems operating at room temperature is becoming an extremely urgent task. Traditional cooling methods are accompanied by the leakage of refrigerants, contributing to the destruction of the ozone layer and global warming. One of the most promising alternatives is the magnetic cooling technology based on the magnetocaloric effect (MCE). Perovskite manganites, which have the ability to vary the temperature of phase transitions and are highly economically accessible, are of particular interest. However, existing studies are primarily based on indirect methods of MEI measurement, which reduces the reliability of the obtained data. This work emphasizes the need for direct adiabatic temperature measurements when the magnetic field changes in manganites of various compositions. Approaches to increasing Curie temperature through ion substitution are also considered, heat transfer and relaxation processes are analyzed, and models of magnetic refrigeration machines using solid and liquid working bodies are discussed. The presented theoretical analysis and generalization of experimental data are aimed at developing effective magnetic coolers suitable for use at room temperature.

Keywords: magnetic cooling; magnetocaloric effect (MCE); manganites; Curie temperature; phase transitions; heat transfer; magnetic entropy; magnetic refrigeration machines; perovskite materials; direct measurements of MCE

Исследование магнетокалорического эффекта металлов

Хасанов Ф.Ф.¹, Кутбидинов О.М.¹^a, Бердиёров У.Н.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В условиях роста требований к экологичности и энергоэффективности современных технологий создание компактных, безопасных и надёжных холодильных систем, работающих при комнатной температуре, становится чрезвычайно актуальной задачей. Традиционные методы охлаждения сопровождаются утечками хладагентов, способствующих разрушению озонового слоя и глобальному потеплению. Одной из наиболее перспективных альтернатив выступает технология магнитного охлаждения, основанная на магнетокалорическом эффекте (МКЭ). Особый интерес представляют перовскитные манганиты, обладающие возможностью варьирования температуры фазовых переходов и высокой экономической доступностью. Однако существующие исследования преимущественно основываются на косвенных методах измерения МКЭ, что снижает достоверность получаемых данных. Настоящая работа подчёркивает необходимость прямых адиабатических измерений температуры при изменении магнитного поля в манганитах различного состава. Также рассмотрены подходы к повышению температуры Кюри путём ионного замещения, анализируются процессы теплопереноса и релаксации, а также обсуждаются модели магнитных холодильных машин с использованием твёрдых и жидких рабочих тел. Представленный теоретический анализ и обобщение экспериментальных данных направлены на разработку эффективных магнитных охладителей, пригодных для применения при комнатных температурах.

Ключевые слова: магнитное охлаждение; магнетокалорический эффект (МКЭ); манганиты; температура Кюри; фазовые переходы; теплоперенос; магнитная энтропия; магнитные холодильные машины; перовскитные материалы; прямые измерения МКЭ

1. Введение

Создания компактного, экологически безопасного, энергетически эффективного и высоконадежного холодильника, работающего в диапазоне комнатных температур, чрезвычайно актуальна в настоящее время.

Это обусловлено целым рядом серьезных претензий к ныне действующим охлаждающим системам. Известно, в частности, что при эксплуатации используемых в настоящее время охлаждающих систем возможны утечки рабочих газов (хладагентов), вызывающих такие серьезные экологические проблемы как разрушение озонового слоя и глобальное потепление [1, 3]. Среди разнообразных альтернативных технологий, которые

^a <https://orcid.org/0000-0001-9290-5322>

^b <https://orcid.org/0009-0000-8998-2642>



могли бы использоваться в холодильных устройствах, все большее внимание исследователей во всем мире привлекает технология магнитного охлаждения, основанная на магнетокалорическом эффекте (МКЭ) [1, 2].

2. Методика исследования

В последнее время интенсивно исследуются перовскиты манганиты, которые, во-первых, позволяют варьировать температуру фазовых переходов в широкой области температур и, таким образом, реализовать более широкий температурный рабочий интервал МКЭ, а во-вторых, являются экономически выгодными [2, 3]. Работ, посвященных исследованию манганитов различного состава и МКЭ в них достаточно много, однако в них практически отсутствует информация об адиабатическом измерении прямым методом температуры при изменении магнитного поля [2, 4]. В [3, 5] отмечено, что в манганитах Ва-Са-МпО₃ наблюдается значительный МКЭ, однако их температура Кюри значительно ниже комнатной, что ограничивает возможность их применения в охлаждающих устройствах, работающих при комнатных температурах. Поликристаллических порошки твердых растворов системы MnAs_{1-y}Pu синтезированы методом сплавления твердофазных реакций исходных компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах в однозонной печи сопротивления [5, 7].

3. Результаты исследования

Однако частичная замена Са другими элементами с большим ионным радиусом, такими как Ва, Вг, РЬ и т.д. ляжет увеличить температуру Кюри и сохранить высокие значения МКЭ. В работе [4, 7, 12], посвященной исследованию магнитных и магнетокалорических свойств магнитных материалов, было показано, что в указанных манганитах наблюдается значительный МКЭ и их температуры

Кюри находятся вблизи комнатных температур. Однако, изотермическое изменение энтропии было получено не прямым методом, а из данных зависимости намагниченности от температуры и магнитного поля с помощью термодинамического соотношения Максвелла. Анализ многочисленных экспериментальных данных показал, что получаемые косвенным методом сведения о величинах адиабатического изменения температуры и изотермическом изменении энтропии далеко не всегда достаточно достоверны. Часто эти данные отягощены значительной погрешностью [10, 11]. Таким образом, по-прежнему актуальным является вопрос об измерении магнетокалорического эффекта прямым методом при изменении магнитного поля в манганитах различного состава. Наличие большого количества экспериментальных работ по исследованию фазовых переходов и МКЭ в манганитах лантана, приводит к необходимости анализа экспериментальных результатов с помощью различных теоретических моделей [11, 12]. На сегодняшний день в научной печати имеется большое число работ, в которых обсуждаются теоретические модели, позволяющие описать фазовые переходы и МКЭ в различных магнитных материалах, однако теоретические работы, позволяющие описывать МКЭ в манганитах лантана, парагогический отсутствуют. Рассчитанные на основе теоретических моделей магнетокалорические свойства исследуемых систем позволят предсказать новые перспективные композиционные составы манганитов, которые могут иметь в будущем большое практическое значение при создании рабочего тела в устройствах магнитного охлаждения. Ещё одной актуальной задачей в технологии магнитного охлаждения является анализ процессов теплопереноса в ячейках охлаждающих устройств, в которых в качестве рабочего тела используются материалы с МКЭ, в частности, манганиты. Для последних материалов до сих пор не проводился теоретический анализ времен температурной релаксации, а также не обсуждались способы увеличения эффективности магнитных материалов [7, 10, 12].

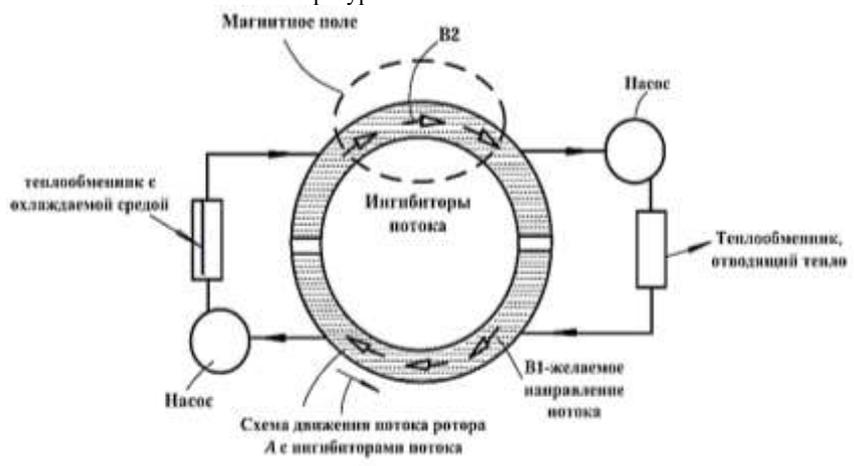


Рис. 1. Схема магнитной холодильной машины

Эффективность магнитного охлаждения зависит не только от величины МКЭ, но и от величины теплоемкости и величины изменения магнитной части энтропии при действии магнитного поля [8, 11]. Большую роль играет здесь также величина решеточной

части энтропии S_p , которая сильно возрастает при нагревании, вследствие чего магнитные охладители, использующие в качестве рабочих тел парамагнетики, являются неэффективными при $T > 20$ К. При повышенных температурах более эффективными в



качестве рабочих тел являются магнитоупорядоченные вещества, в которых возникают большие МКЭ в области магнитных фазовых переходов. В последние годы проявляется интерес к созданию новых типов магнитных холодильных машин (МХМ), основанных на использовании МКЭ. При этом в качестве рабочих тел предлагается использовать редкоземельные магнетики, сплавы Гейслера, арсенид марганца $MnAs$, соединения $Gd_5(Si_2Ge_2)$, RCo_2 , $La(Fe,Si)_{13}$ и др., обладающие большим МКЭ и изменением магнитной энтропии в удобных для работы таких машин интервалах температур [9, 11].

4. Заключение

В одной из конструкций МХМ твердое рабочее тело - магнетик циклически перемещается между приемником и источником теплоты (охлажденным телом) [10, 12]. В зоне сильного магнитного поля рабочее тело изотермически намагничивается, а теплота, которая выделяется в рабочем теле вследствие МКЭ, передается приемнику теплоты. В зоне, где магнитное поле отсутствует, рабочее тело размагничивается, вследствие чего температура рабочего тела снижается и ему передается теплота от источника теплоты - охлаждаемого тела. После установления равновесия цикл повторяется. Таким образом, МКЭ обеспечивает работу магнитотеплового насоса, который «откачивает» тепло от охлаждаемого тела [13, 17]. Другой перспективный моделью магнитной холодильной машиной является устройство, где через область, в которой создано сильное магнитное поле, производится прокачка жидкости с наполнителем в виде магнитных частиц с большим МКЭ.

Использованная литература / References

- [1] Gschneidner, K.A. Magnetocaloric Materials / K.A. Gschneidner Jr, and V.K. Pecharsky // Annu. Rev. Mater. Sci. 2000. V. 30. P. 387-429.
- [2] Phan, Manh-Huong. Review of the magnetocaloric effect in manganite materials/Manli-Huong 2.Phan, Seong-Cho Yu // J. Magn. Magn. Mater. 2007. V. 308, 325-340. 18
- [3] Phan, M.N. Magnetic and magnetocaloric properties of $La_0.7Ba_{0.3}Ca_{0.5-x}MnO_j$ compounds / M.H. Phan, S.B. Tian, S.C. Yu, A.N. Ulyanov // J. Magn. Magn. Mater. 2003. V. 256. P. 306-310.
- [4] Lia, Z. Competition between the double exchange and charge ordering interactions in the bandwidth controlled $(LaNd)_o.gNa_o.2MnO_3$ manganites / Z.Q. Lia, H. Liua, X.D. Liua, P. Wua, H.L. Baia, C.Q. Sunc, E.Y. Jiang // Physica B .2004. V.351.P. 114-120.
- [5] Berdiyev, U.T., Berdiyev, O.N., Toshpulatova, M., Problems and Tasks of Creating Energy-Saving Electric Machines. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 020002

[6] Berdiyev, U., Demedenko, O., Ashurov, M., Hasanov, F.F., Sulaymanov, U.B. Optimization of the method of oxide coating of metallic iron powder particles. E3S Web of Conferences, 2023, 383, 04039

[7] Магнитокалорический эффект в соединениях $GdMn_{1-x}T_xSi$ ($T = Ti, Fe, Co$) С.А. Никитин, Ю.А. Овченкова, М.Е. Блинова, И.С. Терёшина, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2022. №4. С. 47–53.

[8] U.T. Berdiyev, A.K. Vecher, F.F. Hasanov, Investigation of the frequency characteristics of composite iron powders with insulating oxide coatings. "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021), Tashkent, Uzbekistan, April 1-3.

[9] Магнитокалорический эффект в соединениях $GdMn_{1-x}T_xSi$ ($T = Ti, Fe, Co$) С.А. Никитин, Ю.А. Овченкова, М.Е. Блинова, И.С. Терёшина Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2022. №4. С. 47–53.

[10] Berdiyev, U.T. Energy efficiency of electric motors based on powder technology, International Conference on Thermal Engineering, 2024, 1(1).

[11] Amirov S., Boltayev O., Akhmedova F. New created mathematical models of movable screens and a scatter parameters converters // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2020. – T. 12. – №. S2. – С.122-126.

[12] Xu X. Y., Liuw. J., Zhong M.L., Sun H.Q., Chen G.N. Direct laser fabricated in Situ Materials Science 2004- No 39-P4289-4293.

Информация об авторах/ Information about the authors

Хасанов Фозил / Fozil Hasanov	Ташкентский государственный транспортный университет, и.о. доцента кафедры «Электротехника» (PhD), E-mail: hasanovff1808@gmail.com Tel.: +998932936446
Кутбидинов Одилжон / Odiljon Kutbiddinov	Ташкентский государственный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Электротехника» (PhD), E-mail: odiljon.kutbiddinov@bk.ru Tel.: +998974616003 https://orcid.org/0000-0001-9290-5322
Бердиёров Улмасбек / Ulmasbek Berdiyev	Ташкентский государственный транспортный университет, ассистент кафедры «Электротехника», E-mail: ulmasbekberdiyev@gmail.com Tel.: +998946035014 https://orcid.org/0009-0000-8998-2642



Magnetostructural phase transitions to manganese arsenide

U.T. Berdiev¹^a, F.F. Hasanov¹, B.K. Avazov¹^b, O.M. Kutbiddinov¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Magnetic and magnetocaloric characteristics of MnAs(P) pnictides have been investigated in this article. The presence of a sharp decrease in magnetization for the solid solution MnAs_{0.97}P_{0.03}, which, according to the carried out first-principles calculations, can be interpreted as ferromagnetism-paramagnetism transitions, is established. The presence of the magnetostructural phase transition leads to the appearance of the magnetocaloric effect. The local density approximation with gradient corrections was used to analyze the results of the study. The study has shown that increasing phosphorus addition leads to an increase in the magnetic anisotropy of individual blocks, resulting in the establishment of ferromagnetic ordering requires stronger magnetic fields compared to equiatomic manganese arsenide. This work was financially supported by BRFFI (project #T25UZB-053) and MIRRU (project FL-8824063324-R3).

Keywords: magnetocaloric effect, phase transition, paramagnetic phase, magnetizations, electronic structure, small substitutions, crystal cell, spin pairs

Магнитоструктурные фазовые переходы в арсениде марганца

Бердиев У.Т.¹^a, Хасанов Ф.Ф.¹, Авазов Б.К.¹^b, Кутбитдинов О.М.¹^c

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной статье были исследованы магнитные и магнитокалорийные характеристики MnAs (P) пниктидов. Установлено, что существует резкое снижение намагниченности для твердого раствора MnAs_{0.97}P_{0.03}, которое, согласно проведенным расчетам первого принципа, можно интерпретировать как ферромагнетизм-парамагнетизм. Наличие магнитоструктурного фазового перехода приводит к появлению магнитокалорического эффекта. Для анализа результатов исследования использовалась аппроксимация локальной плотности с градиентными поправками. Исследование показало, что увеличение добавления фосфора приводит к увеличению магнитной анизотропии отдельных блоков, в результате чего установление ферромагнитного упорядочения требует более сильных магнитных полей по сравнению с равноатомным арсенидом марганца. Эта работа была финансово поддержана БРФФИ (проект #T25UZB-053) и МИРРУ (проект FL-8824063324-R3).

Ключевые слова: магнитокалорийный эффект, фазовый переход, парамагнитная фаза, намагничивания, электронная структура, малые подстановки, кристаллическая ячейка, спиновые пары

1. Введение

Создания компактного, экологически безопасного, энергетически эффективного и высоконадежного холодильника, работающего в диапазоне комнатных температур, чрезвычайно актуальна в настоящее время. Это обусловлено целым рядом серьезных претензий к ныне действующим охлаждающим системам. Изучение магнитокалорического эффекта (МКЭ), появляющегося при действии магнитного поля, является актуальной задачей [1-2]. МКЭ достигает наибольшего значения в области магнитных фазовых переходов. Интерес к исследованиям магнитокалорического эффекта (МКЭ) обоснован потребностью промышленности в материалах для создания магнитных холодильных машин, в которых такие материалы могут выступать в роли рабочего тела. К их числу относятся материалы с магнитоструктурными фазовыми переходами первого

рода, в частности, некоторые сплавы переходных металлов с элементами 5-7 групп [3-6]. В связи с этим исследование структурных и магнитных характеристик, и их изменения с температурой, легированием являются важным. Одними из интересных, своего рода модельными объектами для исследования природы магнитоструктурного фазового перехода, являются пниктиды марганца, в которых реализуется целая гамма магнитных и структурных фазовых превращений, как первого, так и второго рода. Ранее, с целью установления механизмов возникновения магнитокалорического эффекта в переходах подобного рода, нами исследованы пниктиды с частичным замещением марганца на переходные металлы [7, 8, 11].

2. Методика исследования

В последнее время интенсивно исследуются перовскиты манганиты, которые, во-первых, позволяют

^a <https://orcid.org/0000-0003-3513-049X>

^b <https://orcid.org/0000-0003-3732-5186>

^c <https://orcid.org/0000-0001-9290-5322>



варьировать температуру фазовых переходов в широкой области температур и, таким образом, реализовать более широкий температурный рабочий интервал МКЭ, а вторых, являются экономически выгодными [1, 3]. Поликристаллических порошки твёрдых растворов системы $MnAs_{1-y}P_y$ синтезированы методом сплавления твердофазных реакций исходных компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах в однозонной печи сопротивления [4, 5, 9]. Были синтезированы образцы $MnAs_{0.97}P_{0.03}$, $MnAs_{0.95}P_{0.05}$. Для получения была использовалась технология получения пниктидов марганца [6, 7]. Образцы получали методом твердофазного синтеза. Мелкодисперсные порошков марганца, фосфора и мышьяка, взятые в соответствующих пропорциях помещали в откачанные кварцевые.

Для определения изотермического изменения энтропии в области фазового перехода были проведены измерения намагниченности в статических полях до 14 Тл. Использовался вибрационный магнитометр фирмы Cryogenic Limited. Магнитокалорические характеристики рассчитывались косвенным методом с помощью термодинамического соотношения Максвелла [7, 9].

3. Результаты исследования

На основании измерений структурных параметров, магнитной восприимчивости, упругих и других физических свойств для эквивалентного $MnAs$ было показано, что при нагревании выше 316 К имеет место магнитоструктурный фазовый переход первого рода. Арсенид марганца при повышении температуры свыше

316 К переходит из ферромагнитной фазы с гексагональной кристаллической решеткой типа $B8_1$ в парамагнитную фазу с ромбической кристаллической решеткой типа $B31$.

Рентгенофазовый анализ показал, что образцы $MnAs_{1-y}P_y$ при $y < 0.05$ являются однофазными с орторомбической структурой $B31$.

Численные значения параметров a , b , c , осевого соотношения c/a и объема элементарной ячейки V твердых растворов $MnAs_{1-y}P_y$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры a , b , и c , объем элементарных ячеек V твердых растворов $MnAs_{1-y}P_y$

x	a , нм	b , нм	c , нм	V , 10^{-2} нм ³
0,03	0,567 ₈	0,362 ₇	0,631 ₆	7,79 ₁
0,05	0,564 ₉	0,360 ₃	0,628 ₅	7,74 ₉

Межатомные обменные интегралы и электронная структура были рассчитаны полностью релятивистским методом Корринги-Кона-Ростокера (пакет SPRKKR v8.6 [11, 12, 13]) в приближении когерентного потенциала (ККР-ПКП) для неупорядоченного сплава. Для кристаллического потенциала использовалось приближение атомных сфер. Для обменно-корреляционной энергии выбрана аппроксимация, дающая наилучшее согласие рассчитанных магнитных моментов с экспериментальными. Использовано приближение локальной плотности [12, 15] с учетом градиентных поправок. Межатомные обменные интегралы были рассчитаны с использованием методик [13, 16], которая основана на расчете вариации функционала полной энергии по отклонению выбранной пары спинов от положения равновесия.

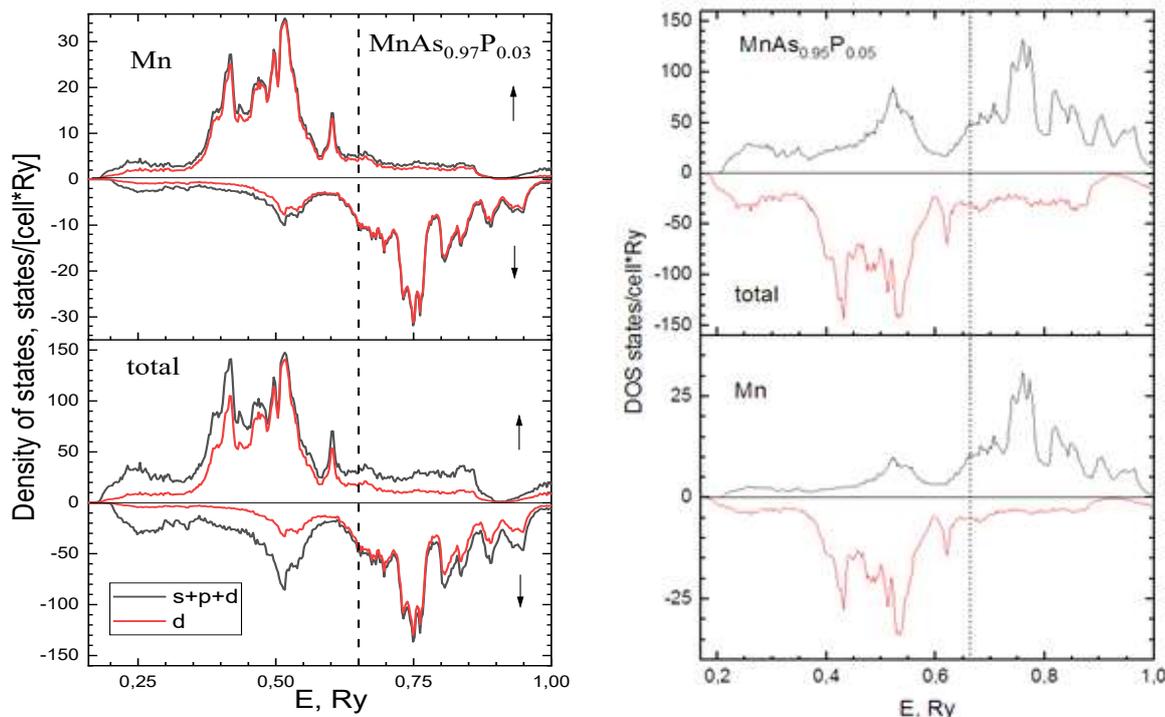


Рис. 1. Плотность электронных состояний пниктидов $MnAs_{0.97}P_{0.03}$ и $MnAs_{0.95}P_{0.05}$. Вертикальной линией обозначено положение уровня Ферми

Электронная структуры пниктидов $MnAs_{0.97}P_{0.03}$ и $MnAs_{0.95}P_{0.05}$ представлены на рис. 1. Спин-

поляризованная плотность электронных состояний имеет типичную многопиковую структуру, которая



характерна для соединений на основе 3d-металлов [8, 11].

Замена атомов мышьяка фосфором, при сохранении параметров кристаллической ячейки неизменными, незначительно повышает уровень Ферми. Величина

локального магнитного момента Mn при этом сохраняется (3.3 μ_B). Межатомные обменные интегралы также слабочувствительны к замене мышьяка на фосфор (рис. 2).

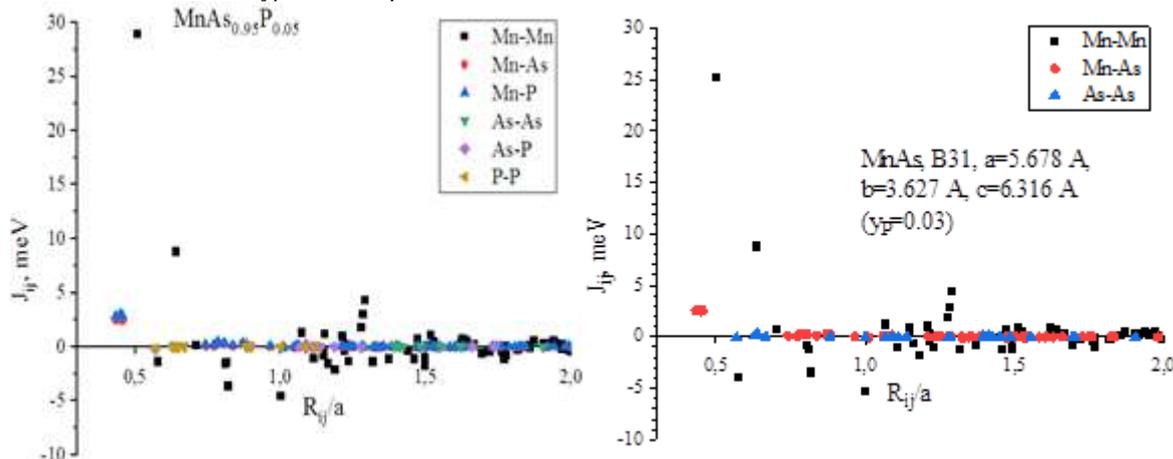


Рис. 2. Зависимость межатомных обменных интегралов от расстояния в $MnAs_{0.95}P_{0.05}$ и в чистом $MnAs$ с параметрами решетки $MnAs_{0.95}P_{0.05}$

Результаты измерений полевых зависимостей намагниченности образца $MnAs_{0.95}P_{0.05}$ в полях до 14 Т приведены на рис.3. Видно из этих данных, что имеет место частичное восстановление ферромагнитного

состояния в интервале температур от ~ 240 К до ~ 320 К, если магнитное поле превышает некоторое критическое значение H_k , которое сильно возрастает с 14 Т [13,15].

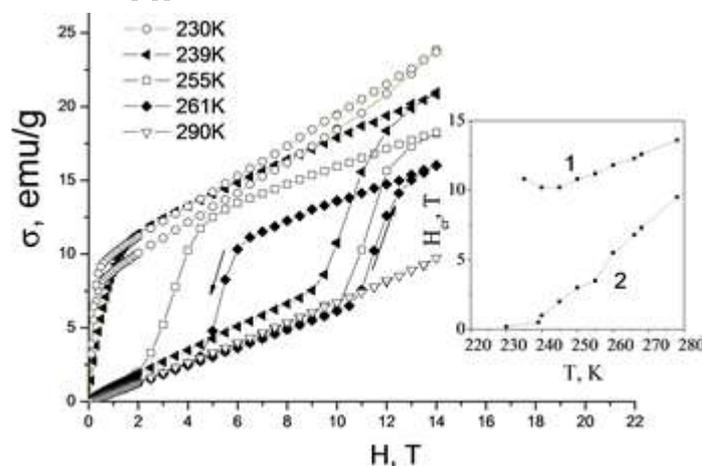


Рис. 3. Полевые зависимости намагниченности пниктида $MnAs_{0.95}P_{0.05}$ вблизи температуры фазового перехода. На вставке: температурные зависимости критического магнитного поля H_k перехода из частично упорядоченного ферромагнитного состояния в неупорядоченное - 1 и тоже для обратного перехода -2.

4. Заключение

Расчетная температурная зависимость изменения магнитной энтропии для состава $MnAs_{0.97}P_{0.03}$ показала, что максимальное значение составляет ~ 61 Дж/кг·К в области температур ~ 260 К при изменении индукции магнитного поля от 0 до 14 Т. Установлено, что с увеличением концентрации фосфора, происходит линейное уменьшение параметров кристаллической решетки. Уменьшение параметров a , b , и c , можно объяснить разницей в ионных радиусах при температурах выше 280 К приводит к восстановлению упорядоченного ферромагнитного состояния – развороту векторов намагничивания кристаллитов в направлении внешнего магнитного поля. Что в свою очередь приводит к

восстановлению гексагональной фазы $B8_1$ и характерное для нее ферромагнитное упорядочение. Добавки фосфора приводят к росту магнитной анизотропии отдельных блоков, в результате чего установление ферромагнитного упорядочения требуются более сильные магнитные поля в сравнении в экваториальном арсенидом марганца.

Использованная литература / References

[1] Franco V., Blazquez J.S., Ipus J.J., Law J.Y., Moreno-Ramirez L.M., Conde A. Magnetocaloric effect: From materials research to refrigeration devices. Progress in



Materials Science, 2018, vol. 93, pp. 112–232. Doi: 10.1016/j.pmatsci.2017.10.005

[2] Mitsiuk V.I., Mashirov A.V., Koledov V.V., Valkov V.I., Golovchan A.V., Kovalev O.E., Todris B.M., Pnina Ari-Gur. Magnetic-field-induced transitions and the inverse magnetocaloric effect at liquid helium temperatures in the $Mn_{1-x}Co_xNiGe$ system ($0.15 \leq x < 0.80$) // JMMM. 2023. T. 588. p. 171355.

[3] Mityuk V.I., Rimskii G.S., Val'kov V.I., Golovchan A.V., Mashirov A.V., Koledov V.V. Low Temperature Features of the Magnetic and Magnetocaloric Properties of the $Mn_{1-x}Co_xNiGe$ System ($0.05 \leq x \leq 0.4$) // Physics of Metals and Metallography. 2022. V. 123. P. 386-391.

[4] Valkov V.I., Golovchan A.V., Gribov I.F., Andreychenko E.P., Kovalev O.Y., Mitsiuk V.I., Mashirov A.V. Baric Transformation of the Nature of Magnetic Ordering and Magnetocaloric Properties in the $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ System // Fizika metallov i metallovedenie. 2023. Vol. 124. N. 11. P. 1044-1050.

[5] Mitsiuk V. I., Pankratov N. Yu., Govor G. A., Nikitin S. A. Magnetostructural phase transitions in manganese arsenide single crystals // Physics of the Solid State. 2012. V. 54. 1988–1995.

[6] Mitsiuk V.I., Gurbanovich A.V., Gurbanovich An.V., Tkachenka T.M., Valkov V.I., Golovchan A.V., Mashirov A., Surowiec Z. Magnetic and Magnetocaloric Characteristics of the $Mn_{1.9}Cu_{0.1}Sb$ Alloy. // Journal of Communications Technology and Electronics 2023. Vol. 68. P 431–435.

[7] Mitsiuk V.I., Govor G.A., Budzyński M. Reversible Phase transitions and magnetocaloric effect in $MnAs$, $MnAs_{0.99}P_{0.01}$, and $MnAs_{0.98}P_{0.02}$ single crystals // Inorg. Mater. 2013. V. 49 P. 14–17.

[8] Pankratov N.Yu., Mitsiuk V.I., Ryzhkovskii V.M., Nikitin S.A. Direct measurement of the magnetocaloric effect in $MnZnSb$ intermetallic compound // JMMM. 2019. V. 470. P. 46-49.

[9] Govor G.A., Larin A.O., Mitsiuk V.I., Rimskii G.S., Tkachenka T.M. Magnetocaloric properties of the single crystal $Mn_{0.99}Fe_{0.01}As$. // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physics and Mathematics series. 2019. V. 55. P 118–124.

[10] Govor G.A., Mitsiuk V.I., Nikitin S.A., Pankratov N.Yu., Smarzhovskaya A.I. Magnetostructural phase transitions and magnetocaloric effect in $Mn(As,P)$ compounds and their composites. // Journal of Alloys and Compounds. 2019. 801. P. 428–437.

[11] Berdiev, U., Berdiyrov, U., Toshpulatova, M., Problems and Tasks of Creating Energy-Saving Electric Machines. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 020002

[12] Berdiev, U., Demedenko, O., Ashurov, M., Hasanov, F.F., Sulaymanov, U.B. Optimization of the

method of oxide coating of metallic iron powder particles. E3S Web of Conferences, 2023, 383, 04039

[13] Bacon G.E., Street R. Magnetic Structure of Manganese Arsenide // Nature 1955. V. 175 P. 518-520.

[14] Sirota N.N., Vasilev E.A., Govor G.A. Neutron diffraction study of magnetic and crystallographic phase transformations in manganese arsenide as a function of temperature and pressure // J. Phys. 1971. V. 32 P. 987–989.

[15] U.T. Berdiev, A.K. Vecher, F.F. Hasanov, Investigation of the frequency characteristics of composite iron powders with insulating oxide coatings. "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021), Tashkent, Uzbekistan, April 1-3.

[16] Vosko S.H., Wilk L., Influence of an improved local-spin-density correlation-energy functional on the cohesive energy of alkali metals // Phys. Rev. 1980. B. 22. P. 3812-3815 Gschneidner, K.A. Magnetocaloric Materials / K.A. Gschneidner Jr, and V.K. Pecharsky // Annu. Rev. Mater. Sci. 2000. V. 30. P. 387-429.

Информация об авторах/ Information about the authors

Бердиев Усан / Usan Berdiyev
Ташкентский государственный транспортный университет, к.т.н. кафедры «Электротехника», профессор
E-mail: berdiev1962@inbox.ru
Tel.: +998946035014
<https://orcid.org/0000-0003-3513-049X>

Хасанов Фозил / Fozil Hasanov
Ташкентский государственный транспортный университет, и.о. доцента кафедры «Электротехника» (PhD),
E-mail: hasanovff1808@gmail.com
Tel.: +998932936446

Авазов Бобомурод / Bobomurod Avazov
Ташкентский государственный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Электротехника» (PhD),
E-mail: avazovbk@gmail.com
Tel.: +998974616003
<https://orcid.org/0000-0001-9290-5322>

Кутбидинов Одилжон / Odiljon Kutbiddinov
Ташкентский государственный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Электротехника» (PhD),
E-mail: odiljon.kutbiddinov@bk.ru
Tel.: +998935933827
<https://orcid.org/0000-0003-3732-5186>



Determining the dependence of the vibrations of the ballastic layer on the speed of train movement

P.A. Begmatov¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In this article, the experimental dependencies of the change in vertical load for ballast materials, the occurrence of design stresses in the ballast prism during the passage of the train, and the accumulation of residual deformations depending on the relative distance of level correction of track settlement were determined. Based on these relationships, graphs of the specific dimensions of the specific distance of road level correction based on dynamic stresses in the ballast prism were developed.

Also, when calculating the strength of railway tracks, the stresses, deformations, or loads and train speeds arising from the influence of trains on the ballast prism and the main surface of the earthwork, or stresses and deformations in these elements of the track, not exceeding permissible levels, were determined.

Keywords: earthwork, ballast prism, track superstructure, rail and sleeper railing, stresses, train speeds

Ballast qatlami tebranishlarining poyezdlarning harakatlanish tezligiga bog'liqligini aniqlash

Begmatov P.A.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada ballast materiallari uchun vertikal yuklanishning o'zgarishi, poyezdning o'tishida ballast prizmasida hisobiy zo'riqishlarni vujudga kelishi, yo'l cho'kishini sath bo'yicha to'g'rilashning solishtirma masofasiga ko'ra qoldiq deformatsiyalarni to'planishiga tegishli eksperimental bog'lanishlarni aniqlagan. Mazkur bog'lanishlar asosida ballast prizmasidagi dinamik zo'riqishlardan kelib chiqqan holda, yo'lni sath bo'yicha tuzatishning solishtirma masofasini solishtirma o'lchamlari grafiklari ishlab chiqilgan.

Shunindek temiryo'l izlarining mustahkamligini hisoblashda poyezdlar ta'siri natijasida ballast prizmasi va yer polotnosining asosiy maydonchasida hosil bo'ladigan zo'riqishlar, deformatsiyalar yoki yo'lning aynan shu elementlaridagi zo'riqish va deformatsiyalarning yo'l qo'yarli darajadan oshmaydigan yuklanishlar hamda poyezd tezliklari aniqlandi.

Kalit so'zlar: yer polotnosi, ballast prizmasi, yo'l ustki qurilmasi, rels – shpal panjarasi, zo'riqishlar, poyezdlarning harakat tezliklari

1. Kirish

Poyezdlarning harakat tezliklari bilan pogonli va o'qqa tushuvchi yuklarini oshishi, shuningdek yo'l ustki qurilmasining yangi konstruksiyalarini joriy etilishi bilan ajralib turuvchi temir yo'ldan foydalanishga oid hozirgi zamon shart-sharoitlari temir yo'llarning mustahkamligi va barqarorligiga yanada yuqoriroq talablar qo'yadi.

Mavjud temir yo'llarni tezyurur harakatga moslab qayta qurish, yangilarini loyihalash va qurish jarayonida texnik-iqtisodiy masalalarning butun bir majmuini hal etish kerak bo'ladi. Bular qatorida, birinchi navbatda, yo'l bilan harakatdagi tarkiblarning bir-biriga ta'siri, vibratsiyaning va qoldiq deformatsiyalarni to'planish tezligini ortishi, yo'l ustki qurilmasi asosiy elementlarining xizmat muddatlarini qisqarishi, yo'lni soz holatda saqlab borish hamda yo'llarni ta'mirlov ishlari hajmini ortishi bilan bog'liq poyezdlarning xavfsiz harakatini ta'minlashga oid masalalardir [1, 2, 3].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Poyezdlarning harakatlanish tezliklari ta'sirida ballast prizmasida yuzaga keluvchi zo'riqishlarni aniqlash

Yo'l ustki qurilmasi barcha elementlarining xizmat muddatlarini davomiyligi ballast prizmasiga bog'liq. Agar ballast prizmasini qurish uchun ko'tarish qobiliyati kichik bo'lgan materialdan foydalanilsa, ko'plab notekis botiq cho'kish, silkinish, qiyshayib qolish holatlari kuzatiladi, bu esa relslarni ko'proq umumiy va to'lqinsimon yedirilishiga, ularda kontaktli-charchash oqibatida hosil bo'ladigan nuqsonlarni vaqtdan ilgari paydo bo'lishiga olib keladi.

Ballast prizmasi rels-shpalali panjaraning poyezd yuklari tushgan vaqtda uning vertikal va gorizontaal barqarorligini ta'minlaydi, hamda shpalalar bosimini yer polotnosining asosiy maydonchasiga bir tekis taqsimlashga xizmat qiladi. Shpalaosti asos yetarli darajada elastik bo'lishi zarur, ayniqsa temirbeton shpalalarda, ya'ni harakatdagi tarkib g'ildiraklarini relslarga zarbini kamaytirish uchun, o'ziga xos amortizator bo'lib xizmat

^a <https://orcid.org/0000-0003-0160-9814>



qilishi kerak. Bunda poyezdlar harakati yanada ravonroq bo'lishi uchun, ballast prizmasining yo'l bo'ylab va unga ko'ndalang yo'nalishdagi elastikligi teng bo'lgani ma'qul. Ballast prizmasida har xil ko'rinishdagi qoldiq cho'kishlar bo'lmasligi lozim [4].

Poyezdlar xavfsizligini ta'minlash uchun yo'l xo'jaligida bajariladigan ishlar tahlil qilinganida, barcha bajariladigan ishlarning jami 60 % ballast prizmasi va yer polotnosida olib boriladigan ishlarga to'g'ri keladi. Temiryo'l izlarining ishonchligi va tashish jarayonini samaradorligi ko'p jihatdan ballast prizmasining turiga, sifatiga bog'liq bo'lib, shpalaosti asosning konstruksiyasi bilan belgilanadi [5].

Temiryo'l izlarining mustahkamligini hisoblashda, ballast prizmasi va yer polotnosining asosiy maydonchasida poyezdlar ta'siri natijasida kelib chiquvchi zo'riqish va deformatsiyalar yoki yo'lning ushbu elementlarida poyezdlar harakatidagi yo'l qo'yarli darajadan oshmaydigan yuklanish va deformatsiyalar aniqlanadi. Bu qiymatlar yo'l ustki qurilmasi konstruksiyasini texnik-iqtisodiy asoslab berish vaqtida ham aniqlanadi [6].

Asosan ballast prizmasi va yer polotnosini cho'kishida ko'zga tashlanadigan yo'l geometriyasining buzilishlari yo'l ishlari bajarilish muddatleri bilan hajmini belgilovchi asosiy omildir.

Bunda aynan ballast prizmasining o'zi yo'l tuzilishining asosiy komponenti ekanligini ta'kidlab o'tish lozim, chunki yo'lni harakatlanuvchi tarkibdan tushadigan dinamik yuklanishlarni o'ziga qabul qilish va oqilona taqsimlash qobiliyati ballastga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, aynan ballast prizmasini tuzatish yo'li bilan yo'l tuzilishi parametrlarini va ko'taruvchanlik qobiliyatini tiklash mumkin, ayniqsa yo'l asosi zaiflashib qolgan hollarda.

Shpala tagidagi rels osti kesimida vertikal normal zo'riqishlar namunaviy yuklanish hamda harakat tezliklari uchun odatda 2-3 kgs/sm² gacha yetadi. Poyezdlarning harakat tezligi oshganda, zo'riqishlar ham oshadi. Masalan, harakat tezligi 40 km/s dan 80 km/s gacha oshganda, zo'riqishlar 15-20 % ortadi [4].

Ye.S. Varizgin usulida vagonlardan tushadigan yuklarning turli xil qiymatlarida va harakat tezliklarida ballast prizmasida hosil bo'lgan tezlanishlar o'lchangan (W_n – muvozanat holatidan pastga qarab yo'nalgan tezlanishlar; W_v – yuqoriga qarab yo'nalgan tezlanishlar; $W_p = W_n + W_v$) [4]. O'lchash ishlari R50 relsli, temirbeton shpalali, KB biriktirgichli, qalinligi 10 mm relsosti namunaviy rels qotirgichlariga ega uchastkalarda, hamda R65 relsli, yog'och shpalali, kostilsimon biriktirgichli va sheben kattaligi 25-70 mm li uchastkalarda bajarildi [4].

1-jadval

Vagonlardan tushuvchi yuklar turlicha bo'lganida va harakat tezliklarida ballast prizmasida olingan o'rtacha tezlanishlar

O'qqa tushuvchi yuk, tk/o'q	Harakat tezligi km/s da o'rtacha tezlanishlar								
	25			50			70		
	W_H	W_B	W_n	W_H	W_B	W_n	W_H	W_B	W_n
17	1,3	1,0	2,3	1,8/6,0	1,3/3,1	3,1/9,1	2,2	1,4	3,6
23	3,0	2,0	5,0	5,1/7,4	3,0/4,8	8,1/12,2	5,4	3,3	8,7
25	3,7	2,4	6,1	6,1/9,3	3,8/4,9	9,9/14,2	6,9	4,5	11,4

O'qqa tushadigan yuklamalar va harakat tezliklari oshishi bilan tezlanishlar ham ortadi. Ayniqsa statik yuklanish o'zgariganda tezlanishlarning oshishi 17 tk/o'q dan to 23 tk/o'q qadar tezlashib ketadi. Bu yukni 23-25 tk/o'q diapazonidagiga nisbatan aynan shu diapazonda juda katta miqdorga oshib ketishi bilan bog'liq [4].

Ushbu o'lchash natijalaridan ko'rishimiz mumkinki, harakat tezligi oshishi bilan tebranish chastotasi, tezlanishlar va tebranish tezliklari ham ortib boradi

Poyezdlarni fizika qonunlari bo'yicha harakatlanishida yo'l trassasi bo'ylab alohida siqilish va cho'zilish uchastkalarini hosil qiluvchi bo'ylama sinusoidal to'lqinni ko'rib chiqildi. Yo'l ustki qurilmasi siqilishga qarshi ishonchliroq ishlaydi, cho'zilishga esa kamroq qarshilik ko'rsatadi. Bularning hammasi relslarni tarh bo'yicha qiyshayib qolishini va ballast prizmasini vertikal deformatsiyalarini keltirib chiqarishi mumkin.

Poyezdlar harakati natijasida hosil bo'ladigan bo'ylama tebranishlarning yer polotnosi bilan yo'l ustki qurilmasiga ta'siri seysmik to'lqinlarni yer osti inshootlariga ko'rsatadigan ta'siriga o'xshash. Shuning uchun, ko'rib chiqilgan inshootdagi zo'riqish va deformatsiyalar qiymatlarini baholash masalasini nazariy yo'l bilan yechilishida zilzilabardoshlikning dinamik nazariyasidan foydalanildi [7]. Yo'l ustki qurilmasi va yer polotnosidan tashkil topgan tizimning tebranishlari xususiy hosilalardagi tenglamalar tizimi bilan ifodalanadi:

$$B \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - L_p t_x = 0; \quad (1)$$

bunda B - yo'l ustki qurilmasi va yer polotnosining bo'ylama bikrligi; U - to'lqin ta'siridan vujudga kelgan bo'ylama siljish; m - inshoot uzunligi birligining o'rtacha massasi; L_p - inshoot perimetrini hisobga oluvchi parametr; t_x - inshoot uzunligi birligiga inshoot va asos grunti orasidagi o'zaro ta'sirning solishtirma kuchi.

Temiryo'lning n -uchastkasidagi kuch P_n nisbiy deformatsiyalar bilan ifodalalanadi:

$$P_n = EF \frac{U_{n+1} - U_n}{L}, \quad (2)$$

bunda E - inshoot tizimi materialining elastiklik moduli; F - inshoot ko'ndalang kesimining maydoni; L - inshootning g'ildirak juftlari orasidagi uzunligi.

Yer polotnosi hamda asos gruntning modelini elastik-yopishqoq-plastik deb qabul qilamiz, chunki bunday holatda gruntning mustahkamlik ko'rsatkichlari eng kichik bo'ladi:

$$T_x = K_x (U - U_0) [1 - W(U - U_0)], \quad (3)$$

bunda K_x - teng siljish koeffitsiyenti; W - plastiklik funksiyasi.

n va n-1 uchastkalarda inshoot bilan asos orasidagi o'zaro ta'sirning solishtirma kuchi quyidagiga teng:

$$t_n = L_p K_x L [U_0(X_n, t) - U_n(X_n, t)];$$

$$t_{n-1} = L_p K_x L [U_0(X_{n-1}, t) - U_{n-1}(X_{n-1}, t)], \quad (4)$$

bunda t_n - inshoot bilan asos orasidagi o'zaro ta'sirning solishtirma kuchi, surilish esa quyidagiga teng:



$$U_n = (X_n, t) = U_{0n} \frac{U_{0n+1} - U_{0n}}{L} X_n;$$

$$U_{n-1}(X_{n-1}, t) = U_{n-1} + \frac{U_n - U_{n-1}}{L} X_{n-1}; \quad (5)$$

(3), (4) dan quyidagilar kelib chiqadi:

$$\begin{cases} \int_0^{\frac{1}{2}} t_n \alpha x_n = \frac{L_p K_x L}{8} [3(U_{0n} - U_n) + (U_{0n+1} - U_{n-1})]; \\ \int_{\frac{1}{2}}^1 t_{n-1} \alpha x_{n-1} = \frac{L_p K_x L}{8} [3(U_{0n} - U_n) + (U_{0n+1} - U_{n-1})]. \end{cases} (6)$$

Bu yerda $x_n=0$ bo'lganda, $U_{0n}=U_{0n}(X_n, t)$.

Yo'l ustki qurilmasi va yer polotnosi tizimidagi tenglamalar tizimi poyezdlarning tezyurar harakatiga muvofiq chekli erkinlik darajalari soniga ega tizim ko'rinishida bo'ladi:

$$\begin{cases} \frac{mL}{2} U_{n-1} + \left(\frac{2EJ}{L} + \frac{3L_p K_x L}{4} \right) U_{n-1} + \left(\frac{L_p K_x J}{8} - \frac{EJ}{L} \right) (U_n - U_{n-2}) = L_p K_x L U_{n-1}; \\ \frac{mL}{2} U_n + \left(\frac{2EJ}{L} + \frac{3L_p K_x L}{4} \right) U_n + \left(\frac{L_p K_x L}{8} - \frac{EJ}{L} \right) (U_{n+2} - U_{n-1}) = L_p K_x L U_{n0}; \\ \frac{mL}{2} U_{n+1} + \left(\frac{2EJ}{L} + \frac{3L_p K_x L}{4} \right) U_{n+1} + \left(\frac{L_p K_x L}{8} - \frac{EJ}{L} \right) (U_{n+2} - U_n) = L_p K_x U_{0n+1}, \end{cases} (7)$$

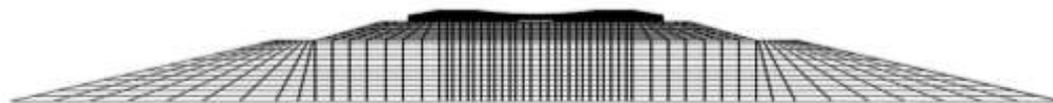
bunda U_n – ko'rilayotgan tizimning n -uchastkasini poyezdlarni tezyurar harakati ta'siri natijasida mutloq surilishi; U_{n0} – inshoot asosi gruntining surilishi.

(7)-tenglamalar tizimini nisbiy koordinatalarda hisoblash natijasida poyezdlar harakat tezligini inshootning yagona tizimi bo'lgan yo'l ustki qurilmasi bilan yer polotnosining zo'riqqan-deformatsiyalangan holatiga ta'siri aniqlanadi.

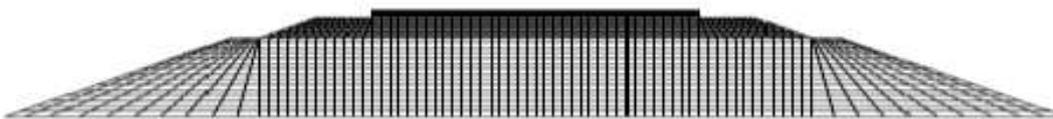
$K_x = 0.15$ MPa da ko'rib chiqilayotgan tenglamalar soniga hamda grunda poyezdlarni harakatlanishi natijasida to'lqinlarni tarqalish tezligi barxan qumlari uchun $Q_p=1200$ m/s, qumli loy uchun $Q_p=250$ m/s bo'lganda rels-shpala panjarasining maksimal zo'riqishlar grafigi esa 1-rasmda berilgan.

Rels-shpala panjarasining aynan shu bikirligini biriktirgichlar konstruksiyasini o'zgartirish hamda shpala va rels orasidagi rels osti prokladkalarini to'g'ri tanlash yo'li bilan kamaytirish mumkin, bu ballast prizmasi bilan yer polotnosiga uzatiladigan zo'riqishlarni kamaytirishga imkon yaratadi.

a)

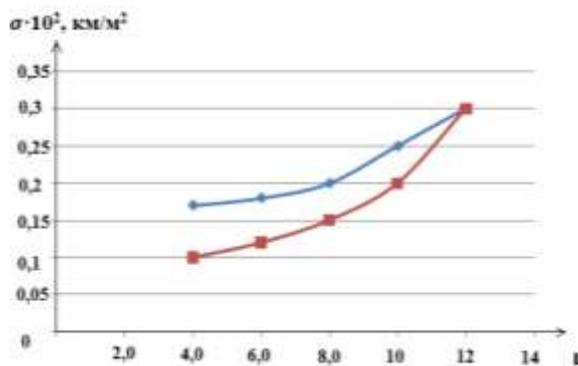


b)



2-rasm. Ballast asosida kuchlanishlarni taqsimlanishi: a – temirbeton shpala; b – yog'och shpala

Ballast prizmasi o'lchamlarini o'zgarishi ularni ekspluatatsiya sharoitlariga mos bo'lmaganida, zichlashtirishda ballast prizmasining cho'kish zaxirasiga qo'yiladigan me'yorlarga rioya qilinmaganida, turli ekspluatatsiya sharoitlarida namunaviy ko'ndalang



1-rasm. Poyezdlarni harakatlanish jarayonida ballast prizmasiga uzatiladigan zo'riqish: 1 – qumli tuproq; 2 – barxan qumlari

Poyezdlar harakati natijasida hosil bo'ladigan ta'sir to'lqinlari tarqalishining dinamik nazariyasini qo'llab, nisbiy koordinatalarda ishlab chiqilgan tenglamalar tizimidan yanada aniqlik kiritish kerak bo'lgan qo'shimcha yuklanishlarga chalinadigan tonnellar, ko'priklar va ko'priklarni qirg'oq tayanchi bilan biriktirish joylarining zo'riqish-deformatsiyalangan holatini aniqlash uchun foydalanish mumkin. Buning barchasi yanada ishonchli konstruktiv ishlanmalarni yaratishga imkon beradi, chunki inshoot aynan shu kesimda va tunnelga kirish joyida tez-tez shikastlanishi ma'lum.

Harakatdagi tarkibni harakatlanish jarayonida relslarda hosil bo'ladigan notekisliklar loyihalash jarayonida hisobga olinmaydigan ko'priklar tayanchlariga va yo'lning ustki qurilmasiga ta'sir etuvchi qo'shimcha zarbaviy yuklarini keltirib chiqaradi. Poyezdlarning tezligi ortib borishi bilan bunday yuklanishlarni aniqlash kerakligi muhim ahamiyat kasb etadi, chunki ular ko'priklar kechuvi va yo'l ustki qurilmasi konstruksiyasini vaqtdan ilgari buzilishiga sharoit yaratib qo'yishi mumkin. Shu yo'nalishda olib borilgan tadqiqotlarning tahlili natijasida yo'l notekisligini yo'l ustki qurilmasiga ta'siri darajasini aniqlashga bag'ishlangan ilmiy izlanishlar yetarlicha emas, son jihatdan miqdori aniqlanmagan degan xulosaga kelish mumkin, buning ahamiyati ayniqsa poyezdlarning tezyurar harakat sharoitlarida murakkab inshootlarni loyihalashda haddan tashqari katta.

profillardan foydalanishga oid texnik talablarni buzishda, yer polotnosi kengligi yetarlicha bo'lmaganida va yuqorida ballast prizmasi mustahkamligiga putur yetkazish masalalari.



3. Xulosa

1. 1-rasmda tasvirlangan grafikdan rels-shpala panjarasida uning bo'ylama yo'nalish bo'yicha bikirligini kamaytiruvchi qurilmalarni ishlab chiqilsa, ballast prizmasida va yer polotnosida ham zo'riqishni kamaytiradi degan hulosaga kelish mumkin. Tezyurar temir yo'l uchastkalarda va ularning yuk ko'taruvchanligi oshgan sharoitlarda buning ahamiyati juda katta.

2. Rels-shpala panjarasining aynan shu bikirligini biriktirgichlar konstruksiyasini o'zgartirish hamda shpala va rels orasidagi rels osti prokladkalarni to'g'ri tanlash yo'li bilan kamaytirish mumkin, bu ballast prizmasi bilan yer polotnosiga uzatiladigan zo'riqishlarni kamaytirishga imkon beradi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Киселев И.П. Время строить ВСМ / И.П. Киселев // Транспортное строительство. – 2007. – №1. – С.12-17.

[2] Жинкин Г.Н. Изучение поведения грунтов земляного полотна при $v < 200$ км/ч / Г.Н. Жинкин, И.В. Прокудин // ЛИИЖТ. – 1976 г.

[3] Жинкин Г.Н. Исследование колебаний грунтов при высокоскоростном движении поездов / Г.Н. Жинкин, И.В. Прокудин // ЛИИЖТ. – 1976 г.

[4] Содержание балластной призмы железнодорожного пути. / Под ред. Е.С. Варызгина. – М.: Транспорт, 1978–142 с.

[5] Ефремов Ю.В. Железнодорожный путь на асбестовом балласте: учеб. пособие для спец. "Строительство ж.д., путь и путевое хозяйство" / Ю.В.Ефремов.– Самара: СамИИТ, 1992.-83с.

[6] Вертикальные нормальные напряжения в балластной призме железнодорожного пути. Голованчиков А.М. Сб. «Расчет и конструирование балластной призмы железнодорожного пути». Труды ЦНИИ, 1970 г., вып. 387, стр. 81–112.

[7] Рашидов Т.Р. «Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений.» Ташкент. Фан. 1973.276с.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Begmatov Pardaboy Abduraximovich
Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'l muhandisligi" kafedrasida dotsenti (PhD)
E-mail: pbegmatov_1986@mail.ru
Tel.: +998 99 874 70 86
<https://orcid.org/0000-0003-0160-9814>



Theoretical prerequisites in the organization of the construction of diagnostic systems, microprocessor blocks of the dialing group of railway automation and telemechanics

A. Azizov¹^a, F. Sindarov¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The given article gives information about the results of theoretical research in the organization of the construction of a diagnostic system, microprocessor-based blocks of the dial group used in railway automation and telemechanics. The products subject to study were made with the use of microelectronic elements, microcontrollers and other electronic components using mathematical expressions to determine the criteria for evaluating the diagnostic process, were subject to research. A Petri net transition graph representing the diagnostic system of these blocks of a dial group has been developed and analyzed inside out to determine the readiness indicator.

Keywords: Railway automation and telemechanics, microcontrollers, diagnostics, availability coefficient

1. Introduction

Reserves to increase the efficiency of technical means of railway automation and telemechanics are laid down in the organization of their operation and maintenance as needed. In this case, the need for technical maintenance of objects is determined by their current condition, and not by the operating time or expired service life, according to the accompanying documentation, which is associated with the need to monitor their condition. It is clear that actions to assess the condition of technical objects are called diagnostics.

The current level of technology development provides grounds for the wide use of programmable microcontrollers in automatic systems; there are opportunities for developing and using fully automatic diagnostic systems, which is very important for the conditions of railway transport, with its high requirements for ensuring safe train traffic [1,4]. At the same time, the features of the technological process of railway transport allow performing diagnostic operations in the period between route assignments, which is usually calculated in the period from 8 to 10 minutes, i.e. during this period of time, the devices of the blocks that form the starting circuits of the switches are in the standby mode. The use of microelectronic technologies in the block of the dialing group for controlling the starting circuits of the switches of the route relay interlocking system allow using built-in programmable devices not only to form starting circuits, but also to assign diagnostic functions to them, i.e. to carry out diagnostic operations in the period between train operations.

2. Research methodology

In the case when the diagnostic process takes into account the specifics of the technological process of a railway station, namely the train schedule, as much as possible, then one can count on the high efficiency of the diagnostic process, which in turn requires a thorough analysis of the list of the state of its equipment, the algorithm

for the operation of the block elements in the period between route assignments.

It is known [6-12] that the diagnostic process can be represented from several stages. At the first stage, it is supposed to consider the diagnostic process taking into account the selected criteria and on their basis the requirements for the algorithms of the diagnostic process are determined.

At the second stage, the microcontroller software is developed [4], based on the analysis of the selected evaluation criteria.

Finally, at the third stage, an analysis of the effectiveness of diagnostics and its software is carried out [5,12].

Let us evaluate the efficiency of the diagnostic process of the elements of the starting circuits of the point electric drives of the set group of the block route relay interlocking system, namely the NPS block. As a criterion for evaluating the interaction of the diagnostic elements, we will use the probability of the absence of a defect at an arbitrary point in time when the block is in working condition (the process of setting routes, switching points, or during the period of absence of a route assignment). This criterion is called the indicator of product readiness and is designated as K_T [13,14,15], it will be fair to assume that this indicator is directly dependent on the total probability of the presence of the elements of the starting circuit block of the set group at an arbitrary point in time.

In practice, an indicator close to the availability factor is often used - the utilization factor (K_H). (K_H) This is the probability that at any given moment in time t it is possible to find an object in working condition. In this case, the condition must be met that all those serviceable objects that, according to the schedule, should be taken out for preventive maintenance and are not currently being used are excluded from the work cycle. Statistically, the utilization factor $K_H(t)$ is interpreted by the expression [13,14]

^a <https://orcid.org/0000-0002-5652-9611>

^b <https://orcid.org/0009-0006-4789-9094>



$$K_H(t) = \frac{\sum_{r=1}^l T_{pr}}{\sum_{r=1}^l T_{pr} + \sum_{j=1}^m T_{nj} + \sum_{i=1}^n T_i},$$

where is n – the number of failures of the switch starting circuit unit in the time interval $(0, t)$;

m – the number of preventive maintenance in the time interval $(0, t)$, is determined by the schedule of technical maintenance of railway automation and telemetry devices ;

l – the number of working cycles in the time interval $(0, t)$, is determined by the train schedule;

T_{PR} – the time of maintaining the operability of the object in R – the m cycle;

T_{nj} – the duration j – of the th check;

T_i – the duration of repair after i – the th failure of the object. It should be borne in mind that in the ideal case $K_H(t) \rightarrow 1$, due to the fact that

$$\left(\sum_{j=1}^m T_{nj} + \sum_{i=1}^n T_i\right) \rightarrow 0$$

Let's define the numerical values, for example, the time interval $(0, t)$ for the blocks of the dial group can reach several years, the variable n is determined by the results of statistical observation, m – is determined by the standard values of preventive maintenance, blocks of the dial group, T_{pr} is determined by the results of statistical analysis, the numerical values of the variables T_{nj} and T_i are determined by regulatory documents on the implementation of preventive maintenance and equipment repair, the variable l is determined by the intensity of the station operation, assuming that during the year with a time interval of 8-10 minutes routes will be set, this variable can reach values from $(24 \times 365 \times 60)/8 = 65700$ to 52560 cycles.

The operating mode of the device of the dial group of the block route centralization system is periodic and can be diagnosed during the period of absence of movement of trains at the station, i.e. in a special mode, this operation can be performed using ideally reliable technical means. The graph of transitions of the diagnostic system from state to state, made on the basis of the theory of Petri nets, is shown in Fig. 1 [3]. The graph positions represent the following states: 1- the object is used for its intended purpose and there are no defects in it; 2- the dial block is used for its intended purpose and a defect has occurred in it, which did not lead to a failure; 3- the tested device is in the diagnostic mode, when a failure occurs in it, which is eliminated; 4- a failure of the dial block has occurred, which is restored.

In the graph, as positions that are not indicated in Fig. 1, the following are used λ_0 and γ_0 – the failure rate and restoration of the starting point block of the dial group; μ – the testability of this block; ν – the organization of diagnostics.

The readiness indicator for this case is estimated by the probability of the object being in the state (position) "1" ($r = 1$) and is calculated using formula (1).

$$K_r = \nu / [(1/\mu)\nu^2 + (1 + \lambda/\mu)\nu + \lambda]. \quad (1)$$

From expressions (1) it is evident that the indicator of the readiness of the diagnostic system of the blocks of the assembly group depends on the organization of diagnostics

ν , the intensity of occurrence of defects and failures of the object λ and λ_0 , as well as its testability μ , i.e. more fully characterizes the proposed diagnostic system.

Let us consider the procedure for changing the state of a diagnostic object, performed on the basis of a Petri net graph.

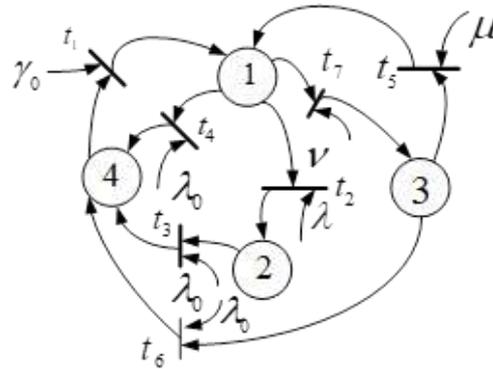


Fig. 1. Graph of transitions of the diagnostic system of the set group blocks, for determining the readiness indicator

$$\begin{aligned} I(1) &= \{t_1, t_5\}; O(1) = \{t_4, t_7, t_2\}; \\ I(2) &= \{t_2\}; O(2) = \{t_3\}; \\ I(3) &= \{t_7\}; O(3) = \{t_5, t_6\}; \\ I(4) &= \{t_3, t_4, t_6\}; O(4) = \{t_1\}; \\ I(t_1) &= \{\gamma_0, 4\}; O(t_1) = \{1\}; \\ I(t_2) &= \{\lambda, 1\}; O(t_2) = \{2\}; \\ I(t_3) &= \{2, \lambda_0\}; O(t_3) = \{4\}; \\ I(t_4) &= \{\lambda_0, 1\}; O(t_4) = \{4\}; \\ I(t_5) &= \{\mu, 3\}; O(t_5) = \{1\}; \\ I(t_6) &= \{\lambda_0, 3\}; O(t_6) = \{4\}; \\ I(t_7) &= \{\nu, 1\}; O(t_7) = \{3\}. \end{aligned} \quad (2)$$

According to the system of equations (2), the starting switch block of the dial group is in a normal, serviceable working condition, i.e. the process of setting or opening the route is in progress, "1" can go to another state "3" when the transition conditions are met t_7 , i.e. depends on the diagnostics organization according to the variable ν , which facilitates the system transition to position "3", and it is also possible to change the state upon transition t_4 in accordance with the indicators of the intensity of occurrence of defects of the dial starting point blocks λ_0 , which facilitates the system transition to position "4", in addition, the system can go to position "2", upon transition t_2 in accordance with the indicators of the intensity of occurrence of failures of the dial blocks λ . The elements that ensure the fulfillment of the conditions of transitions from one state to another are variables t_i where $i = 7$, let us consider the values of these variables: the input function of the variable t_1 is the expression $I(t_1) = \{\gamma_0, \langle 4 \rangle\}$ from which it follows that, taking into account the intensity of restoration of the starting point block of the dial group, γ_0 the device from the state with the presence of failure "4", after restoration will go to normal operation; the variable t_2 input effects of which are described by the formula $I(t_2) = \{\lambda, \langle 1 \rangle\}$ from which it follows that in the presence of the value of the intensity of occurrence of defects of the dial group block, the device is able to go from the normal operating state "1" to position "2" when a defect occurs in the device; variable t_3 input actions, which is described by the formula $I(t_3) = \{2, \lambda_0\}$ from



which it follows that, taking into account the intensities of occurrence of failures of the starting point block of the dial group and according to its output function, $O(t_3) = \{\llcorner 4 \llcorner\}$ the diagnosed device will go from state "2" when the starting point block is used for its intended purpose and a defect has occurred in it, will go to state "4" corresponding to the presence of a failure in the diagnosed device; the variable t_4 is determined by the input function $I(t_4) = \{\lambda_0, \llcorner 1 \llcorner\}$ from which it follows that when the diagnostic object is in position "1" and in the presence of a variable intensity of occurrence of defects of the starting point block λ_0 , the diagnosed object, according to the output function, $O(t_4) = \{\llcorner 4 \llcorner\}$ must move to position "4"; the variable, t_5 in accordance with its input function, is capable of changing the state of the diagnosed object and, in the presence of $I(t_5) = \{\mu, \llcorner 3 \llcorner\}$ the testability μ component, transfer the diagnosed object, according to the output function, $O(t_5) = \{\llcorner 1 \llcorner\}$ from the state of the object in the diagnostic mode, when a defect (which is eliminated) occurs in it, to position "1"; variable t_6 in accordance with its input function $I(t_6) = \{\lambda_0, \llcorner 3 \llcorner\}$ in the presence of a known variable intensity of occurrence of defects of the dial blocks λ_0 , capable of transferring the diagnosed object from the state in the diagnostic mode, when a defect occurs in it, which is eliminated, to position "4", corresponding to the presence of a failure in the dial block; variable t_7 in accordance with its input function $I(t_7) = \{\nu, \llcorner 1 \llcorner\}$ in the presence of a component reflecting the organization of diagnostics ν , according to the output function $O(t_7) = \{\llcorner 3 \llcorner\}$, the device will go to the state of the diagnostic mode, starting point block of the dial group. The exit of the characteristics of the elements of the starting point block beyond the boundaries of the region, limiting the space of permissible deviations, gives grounds to assume the probability of failure. The time interval determining the moment before the first intersection of the boundaries of the region with the operating parameters is a random variable, the probability of the value of which corresponds to the Gaussian distribution law, which characterizes the reliability indicators of the starting point block of the dial group.

Another pressing issue is determining how often the diagnostic procedure needs to be carried out.

To calculate the frequency of diagnosis, the following expressions are proposed

in [6, 9]:

$$\begin{aligned} v_0 &= 1/T_{OPT} = \sqrt{\lambda/\tau_D - \xi}; \\ R &= R_P/R_D, \\ \lambda_\Sigma &= \lambda + R\lambda', \\ v_0 &= \sqrt{\frac{\lambda_\Sigma}{\tau_D}(1+R)}, \end{aligned}$$

where is v_0 – the frequency of diagnosis;

T_{OPT} – period of optimal interrogation of the diagnosed unit;

λ – failure rate of block elements;

τ_D – time of diagnostics of the starting pointer block;

ξ – intensity of use of the starting point block (number of pointer movements per day);

R_P – probability of the presence of the starting switch block during the period of route assignment (probability of switching switches)

R_D – probability of block presence during the period of no route assignment

λ' – the rate of failures during the period when there is no need to change the direction of the switches and defects in the diagnostic device in standby mode.

If periodically, with a constant period of time (T), with the help of reliable microelectronic means, in a special mode, diagnostics of the elements of the starting point block of the dial group is performed, provided that it is in the mode of constant use, then the process of interaction of the diagnostic elements can be in one of three positions, namely, the blocks of the dial group are in the operating mode, a defect is possible in them; the diagnosed block is in good condition; the constituent elements are in the diagnostic state and, based on the results of this action, are restored, if necessary. In this case, the mathematical formula for determining the probability of a failure in the starting point block for the time interval T will take the form

$$F(T) = 0.5 + \int_m^T \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right] dt, \quad (3)$$

where and m σ - mathematical expectation and standard deviation of the random variable of time until a failure occurs in the diagnosed device.

It is known [8] that a semi-Markov process is a random process that changes its states in accordance with a previously known probability distribution law, while the time spent by a random process in one of the states is also a random characteristic, the distribution law of which depends on both the current state and the state to which it will move at the next moment in time.

The following postulates are taken as the basis for constructing a model, which allow us to consider the functioning of the blocks of the set group of the route centralization system as semi-Markovian:

- the change in the states of the blocks of the set group occurs randomly (stochastic process);

- the change of states and the duration of the presence of elements of the assembly group is provided by two independent sets of flows with arbitrary probability distributions (the time of transition from the waiting state to the working state is random, the time spent in the working state is also random, since it depends on the type of route, the number of switches in the route);

- statistical properties of the processes of the blocks of the dialing group, occurring in the process of their change (setting or canceling routes) and determining the time the system stays in states, which is determined by the time of action of the station duty officer, during the period of setting or canceling routes, and do not depend on the number of already established routes (the system is homogeneous) and on the method of the system getting into each of the possible states;

- actions during which the state of system elements changes when performing control functions, which occurs within a period of time equal to several seconds.

Using the apparatus of the theory of semi-Markov processes, we obtain an expression for determining the readiness coefficient

$$K_r = \omega_1(T + [1 - F(T)]\tau_D + F(T)\tau_B), \quad (4)$$

where is τ_D – testability;

τ_B – maintainability;



ω_1 – the average time an object remains in good working order over a period of time T , we obtain from the following expression

$$\omega_1 = \int_0^T [1 - F(t)] dt \quad (5)$$

Using expression (3) in formulas (4) and (5) and due to the fact that the probability of a malfunction in the blocks of the assembly group is negligibly small, we obtain

$$K_T = \frac{m - 3\sigma + \int_{m-3\sigma}^T \left\{ 0.5 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_m^t \exp\left[-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right] dt \right\} dt}{T + 0.5(\tau_B + \tau_D) + \frac{(\tau_B - \tau_D)}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_m^T \exp\left[-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}\right] dt} \quad (6)$$

Expression (6) reflects the dependence K_T on the indicators of testability τ_D ; maintainability τ_B ; failure-free operation m , σ and diagnostic frequency T .

The approximate value of the optimal diagnostic period, at which the maximum is achieved K_T , can be calculated using the formula

$$T_{opt} = -x + \sqrt{(x+m)^2 + \sqrt{2\pi}\sigma(x-m) - 1.5\sigma^2},$$

Where

$$x = \frac{\sqrt{2\pi\sigma(\tau_D + \tau_B) - 2m(\tau_B - \tau_D)}}{2(\sqrt{2\pi}\sigma + \tau_B - \tau_D)}$$

3. Conclusion

The study proposes the method of analysis, organization and construction of the diagnostic system of the railway automation and telemechanics dialing group units taking into account the use of an individual programmable microcontroller in each unit. The introduction of additional diagnostic functions into the controller software required a change in the principles of construction of maintenance of these devices by signaling and communication distance workers. The application of the diagnostic procedure assumes the use of an automatic system, since it excludes the functions performed by specialists, the known criteria for assessing the diagnostic system based on the use of known statistical characteristics of the dialing block devices are considered. As a result of the analysis of the functioning of the block route centralization system, mathematical expressions were obtained to determine the criteria for assessing the diagnostic process. A transition graph of the diagnostic system of the starting point unit of the dialing group was developed and analyzed to determine the readiness indicator. The method for obtaining the readiness coefficient K_T and its mathematical expression using the apparatus of semi-Markov processes under the law of distribution of time before failures (Gaussian) is of a general nature and therefore can be used with other initial data. The above method allows one to calculate the maximum value with sufficient reliability K_T and the corresponding optimal diagnostic period for different values of statistical indicators. Analysis of the results obtained for K_T expression allows us to determine the dependence of this indicator on the variables τ_D , τ_B , reliability and diagnostic frequency.

References

- [1] Azizov AR, Ametova EK Developing of microelectronic block NSS. // IJARSET, India: Vol. 6, Issue 3, March 2019, pp. 8563-8567. (05.00.00; No. 8).
- [2] Azizov A.R., Ametova E.K. Monitoring the technical condition of the microelectronic unit of the NSS as a problem of pattern recognition. // Technical sciences and innovation. Tashkent State Technical University, 2019. No. 1. From 20-25. (05.00.00; No. 16).
- [3] Ametova E.K., Azizov A.R. Theory of Petri nets in the development and study of the mathematical model of the NSO block. // FarPI ITZh. 20
- [4] Ametova E., Azizov A., Yuldashev Sh. Microprocessor technology in the devices railway automation and telemechanics. Asian Journal of Research, 2020. SJIF 6.1, IFS 3.7.
- [5] Bestemyanov P.F. Monitoring the correct functioning of microprocessor devices of automatic speed control systems of subway trains. // Interuniversity collection of scientific papers. - M.: MIIT, Issue 862, 1992.
- [6] Vasiliev B.V., Kozlov B.A., Tkachenko L.G. Reliability and efficiency of radio-electronic devices. - M.: Sov.radio, 1964.-151 p.
- [7] Vulman I.D. Determination of the optimal frequency of preventive monitoring of radio engineering devices with a stationary flow of failures. - Radio Engineering, 1973, No. 9, pp. 41-45.
- [8] Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Soloviev A.D. Mathematical methods in reliability theory (main characteristics of reliability and their statistical analysis). Moscow: Nauka, 1965. - 254 p.
- [9] Koida A.N., Mozgalevsky A.V. Organization of diagnostics of objects of complex structure. — In the book: Technical diagnostics, operation of control computers. Collection of scientific papers. — Kyiv: Naukova Dumka, 1980. P.63-71.
- [10] Aksenova G.P. On functional diagnostics of discrete devices in conditions of work with inaccurate data// Problems of Management. - 2008. - No. 5. P. 62-66.
- [11] Drozdov A. V. Working diagnostics of safe information and control systems / A. V. Drozd, V. S. Kharchenko, S. G. Antoshchuk, Yu. V. Drozd, M. A. Drozd, Yu. Yu. Sulima: under the supervision of A. V. Drozd and V. S. Kharchenko. - Kharkov: National Aerospace University named after N.E. Zhukovsky "KHAI", 2012. - 614 p.
- [12] Efanov, D. V. Functional control and monitoring of railway automation and telemechanics devices: monograph - SP6. FGBOU VO PGUPS, 2016. - 171 p.
- [13] Kalyavin, V.P. Reliability and diagnostics of motor vehicles / V. P. Kalyavin, N. A. Davydov. - SP6.: Elmore, 2014. - 480 p.
- [14] Karibsky, V. V. Fundamentals of technical diagnostics / V. V. Karibsky, P. P. Parkhomenko, E. S. Sogomonian, V. F. Khalchev; edited by P. P. Parkhomenko. — Moscow: Energiya, 1976. — 464 p.
- [15] Lisenkov V. M. Statistical theory of train traffic safety: textbook for universities. - M.: VINITI RAS, 1999. - 332 p.
- [16] Shamanov V.I. Methods for optimizing technical maintenance of automation systems // Automation in transport. - 2016. - Vol.2, No.4. - P. 481-496.



Information about the authors

Azizov
Asadulla
Rakhimovich

Tashkent State Transport University
“Automatics and Telemechanics”
department
Professor
E-mail: azizov.asadulla@mail.ru
Phone: +998935395421

Sindarov
Feruz
Sobir ugli

Tashkent State Transport University
“Automatics and Telemechanics”
department
PhD student .
E-mail: feruzsindarov707@gmail.com
Phone: +998943333996



Complex automated transportation management system for railway transport in the Republic of Uzbekistan

Sh.Sh. Kamaletdinov¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This paper presents the concept of a complex automated transportation management system (CATMS) for the railway sector of the Republic of Uzbekistan. The proposed structure comprises six interrelated subsystems that support real-time planning, management, and monitoring of transportation operations. At the core of the architecture lies an intelligent control module utilizing digital twins and artificial intelligence technologies to optimize routing, resource allocation, and scheduling. The article highlights the importance of full integration across all operational levels — from stations to control centers. Key subsystem interactions and system advantages are discussed. The proposed model aims to improve the efficiency, transparency, and safety of railway transportation.

Keywords: complex automated transportation management system, digital twin, artificial intelligence, subsystem integration, real time

Комплексная автоматизированная система управления перевозками на железнодорожном транспорте Республики Узбекистан

Камалетдинов Ш.Ш.¹ 

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В данной статье анализируются минеральные порошки, влияющие на срок эксплуатации автомобильных дорог асфальтовым покрытием. В последнее время большое внимание уделяется трудностям в улучшении асфальтового покрытия. Это обусловлено необходимостью продления срока службы дорожных покрытий из-за постоянно увеличивающейся транспортной нагрузки, интенсивности движения и климатических условий. Кроме того, необходимо удлинить функциональные качества покрытия. В исследовании предпринята попытка определить направления развития асфальтобетона путем анализа публикаций как зарубежных ученых, изучавших свойства асфальтового покрытия путем добавления новых компонентов и добавок в смесь.

Ключевые слова: комплексная автоматизированная система управления перевозками (КАСУП), цифровой двойник, искусственный интеллект, интеграция подсистем, реальное время

1. Введение

Железнодорожный транспорт занимает центральное место в транспортной системе Республики Узбекистан, обеспечивая устойчивое развитие экономики, промышленности и внешнеэкономических связей. Увеличение объемов перевозок, расширение участия в международных транспортных коридорах и растущие требования к качеству и скорости логистических услуг формируют потребность в глубокой цифровой трансформации отрасли.

Одним из ключевых направлений этой трансформации является создание Комплексной автоматизированной системы управления перевозками (КАСУП), которая объединяет современные информационные технологии, системы поддержки принятия решений и интеллектуальные механизмы управления. Такая система должна обеспечивать сквозное планирование, оперативное регулирование и мониторинг перевозочного процесса в реальном

времени, включая управление грузовыми и пассажирскими потоками, тяговыми ресурсами, станционной инфраструктурой и безопасностью движения.

Настоящая работа посвящена разработке концептуальной структуры КАСУП для железнодорожного транспорта Узбекистана. Предлагаемая модель включает шесть взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет специализированные функции в едином цифровом контуре. В основе системы лежит принцип интеграции и совместимости, что позволяет достичь высокого уровня автоматизации и повысить эффективность управления на всех уровнях – от локальных объектов инфраструктуры до централизованных диспетчерских и аналитических центров.

Целью исследования является описание логики взаимодействия между подсистемами, определение их функциональных назначений и обоснование архитектурных решений, направленных на построение единой, адаптивной и масштабируемой системы цифрового управления перевозками.

 <https://orcid.org/0000-0002-4004-9736>



Современные исследования в области автоматизированных систем управления железнодорожными перевозками охватывают широкий спектр тем — от цифровых двойников и имитационного моделирования до вопросов кибербезопасности и использования искусственного интеллекта. В работе Ferrari и ter Beek представлен систематический обзор формальных методов, применяемых в проектировании железнодорожных систем, с акцентом на верификацию и моделирование [1]. Дополнительно они провели оценку удобства и применимости таких инструментов, как ProB и UPPAAL, что важно для создания корректных моделей перевозочного процесса [2].

Модели динамической оптимизации железнодорожного движения на основе методов MPC (Model Predictive Control) рассматриваются в статье Vujanic и Hill, где обоснована возможность адаптивного пересчета графиков с учетом ограничений пропускной способности [3]. Krtas и Djordjević предлагают оценку устойчивости информационных систем управления движением с использованием метода АНР, акцентируя внимание на роли человеко-машинного взаимодействия [4].

Существенное внимание уделяется локализации и автономному обслуживанию инфраструктуры — Rahimi и соавторы провели всесторонний анализ современных навигационных технологий, применяемых в системах технического обслуживания железнодорожного транспорта [5]. В другом обзоре представлено применение искусственного интеллекта в железнодорожной отрасли, включая задачи оптимизации поездной работы, диагностики и прогнозирования [6]. Hadj-Mabrouk и его коллеги фокусируются на аспектах обеспечения безопасности с использованием машинного обучения, таких как SVM и Random Forest, применительно к европейской железнодорожной системе [7].

Кибербезопасность рассматривается как ключевой вызов для цифровых железных дорог. В исследовании Soderi и др. анализируются риски и угрозы, связанные с межсистемным взаимодействием, а также предлагаются меры по защите цифровой инфраструктуры железнодорожного транспорта [8].

Работы Cheremisin и соавт. демонстрируют применение интеллектуальных систем мониторинга для оценки энергоэффективности эксплуатации подвижного состава [9]. Kramskoi и его команда предложили иерархическую модель защищенного документооборота на транспорте, устойчивую к компрометации электронных подписей — важный аспект для КАСУП [10].

В работах [11-13] рассмотрены реализация комплексных автоматизированных систем управления перевозками, на основе которых можно решать последующие задачи по построению оптимальной архитектуры новой комплексной автоматизированной системы управления перевозками.

2. Методика исследования

Разработка концептуальной структуры КАСУП основывается на анализе современных подходов к автоматизации управления железнодорожными перевозками. Использовались методы системного анализа, моделирования процессов управления и информационного обмена, а также изучение нормативно-технической документации железнодорожного транспорта Узбекистана. Основное внимание уделялось интеграции следующих подсистем:

1. Интеллектуальная система управления перевозками (ИСУП).
2. Автоматизированная система управления грузовыми и коммерческими работами (АСУ ГКР).
3. Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками (АСУ ПП).
4. Автоматизированная система выдачи предупреждений на поезд (АСУ ПРЕД).
5. Автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУ ТР).
6. Автоматизированная система управления станциями (АСУ СТ).

Интеллектуальная система управления перевозками (ИСУП)

Интеллектуальная система управления перевозками как подсистема является центральным звеном КАСУП. Данная подсистема отвечает за информационную - аналитику и автоматическую планирования перевозочного процесса. На основе анализа предоставляет оптимальные решения при организации перевозок.

Интеллектуальная система управления перевозками имеет двух подсистем:

1. Информационно-аналитическая система перевозок (ИАСП).
2. Система автоматического планирования перевозок (САПП).

Информационно-аналитическая система перевозок (ИАСП)

ИАСП предназначена для предоставления оперативной и достоверной информации о перевозках. Архитектура системы построена на основе модели перевозочного процесса (рис.1).



Модель перевозочного процесса

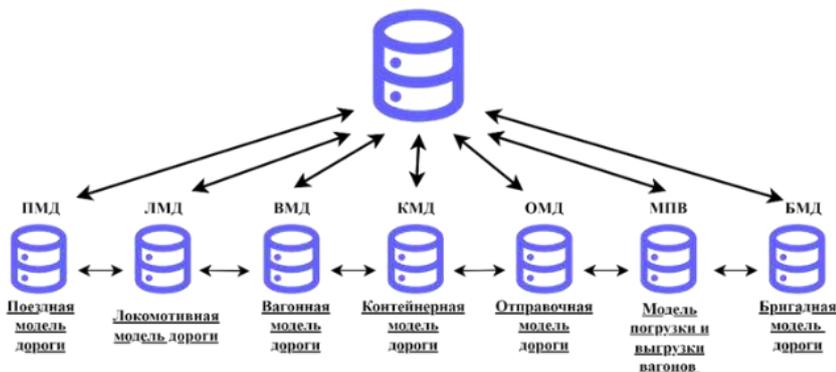


Рис. 1. Модель перевозочного процесса

Информационно-аналитическая система перевозок централизованно концентрирует информацию и обеспечивает первичной информацией сопутствующих автоматизированных систем. База данных системы должно быть основой для всех последующих подсистем КАСУП. Система имеет возможность непосредственно собирать, обрабатывать и выдавать информацию. Это означает автономность и независимость от других систем. Данный подход обеспечивает надежность и устойчивость работы КАСУП.

Информационно-аналитическая система перевозок имеет в общей сложности

8 подсистем:

1. Обработка входных данных.
2. Обработка выходных данных.
3. Контроль входных и выходных данных.
4. Управление базой данных.
5. Интеграция с внешними автоматизированными системами.
6. Контроль соблюдения ключевых показателей эффективности железной дороги.
7. Ведение НСИ
8. Автоматическая система мониторинга подвижного состава и контейнеров.

Система автоматического планирования перевозок (САПП)

Система автоматического планирования перевозок (САПП) представляет собой интеллектуальный инструмент управления поездной работой, ориентированный на цифровую трансформацию перевозочного процесса. Её назначение заключается в создании цифрового двойника железнодорожной сети, с помощью которого осуществляется автоматизированное и адаптивное планирование маршрутов, формирование составов, прогнозирование графиков движения и оперативная корректировка планов в режиме реального времени. Эта система сочетает в себе технологии имитационного моделирования и искусственного интеллекта, что позволяет выстраивать высокоточные и устойчивые логистические схемы даже в условиях непредсказуемых изменений транспортной обстановки.

Цифровой двойник, лежащий в основе САПП, моделирует инфраструктуру железной дороги, включая станции, перегоны, подвижной состав и технологические процессы, обеспечивая полное соответствие планов реальным условиям. Интеллектуальные алгоритмы анализируют как

текущую, так и историческую информацию, включая данные о вагонопотоках, расписаниях, ремонтных окнах и технологических ограничениях. Это позволяет системе формировать оптимальные решения по поездообразованию, определению времени отправления и распределению локомотивов, минимизируя простой вагонов и сокращая временные издержки.

Процессы формирования составов в САПП полностью автоматизированы: система получает входные данные из базы вагонов, устройств СЦБ и других информационных источников, а затем прогнозирует оптимальные конфигурации поездов с учётом требований грузоотправителей и транспортной обстановки. Выбор ниток графика осуществляется с приоритетом на устойчивость движения и пропускную способность, а в случае возникновения конфликтов – система автоматически предлагает альтернативные решения или пересматривает приоритеты.

Интерфейс планирования и контроля делает работу системы прозрачной и управляемой для диспетчеров. Он визуализирует план поездной работы с детализацией по времени, составам и локомотивам, а также предоставляет возможность внесения корректировок вручную с фиксацией всех управляющих воздействий. На основе анализа текущей ситуации искусственный интеллект предлагает диспетчеру оптимальные сценарии реагирования, обеспечивая быстрое восстановление планов при сбоях и нестандартных ситуациях.

В основе методологии разработки САПП лежит принцип сквозного управления — от формирования состава до его отправления, а также стремление к полной автоматизации рутинных задач и обеспечению совместимости с другими подсистемами железнодорожной сети. Это делает САПП не только эффективным инструментом планирования, но и ядром цифровой экосистемы, способной обеспечить непрерывное, адаптивное и высокоточное управление перевозками.

Автоматизированная система управления грузовыми и коммерческими работами (АСУ ГКР)

АСУ ГКР обеспечивает автоматизацию ключевых процессов на железнодорожных станциях региона обслуживания, включая сбор, обработку и концентрацию информации о грузовых и коммерческих операциях, последовательную автоматизацию технологических процессов на линейных станциях. Кроме того, система поддерживает концентрацию



коммерческой работы с клиентами железнодорожного транспорта, статистический учет, формирование отчетности и информационно-справочное обслуживание производственного персонала.

Основным объектом автоматизации является процесс оформления перевозочных документов, расчета провозных платежей, ведения станционной и коммерческой отчетности, а также обмена данными с системами верхнего уровня. Объекты автоматизации подразделяются по функциям и месту выполнения: регистрация клиентов и оформление заявок на перевозку, оформление документов по отправлению и прибытию грузов, ведение станционной отчетности, управление документооборотом и работа на грузовом фронте. АСУ ГКР построена по модульному принципу и представляет собой комплекс автоматизированных рабочих мест, объединенных в едином информационном пространстве.

Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками (АСУ ПП).

АСУ ПП – это человек-машинная система коллективного пользования, объединяющая административные и технологические средства для обслуживания пассажиров и управления пассажирскими перевозками в реальном времени. Система позволяет решать задачи в сфере пассажирских перевозок, и представляет собой многофункциональный комплекс, охватывающий через сети связи все железные дороги и взаимодействующий с системами других видов транспорта. Это обеспечивает централизованное управление перевозками с использованием развитой вычислительной сети, автоматизацию взаиморасчетов между дорогами и государствами, а также формирование информационной базы для маркетинга и гибкой тарифной политики.

Основные цели автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками включают повышение эффективности перевозочного процесса за счет оперативного управления, рост рентабельности и производительности труда, улучшение качества обслуживания и предоставление разнообразных услуг пассажирам. Система базируется на современных средствах вычислительной техники, СУБД и базах данных, с применением перспективных инструментов разработки ПО. Она поддерживает автоматизированное взаимодействие с другими транспортными системами и организациями, используя защищенные телекоммуникационные каналы. Объектами автоматизации являются пассажирское и финансовое хозяйство, охватывающие ключевые информационно-технологические аспекты пассажирских перевозок.

Автоматизированная система выдачи предупреждений на поезда (АСУ ПРЕД)

АС ПРЕД предназначена для автоматизации технологических процессов подготовки и выдачи предупреждений на поезда с использованием безбумажной технологии. Основная цель системы – эффективное организация перевозок и повышение безопасности движения поездов за счет автоматизации процессов оформления, выдачи и отмены предупреждений, включая создание унифицированных шаблонов заявок, контроль их исполнения, учет и составление справок.

Объектами автоматизации являются процессы оформления заявок на выдачу и отмену

предупреждений, передачи заявок и извещений, ведения книг заявок и выдачи предупреждений, а также заполнения бланков предупреждений. Система повышает достоверность и полноту информации за счет однократного формализованного ввода данных в централизованную базу с использованием ЭЦП, многократного применения этой информации, автоматизированного контроля и удостоверения подлинности документов. АС ПРЕД обеспечивает персональную ответственность работников и внедрение безбумажной технологии.

Автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУ ТР)

Автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУ ТР) представляет собой ключевое звено в цифровой трансформации железнодорожного транспорта, объединяя в себе современные подходы к организации эксплуатации, ремонту и планированию работы тягового подвижного состава и локомотивных бригад. Основной целью создания системы является обеспечение устойчивого роста эффективности работы локомотивного комплекса за счёт сокращения оборота вагонов, повышения производительности локомотивов и труда локомотивных бригад. Благодаря внедрению АСУТР достигается оптимизация использования ресурсов, своевременное техническое обслуживание и ремонт локомотивов, а также обеспечение необходимого объёма перевозок с требуемым уровнем безопасности и прозрачности.

Система решает комплекс взаимосвязанных задач, охватывающих оперативное управление локомотивным парком и бригадами, автоматизированное нормирование и планирование, а также управление ремонтным процессом. Особое внимание уделяется диспетчерскому контролю за дислокацией и техническим состоянием локомотивов, а также режимом труда и отдыха локомотивных бригад. Эти данные обрабатываются в реальном времени, что позволяет принимать обоснованные управленческие решения на всех уровнях – от линейных подразделений до центральных органов управления.

Развитие эксплуатационной функции АСУТР ориентировано на интеграцию технологий контроля психофизиологического состояния персонала, внедрение электронных маршрутов машиниста, систем автоматического ведения поездов и комплексного мониторинга параметров движения. Таким образом, формируется единая цифровая среда, способная обеспечивать полный цикл управления работой локомотивного хозяйства – от планирования и эксплуатации до анализа эффективности и управления качеством технического обслуживания.

Особое значение в структуре системы занимает управление ремонтами локомотивов. Здесь реализуются функции контроля соблюдения технологической дисциплины, отслеживания пробега, анализа отказов, ведения электронных паспортов подвижного состава, а также рационального планирования и снабжения ремонтных подразделений. Благодаря этому достигается не только повышение надежности и безопасности эксплуатации, но и экономическая эффективность ремонтного процесса.

Таким образом, АСУТР является многоуровневой системой автоматизации, охватывающей все ключевые объекты локомотивного хозяйства – локомотивы,



бригады, депо, линейные станции и ремонтные предприятия, и формирующей основу для перехода к интеллектуальному управлению перевозками.

Автоматизированная система управления станциями (АСУ СТ)

Автоматизированная система управления станциями (АСУ СТ) представляет собой современное цифровое решение, направленное на повышение эффективности и прозрачности работы железнодорожных станций. Её основное назначение заключается в оптимизации процессов составообразования, обработки вагонопотоков и управления всей инфраструктурой станции с минимальным участием человека. Система строится на интеграции технологических решений и интеллектуального планирования, позволяя централизованно управлять всеми операциями через функциональный навигатор.

Функциональный навигатор является сердцем подсистемы. Он обеспечивает директивное управление всеми действиями на станции, начиная от формирования индивидуальных заданий для сотрудников и заканчивая контролем за их исполнением. Эти задания генерируются автоматически на основе имитационного моделирования технологического процесса станции, что позволяет достигать высокого уровня адаптивности и точности в управлении. Навигатор отображает текущие и предстоящие операции, предоставляет ссылки на функции АСУ СТ и фиксирует любые отклонения с указанием причин, что делает рабочие процессы прозрачными и контролируруемыми.

Система также автоматизирует подготовку технологических документов, генерируя необходимые справки и отчеты, обеспечивая полное документальное сопровождение операций. Особое внимание уделено управлению маневровой работой: формируются наряды и заявки для маневровых локомотивов, перемещения вагонов регистрируются в реальном времени на основе сигналов СЦБ и СНС, а графическая схема станции постоянно обновляется. Это позволяет оперативно

отслеживать дислокацию подвижного состава, занятость путей, статус технологических операций и контролировать соблюдение специализации путей.

Графическое отображение данных и ведение графика исполненной работы (ГИР) позволяют в реальном времени фиксировать и визуализировать все происходящие процессы, обеспечивая надежную координацию между сотрудниками и цифровыми модулями управления. Таким образом, АСУ СТ с функциональным навигатором формирует основу цифровой станции, где все процессы синхронизированы, документированы и поддаются мониторингу. Это значительно повышает производительность, снижает риски ошибок и создает устойчивую платформу для интеграции станции в общую цифровую инфраструктуру железнодорожной сети.

3. Результаты исследования

Концептуальная структура КАСУП включает шесть взаимосвязанных подсистем, обеспечивающих комплексное управление перевозочным процессом. Каждая подсистема выполняет специализированные функции, интегрируясь с общей базой данных и интерфейсом управления. Взаимодействие подсистем в рамках Комплексной автоматизированной системы управления перевозками (КАСУП) строится на принципах интеграции, сквозного управления и единой информационной базы, что позволяет достигать согласованности и непрерывности всех этапов перевозочного процесса. Центральным элементом КАСУП выступает Интеллектуальная система управления перевозками (ИСУП), которая через две ключевые составляющие — Информационно-аналитическую систему перевозок (ИАСП) и Систему автоматического планирования перевозок (САПП) — координирует работу остальных подсистем.

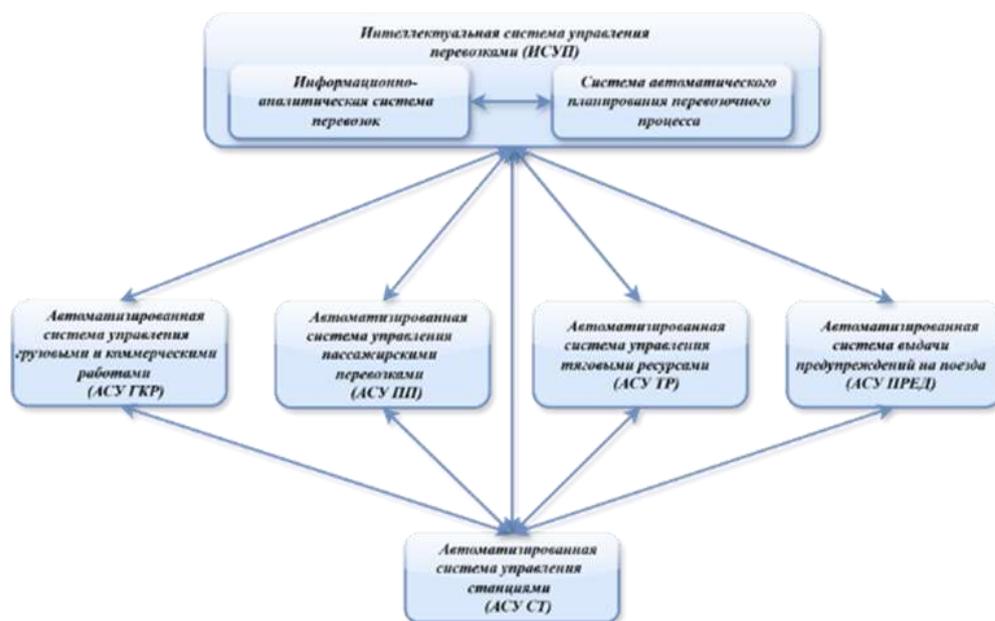


Рис. 2. Архитектура комплексной автоматизированной системы управления перевозками

ИСУП обеспечивает интеллектуальное сопровождение перевозок: анализ текущей и прогнозной ситуации, генерацию решений на основе данных из всех подсистем, формирование планов и их адаптацию в реальном времени. САПП, входящая в ИСУП, отвечает за автоматизированное планирование маршрутов, поездообразование, управление графиком движения и перераспределение ресурсов, а ИАСП формирует единую информационную основу, объединяя данные с грузовых, пассажирских, локомотивных и станционных уровней.

Автоматизированная система управления станциями (АСУ СТ) служит связующим звеном между всеми подсистемами на линейном уровне. Она реализует задачи, поставленные САПП, АСУ ГКР, АСУ ТР и АСУ ПП, обеспечивая исполнение операций в натуре. Через функциональный навигатор она получает задания, управляет маневровой деятельностью, контролирует исполнение операций и возвращает данные обратно в ИСУП для актуализации цифрового двойника сети.

Автоматизированная система управления грузовыми и коммерческими работами (АСУ ГКР) взаимодействует с ИСУП и САПП, обеспечивая передачу информации о грузах, оформленных перевозочных документах, объемах и направлении перевозок. Эти данные служат исходными для формирования оптимальных графиков и маршрутов движения.

Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками (АСУ ПП) интегрируется с САПП и ИАСП для координации пассажирских поездов в графике, обеспечения баланса между грузовыми и пассажирскими нитками, а также синхронизации работы с другими видами транспорта. Информация о пассажиропотоках и расписаниях поступает в ИСУП, что позволяет учитывать ее при планировании.

Автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУ ТР) тесно связана с САПП, получая плановые задания на формирование и распределение локомотивов, управление бригадами, а также с АСУ СТ — для синхронизации подачи локомотивов к составам. ИСУП получает от АСУ ТР данные о состоянии тяговых ресурсов, что критично для адаптивного планирования перевозок.

Автоматизированная система выдачи предупреждений на поезда (АСУ ПРЕД) обеспечивает оперативное информирование всех подсистем о возможных ограничениях, связанных с безопасностью движения — таких как ремонтные работы, неисправности и погодные условия. Эти данные учитываются в ИСУП при построении и корректировке графиков и маршрутов.

Таким образом, каждая подсистема КАСУП выполняет специализированные функции, но их взаимодействие организовано таким образом, чтобы обеспечивать единое информационное пространство, взаимную координацию и оперативное принятие решений на основе полноты и согласованности данных. Это создает основу для интеллектуального, адаптивного и устойчивого управления перевозочным процессом.

Обсуждение. Разработка концептуальной структуры КАСУП отражает стремление к интеграции всех ключевых аспектов управления перевозочным процессом в единую цифровую экосистему. Представленная архитектура, построенная на

взаимодействии шести специализированных подсистем, позволяет реализовать сквозное планирование, оперативное управление и автоматический контроль исполнения перевозок как в грузовом, так и в пассажирском сегментах.

Одной из отличительных черт КАСУП является центральная роль Интеллектуальной системы управления перевозками, включающей ИАСП и САПП. Такое решение обеспечивает высокую степень адаптивности системы: планирование и перераспределение ресурсов может производиться в реальном времени на основе данных, поступающих от всех подсистем. Это особенно актуально в условиях нестабильной транспортной ситуации, изменяющихся объемов перевозок и ограничений инфраструктуры.

Эффективное взаимодействие между подсистемами, в частности между АСУ СТ, АСУ ТР, АСУ ГКР и АСУ ПП, создаёт предпосылки для повышения оперативности и точности решений на уровне линейных предприятий. Интеграция с АСУ ПРЕД обеспечивает информационную безопасность перевозок и минимизирует риски, связанные с нарушениями регламента. Цифровизация процессов поездообразования, документирования, выдачи предупреждений и использования локомотивных ресурсов открывает возможности для широкого применения аналитики и искусственного интеллекта.

При этом успешная реализация КАСУП требует решения ряда вызовов, включая необходимость модернизации технической инфраструктуры (устройства СЦБ, системы связи, серверное оборудование), адаптацию персонала к новым технологиям и создание нормативно-правовой базы для межсистемного информационного взаимодействия.

4. Заключение

Предложенная концепция Комплексной автоматизированной системы управления перевозками обеспечивает целостный и интеграционный подход к организации и управлению железнодорожными перевозками в Узбекистане. Структура КАСУП, основанная на взаимодействии интеллектуальных и специализированных подсистем, позволяет реализовать принципы адаптивного, сквозного и прогнозного управления. Она охватывает все уровни перевозочного процесса — от стратегического планирования до исполнения операций на станции.

Информационная связность, единая база нормативно-справочной информации и цифровой двойник железнодорожной сети создают условия для перехода к более устойчивой, безопасной и экономически эффективной модели управления транспортом. Внедрение КАСУП будет способствовать не только повышению производительности железнодорожной отрасли, но и интеграции Узбекистана в международные транспортные коридоры на цифровом уровне.

Дальнейшие исследования и пилотные проекты должны быть направлены на апробацию взаимодействий между подсистемами в реальных условиях, тестирование интеллектуальных алгоритмов планирования и разработку механизмов



масштабируемости системы в рамках национальной цифровой транспортной платформы.

Использованная литература / References

[1] Ferrari A., ter Beek M.H. Formal Methods in Railways: a Systematic Mapping Study. arXiv preprint arXiv:2105.03924, 2021.

[2] Ferrari A., Mazzanti F., Basile D., ter Beek M.H. Systematic Evaluation and Usability Analysis of Formal Tools for Railway System Design. arXiv preprint arXiv:2107.05413, 2021.

[3] Vujanic R., Hill A. Computationally Efficient Dynamic Traffic Optimization of Railway Systems. arXiv:2112.06176, 2021.

[4] Krmac E., Djordjević B. An evaluation of train control information systems for sustainable railway using the analytic hierarchy process (AHP) model. European Transport Research Review, 9(3), 2017.

[5] Rahimi M. et al. A Review on Technologies for Localisation and Navigation in Autonomous Railway Maintenance Systems. Sensors, 22(11), 2022.

[6] A literature review of Artificial Intelligence applications in railway systems. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 144, 2022.

[7] Hadj-Mabrouk H. et al. Applications of AI to Rail Transport Safety: A Review. IET Intelligent Transport Systems, 2024.

[8] Soderi S., Masti D., Lun Y.Z. Railway cybersecurity in the era of interconnected systems: a survey. arXiv preprint arXiv:2207.13412, 2022.

[9] Cheremisin V. et al. Intelligent Automated System for the Monitoring of Railway Areas with a Low Transport Process Energy Efficiency. In: Proceedings of the 2017 International Conference on Industrial Engineering.

[10] Kramskoi N., Shchurov A., Ageev A. Hierarchical Model of Automated Document Management System for Railway Transport Sustainable to Compromising of Signature Keys. In: Advances in Intelligent Systems, Springer, 2024.

[11] Камалетдинов Ш.Ш. Цифровизация информационно-аналитических процессов систем оперативного управления перевозками железнодорожного транспорта: диссертация/ Ш.Ш. Камалетдинов; Ташкентский государственный транспортный университет –Ташкент: ТГТУ, 2024. – 192 с.

[12] Ерофеев А. А. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: учеб.-метод. пособие: в 2ч. Ч. /А. А. Ерофеев, Е. А.Федоров; М-во образования Респ. Беларусь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 256 с.

[13] Ерофеев А.А. Информационные технологии на железнодорожном транспорте :учеб.-метод. пособие: в 2 ч. Ч. 1/ А.А. Ерофеев ; М-во образования Респ. Беларусь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012.

Информация об авторах/ Information about the authors

Камалетдинов Шохрух / Shokhrukh Kamaletdinov Ташкентский государственный транспортный университет, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте», д.т.н. (DSc), доцент
E-mail: shoxruxkamaletdinov@gmail.com
Tel.: +998935834569
<https://orcid.org/0000-0002-4004-9736>



Railcar monitoring system based on BLE and LoRaWAN

Sh.Sh. Kamaletdinov¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The architecture of a railway rolling stock monitoring system using Bluetooth Low Energy (BLE) and LoRaWAN technologies is proposed. The aim of the development is to increase the efficiency of accounting and control of wagons by digitalizing the process. The method is to equip each car with a compact BLE beacon that transmits an identifier and telemetry, and collect these signals using LoRaWAN-enabled gateways. The key elements of the architecture are BLE beacons on wagons and stationary BLE/LoRaWAN gateways forming a multi-level star-within-a-star network. The expected advantages of the system are energy efficiency (long-term operation of beacons from a battery), a wide coverage area thanks to LoRaWAN, automated data collection in close to real time, a reduction in the proportion of manual labor and improved accuracy of operational monitoring of the location of wagons.

Keywords: Bluetooth Low Energy (BLE), LoRaWAN, BLE beacon, BLE/LoRaWAN gateway, railcar monitoring, IoT, RSSI-based positioning, gateway placement, energy efficiency, MQTT

Система мониторинга вагонов на основе BLE и LoRaWAN

Камалетдинов Ш.Ш.¹ ^a

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Предлагается архитектура системы мониторинга подвижного состава железных дорог с использованием технологий Bluetooth Low Energy (BLE) и LoRaWAN. Целью разработки является повышение эффективности учёта и контроля вагонов за счёт цифровизации процесса. Метод заключается в оснащении каждого вагона компактным BLE-маяком, передающим идентификатор и телеметрию, и сборе этих сигналов с помощью шлюзов с поддержкой LoRaWAN. Ключевыми элементами архитектуры служат BLE-маяки на вагонах и стационарные BLE/LoRaWAN-шлюзы, образующие многоуровневую сеть «звезда в звезде». Ожидаемые преимущества системы – энергоэффективность (многолетняя работа маяков от батареи), широкая зона покрытия благодаря LoRaWAN, автоматизированный сбор данных в режиме, близком к реальному времени, снижение доли ручного труда и улучшение точности оперативного контроля местоположения вагонов.

Ключевые слова: Bluetooth Low Energy (BLE), LoRaWAN, BLE-маячок, BLE/LoRaWAN-шлюз, мониторинг вагонов, IoT, RSSI-позиционирование, размещение шлюзов, энергоэффективность, MQTT

1. Введение

Цифровизация железнодорожного транспорта и применение технологий Интернета вещей (IoT) становятся ключевыми направлениями повышения эффективности и безопасности перевозок. Современные IoT-решения позволяют автоматизировать мониторинг подвижного состава, снижая зависимость от человеческого фактора и обеспечивая прозрачность управления парком [1].

Традиционные методы мониторинга имеют ограничения. Спутниковые трекеры (GPS/ГЛОНАСС) обеспечивают высокую точность, но требуют прямой видимости спутников, установки вне корпуса вагона и подключения к сотовой сети. Это повышает стоимость оборудования, увеличивает потребление энергии и усложняет обслуживание [2]. RFID-системы дешевле и эффективны на контрольных точках, однако не обеспечивают непрерывный мониторинг и требуют

затратной инфраструктуры с чувствительностью к помехам [2].

Комбинация Bluetooth Low Energy (BLE) и LoRaWAN представляет собой перспективное решение. BLE-маяки позволяют автономно передавать идентификаторы и телеметрию на короткие дистанции с минимальным энергопотреблением [3]. LoRaWAN, в свою очередь, обеспечивает дальнюю и энергоэффективную передачу этих данных на центральный сервер, охватывая большие территории [3]. Такая двухуровневая архитектура даёт масштабируемое, автономное и экономически оправданное решение для массового оснащения вагонов.

Опыт зарубежных железнодорожных операторов подтверждает эффективность подхода. Французская SNCF развернула сеть из сотен LoRaWAN-шлюзов в партнёрстве с Actility и использует платформу ThingPark для сбора данных с тысяч устройств [4]. Швейцарская SBB применила трекеры AbeeWay, которые работают до 5 лет и обновляют данные о местоположении вагонов с точностью до 20 метров.

^a  <https://orcid.org/0000-0002-4004-9736>



Помимо крупных операторов, в развитии таких систем участвуют индустриальные компании и сообщества. Платформы вроде ChirpStack и The Things Network поддерживают интеграцию через MQTT и HTTP, упрощая внедрение в корпоративные ИТ-системы. Коммерческие устройства, такие как шлюзы MOKO LW003-B и GeoTek, сочетают BLE-сканирование с LoRaWAN-передачей и работают в автономном режиме от батареи [4]. Таким образом, использование BLE/LoRaWAN открывает новые возможности в рамках концепции «цифровой железной дороги».

Работы [5,6,7] отражают поэтапное развитие исследований по применению IoT в железнодорожном транспорте. В [5] проведён сравнительный анализ беспроводных технологий и обоснован выбор LoRaWAN как оптимальной по энергоэффективности, дальности и независимости от операторов связи. В работе [6] разработана инфраструктура LoRaWAN: выбраны сетевые серверы (Actility, The Things Network), протестированы шлюзы и датчики, даны рекомендации по их применению. Работа [7] посвящена практической апробации рабочей модели отслеживания вагонов с интеграцией в платформу визуализации Tago, что подтвердило применимость решений в условиях, близких к эксплуатации. Таким образом, исследования представляют последовательный переход от выбора технологии к проектированию инфраструктуры и её опытному внедрению.

Цель статьи — представить методику и результаты проектирования гипотетической системы мониторинга

вагонов на основе BLE-LoRaWAN. В работе описывается архитектура сети, обзор оборудования, моделирование сценариев эксплуатации и преимущества по сравнению с традиционными решениями.

2. Методика исследования

Архитектура и топология сети

Система построена по многоуровневой схеме. На вагонах устанавливаются BLE-маяки, передающие уникальные идентификаторы и телеметрию (рис.1). Стационарные или мобильные шлюзы (BLE + LoRaWAN) принимают эти сигналы и пересылают данные на сервер через LoRa-сеть. Сеть организована по топологии «звезда звёзд»: BLE-маяки работают на «последней миле», а LoRaWAN — на магистральной передаче данных. Такая архитектура обеспечивает масштабируемость, избыточность и отказоустойчивость [5][6].

Аппаратные компоненты

Каждый вагон оснащается BLE-маячком в герметичном корпусе (IP65/67), работающем до 5 лет от батареи. Маяк вещает идентификатор, RSSI и опциональную телеметрию (температура, ускорение и др.). Мощность и частота передачи настраиваются. Радиус действия — до 100 м на открытом воздухе и 10–20 м в застроенной среде. Кодировка UUID позволяет однозначно связать маяк с конкретным вагоном.

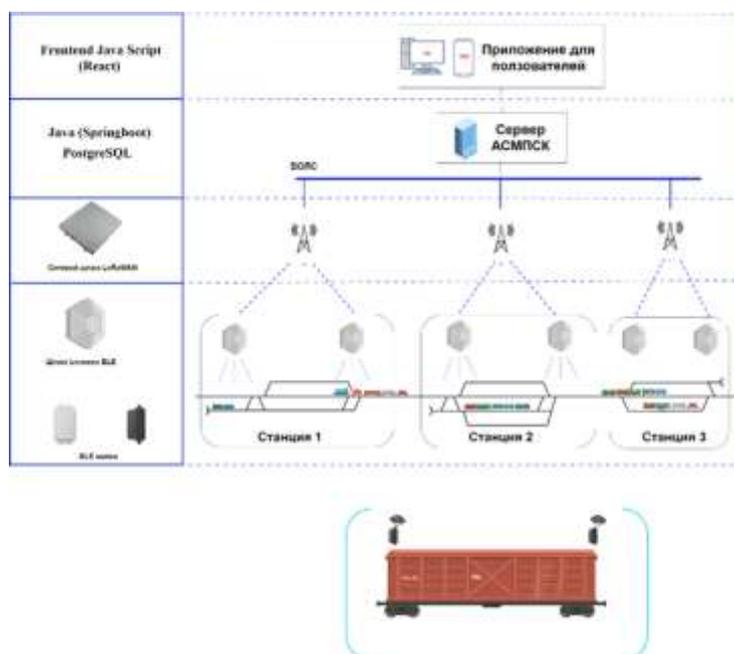


Рис. 1. Архитектура и топология сети на основе BLE/LoRaWAN

шлюзы объединяют BLE-приёмник и LoRaWAN-модем. Они принимают BLE-сигналы от десятков маяков и отправляют данные на сервер через LoRaWAN. Типичный пример — WavePointer Gateway или MOKO LW003-B с поддержкой Ethernet, Wi-Fi и LTE [7]. Шлюзы работают в диапазоне 863–870 МГц (EU868), используют 8 каналов приёма и внешние антенны LoRa

с дальностью до 15 км. BLE-антенны встроены. Корпуса защищены, предназначены для внешнего монтажа.

Каждый шлюз конфигурируется под частотный план (EU868 или RU864), задаются сетевые параметры (DevAddr, NetID), каналы, мощность передачи. Устройства BLE, передающие через LoRaWAN, регистрируются по OTAA (Over-the-Air Activation),

обеспечивая безопасность и масштабируемость.

Шлюзы фильтруют BLE-устройства по сигнатуре UUID или MAC, игнорируя «шум» от смартфонов и других систем. Поддерживаются разные режимы передачи: непрерывная, пакетная, с агрегацией или усреднением RSSI, что оптимизирует энергопотребление и пропускную способность.

Данные передаются либо по MQTT-топикам (например, `application/railwagons/deviceID/up`), либо через REST API (HTTP POST-запросы). Серверная часть подписывается на MQTT и обрабатывает события в реальном времени. Возможна настройка нескольких каналов доставки (основной, резервный, BI-система) [8].

Шлюзы поддерживают OTA-обновление конфигурации и прошивок через LoRa-сообщения. Все параметры могут быть изменены удалённо: частоты, фильтры, расписания передачи.

Серверная инфраструктура

Центральный сервер включает:

- LoRaWAN Network Server (например, ChirpStack) для приёма пакетов и устранения дубликатов;

- брокер сообщений (RabbitMQ, Kafka);
- сервис обработки событий (бизнес-логика);
- базу данных (PostgreSQL с PostGIS).

Каждое событие (обнаружение вагона) содержит ID, шлюз, время, RSSI и, при наличии, телеметрию (температура, удар). Фильтруются повторы, агрегируются дубли. Бизнес-логика преобразует события в события «прибытие», «убытие», «простой», «отклонение от маршрута».

Сообщения ставятся в очередь, разгружая систему при пиковых нагрузках. Множественные обработчики читают из очереди параллельно. Такой подход обеспечивает горизонтальное масштабирование и отказоустойчивость.

Система предоставляет REST API и веб-интерфейс. Реализована диспетчерская панель с актуальным положением вагонов, статусами маршрута и аналитикой: время нахождения на станции, в пути, в ремонте и т. д. Поддерживаются алерты по e-mail или SMS в случае нештатных ситуаций (сход, отклонение, потеря связи).

В случае отсутствия связи шлюзы буферизуют до 20 000 событий, передавая их при восстановлении соединения. Вся система может быть развёрнута в контейнерах с резервированием компонентов.

API защищено аутентификацией (API-ключи, OAuth2), возможна разграниченная видимость по группам вагонов (мультитенантность). Все действия логируются.

3. Результаты исследования

Размещение шлюзов на объектах инфраструктуры

На крупных станциях с десятками путей и сотнями вагонов размещаются несколько BLE/LoRaWAN-шлюзов, формирующих сеть с перекрывающимся покрытием. Они устанавливаются в стратегических точках — на мачтах освещения, административных зданиях, горочных башнях. Один шлюз с внешней антенной способен технически охватывать до 15 км радиуса на открытой местности, однако в условиях плотной застройки и экранирования вагонами радиус

уменьшается до 1–2 км. Поэтому для уверенного покрытия применяются группы шлюзов, размещённые линейно вдоль путей. В случае перекрытия зоны тремя и более шлюзами возможно приблизительное позиционирование вагонов методом триангуляции по уровню BLE-сигнала (RSSI). Такая избыточность значительно повышает надёжность: при затенении сигнала одним объектом его подхватывает другой шлюз. Топология системы может быть как звездообразной, так и с элементами ретрансляции (mesh) в случае вытянутых участков или сложной планировки.

В локомотивных и вагонных депо масштабы меньше, поэтому обычно достаточно одного-двух шлюзов. Внутри депо радиосвязь осложнена металлическими конструкциями, поэтому BLE-ретрансляторы размещаются внутри цехов, а основной шлюз — на внешней стене или крыше. BLE фиксирует нахождение вагона в пределах 30–50 м, позволяя точно определить его прибытие или убытие из помещения. Если сигнал не может быть немедленно передан (например, при нахождении вагона в экранированном боксе), данные буферизуются во внутренней памяти до появления связи. Передача осуществляется через Ethernet, Wi-Fi или сотовую связь, либо через корпоративную сеть LoRaWAN. Такая схема обеспечивает полное покрытие, включая «сложные» зоны внутри зданий.

Анализ работы в различных сценариях

Для оценки эффективности были проанализированы три ключевых сценария: работа на станции, в депо и на перегоне. Каждый из них предъявляет свои требования к архитектуре системы.

На станциях наблюдается высокая плотность вагонов и частая смена их положения в результате маневров. При подаче состава на приёмо-отправочный путь вагоны автоматически фиксируются шлюзом. Расположение шлюзов на возвышенности (мачтах, крышах) позволяет преодолеть возможные помехи от зданий или подвижного состава. Испытания показали, что BLE-маяки уверенно распознаются на расстоянии до 100 м в открытом пространстве. Для крупных станций предусматривается масштабирование с использованием нескольких шлюзов, объединённых в единую сеть. При этом сигнал каждого маяка может быть зарегистрирован несколькими шлюзами, что увеличивает вероятность точного распознавания. Регистрация событий (прибытие, убытие) происходит практически в реальном времени — средняя задержка от момента события до появления его в системе составляет менее 3 секунд. При отказе одного из шлюзов система автоматически компенсирует потери за счёт соседних узлов либо оперативной замены неисправного шлюза.

Депо отличаются ограниченным пространством и экранирующими факторами (металлоконструкции, стены, оборудование). Поэтому здесь применяется смешанная архитектура: один внешний LoRaWAN-шлюз для передачи данных и один или несколько внутренних BLE-приёмников. Радиус действия снижается до 10–20 м, однако этого достаточно для типового депо. Если вагон глубоко в боксе и сигнал не проходит наружу, данные сохраняются и передаются при восстановлении канала (например, при открытии ворот или выводе вагона наружу). Система точно фиксирует события прибытия и выбытия на ремонт, а также передаёт показания с бортовых сенсоров —



температура, перегрузки, состояние узлов. Это позволяет удалённо следить за соблюдением температурного режима хранения и условиями обслуживания. Отказоустойчивость обеспечивается за счёт локальной буферизации, резервных каналов связи и питания шлюзов, что делает работу системы надёжной даже при временной потере внешней сети.

4. Заключение

Гибридная система на базе BLE и LoRaWAN обеспечивает высокую масштабируемость для мониторинга больших парков вагонов. LoRaWAN поддерживает подключение тысяч устройств без лицензий и с низкими затратами. Один шлюз способен обслуживать сотни вагонов, поскольку устройства передают небольшие пакеты только при событиях. Добавление новых вагонов не требует изменений в инфраструктуре — достаточно установить BLE-маяк. Практика (например, опыт SNCF с 6000 IoT-модулями и 500 шлюзами) подтверждает возможность охвата всей сети. LoRaWAN способен поддерживать миллионы устройств на км² при оптимальной настройке, что позволяет расширять систему от пилотного участка до национального масштаба без узких мест.

BLE-маяки и LoRaWAN обеспечивают автономную работу устройств до 7–10 лет. BLE передаёт короткие пакеты раз в несколько секунд с минимальным энергопотреблением. Передача по LoRaWAN — редкая и энергооптимизированная. Комбинированная архитектура (BLE + LoRa) позволяет вагону использовать BLE в зоне действия шлюза, а LoRaWAN — при отсутствии покрытия. GPS включается только при необходимости. Расчёты и натурные испытания подтверждают низкое потребление: BLE/LoRaWAN-трекер с батареей 2400 мА·ч работает до 7 лет при умеренной частоте отправок. Такая архитектура сводит к минимуму обслуживание и упрощает установку оборудования.

LoRaWAN обладает высокой помехоустойчивостью, использует разнообразные частотные каналы и спрэдинг-факторы. Сеть строится по топологии «звезда» с перекрывающимися зонами действия шлюзов, исключая единую точку отказа. Вагоны буферизуют данные и используют механизмы повторной передачи. При потере связи по BLE активируется LoRaWAN. Система обнаруживает сбои датчиков и аварии (удар, наклон, остановка движения), передавая сигналы тревоги. Последняя позиция вагона сохраняется даже при полном разрушении устройства.

При выходе из строя шлюза сигнал перехватывает соседний. На станциях размещаются резервные приёмники. При потере сигнала от вагона система определяет проблему по тайм-ауту, пытается восстановить связь и сохраняет последнюю траекторию. Вагоны в спящем режиме не считаются потерянными — данные восстанавливаются при появлении сигнала.

В отличие от ручного ввода данных и RFID, BLE/LoRaWAN обеспечивает автоматический мониторинг с передачей дополнительных параметров (температура, удары и др.) и дальностью до 100 м. В сравнении с GSM/спутниковыми трекерами система дешевле, автономнее и не зависит от сторонних операторов. В отличие от NB-IoT и Sigfox, LoRaWAN не

требует абонентской платы и адаптируется под потребности инфраструктуры. Передача событийных данных вместо непрерывного потока снижает нагрузку на сеть.

Система может быть расширена дополнительными датчиками (вибрации, износ, подшипники), с локальной предобработкой данных и передаче только аномалий. Возможно добавление обратного канала для настройки и управления устройствами (FOTA, индикация). Такие возможности сделают систему гибкой и интерактивной.

Использованная литература / References

- [1] Интернет вещей // RZD Digital : [rzddigital.ru]. — [Б. м.], [2022 г.]. — URL: <https://rzddigital.ru/technology/internet-veshchey/> (дата обращения: 04.08.2025).
- [2] GPS vs. RFID Railroad Tracking: Which is Better for Railcar Tracking? // GeoForce. URL: <https://www.geoforce.com/gps-vs-rfid-railroad-tracking/> (дата обращения: 04.06.2025).
- [3] Indoor Positioning with BLE and LoRa: A Comparative Approach // IoT For All. URL: <https://www.iotforall.com/indoor-positioning-ble-and-lora> (дата обращения: 01.06.2025).
- [4] SNCF uses LoRaWAN IoT to monitor assets, infrastructure and rolling stock // Actility. URL: <https://www.actility.com/sncf-blog/> (дата обращения: 28.07.2025).
- [5] Арипов, Н. М., Камалетдинов, Ш. Ш., Тохиров, Н. С. Выбор беспроводной технологии среди интернета вещей для совершенствования организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте // Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education and Training. – 2022. – № 8. – С. 96–104. – ISSN 2181 9750.
- [6] Арипов, Н. М., Камалетдинов, Ш. Ш., Тохиров, Н. С. Развитие инфраструктуры сети LoRaWAN для организации управления перевозками на железнодорожном транспорте // Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education and Training. – 2022. – № 8. – С. 104–114. – ISSN 2181 9750.
- [7] Арипов, Н. М., Камалетдинов, Ш. Ш., Тохиров, Н. С. Практическое применение технологии LoRaWAN для отслеживания подвижного состава на железнодорожном транспорте // Academic Research in Educational Sciences. – 2022. – Т. 3, № 8. – С. 45–55. – ISSN 2181 1385.
- [8] LoRa network architecture. Download Scientific Diagram https://www.researchgate.net/figure/LoRa-network-architecture_fig1_307965130
- [9] WavePointer GATEWAY <https://www.wavepointer.com/en/products/gateway>
- [10] Bluetooth-шлюз LoRaWAN | Двойное подключение и масштабируемость MQTT - ChirpStack open-source LoRaWAN® Network Server documentation <https://www.chirpstack.io/docs/chirpstack/integrations/mqtt.html#Ferrari A., ter Beek M.H. Formal Methods in Railways: a Systematic Mapping Study. arXiv preprint arXiv:2105.03924, 2021.>



**Информация об авторах/
Information about the authors**

Камалетдинов Ташкентский государственный
Шохрух / транспортный университет, доцент
Shokhrukh кафедра «Управление
Kamaletdinov эксплуатационной работой на
железнодорожном транспорте», д.т.н.
(DSc), доцент

E-mail:

shoxruhkamaletdinov@gmail.com

Tel.: +998935834569

<https://orcid.org/0000-0002-4004-9736>

Assessment of the load-bearing capacity of highway bridge structures for the transit of non-standard loads

I.A. Mengliev¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes the determination of a bridge's load-carrying capacity to transmit non-standard loads on automobile bridge structures. By pre-assessing the ability to carry non-standard loads on bridges, it is possible to answer whether such loads can be transmitted or not. After determining the load-bearing and calculation processes, it becomes possible to establish the feasibility of transmitting the load.

Keywords: automobile bridges, non-standard load, bridge scheme, support elements, carriageway section, framed girders, influence line

Avtomobil ko'prik inshootidan nome'yoriy yukni o'tkazish uchun uning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash

Mengliyev I.A.¹ 

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada avtomobil ko'prik inshootlariga nome'yoriy yukni o'tkazish uchun ko'prikning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash tahlil qilingan. Ko'priklardan nome'yoriy yuklarni o'tkazishda oldindan buni tekshirib ko'rish orqali bunday yuklarni o'tkazish mumkinmi yoki yo'q shu savolga javob olinadi. Yuk ko'tarish va hisoblash ishlari aniqlangandan keyin yuk o'tkazish mumkinligini aniqlash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: avtomobil ko'priklari, nome'yoriy yuk, ko'prik sxemasi, tayanch qismlari, Qatnov qism, tavrli to'sinlar, ta'sir chizig'i

1. Kirish

Jahonda ko'priklar har qanday transport tizimining ajralmas qismi bo'lib, ularning ishonchligi va xavfsizligi butun dunyoda dolzarb masala hisoblanadi. Bugungi kunda ko'priklarning eskirishi, ortib borayotgan yuklamalar, tabiiy ofatlar va moliyaviy cheklorlar kabi muammolar global darajada ahamiyat kasb etmoqda. Ko'plab ko'priklar o'tgan asrda qurilgan bo'lib, zamonaviy transport va iqlim sharoitlariga mos emas. Ushbu masalalar ko'priklarning mustahkamligi va uzoqqa chidamliligini ta'minlash uchun yangi texnologiyalar, innovatsion materiallar, ilg'or loyihalash va hisoblash usullarini joriy etish eng muhim masalalardan hisoblanadi. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda xususan, AQSh, Shveysariya, Janubiy Koreya, Rossiya, Xitoyda ko'priklar, yo'llar va boshqa transport inshootlarini loyihalash zamonaviy ilg'or texnologiyalar hamda loyihalashning texnik vositalaridan foydalanish yo'li bilan amalga oshirilmoqda. Shu jihatdan avtoyo'l yo'l ko'priklari inshootlarining oraliq qurilmalarini transport yuklari ta'siriga hisoblash usullarini takomillashtirish oraliq qurilmalarning yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish maqsadida zamonaviy va innovatsion hisoblash texnologiyalarni qo'llash jarayonlariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda ko'priklari inshootlarning hajmi-rejalash yechimlarini takomillashtirishga, materiallarning turli xil yuklanish va ta'sirlar ostidagi haqiqiy o'ziga xos tomonlari

va xususiyatlarini e'tiborga oluvchi inshootlarni hisoblash nazariyasi va uslublariga alohida e'tibor qaratiladi. Ko'priklari inshootlar oraliq qurilmalariga oid yangi prinsipial konstruktiv yechimlaridan foydalangan holda, ularni bikrlilik, mustahkamlik va chidamlilikka hisoblash usullarini takomillashtirish, shuningdek ularga nisbatan yetakchi texnologiyalar va loyihalash vositalarini qo'llashga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, Avtomobil yo'l ko'priklarining temirbeton oraliq qurilmalarini yuk ko'tarish qobiliyatini hisoblash usullarini takomillashtirish va yuk ko'tarish qobiliyati va mustahkamligini oshirish, ko'prik konstruksiyalarini tashqi ta'sirlar ostida deformatsiyalanish jarayonlarini baholashga doir samarali usullarni ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biri hisoblanmoqda.

Respublikamizda alohida e'tibor yo'l-transport qurilishi sohasini rivojlanishiga, turli ta'sir ostidagi ko'priklari inshootlarning qurilayotgan obyektlari mustahkamligini ta'minlash tizimini takomillashtirish va yaratish choralarini amalga oshirilishiga ham qaratiladi. Xususan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 y. 28 yanvardagi "Yangi O'zbekistonni 2022-2026 y.y. rivojlantirish strategiyasi haqida" gi PF-60-son farmonida hayotiy muhim masalar belgilangan. Bu masalalarni hal qilishda ko'priklari, yo'l o'tkazgichlarni turli yuklanishlar ostida hisoblash usullarini o'rganish va takomillashtirish, shuningdek zamonaviy vaqtincha harakatlanuvchi transport yuklarini oraliq qurilmalar deformatsiyalanishiga ko'rsatadigan ta'sirini

 <https://orcid.org/0000-0002-3235-1521>



tahlil qilish va hisoblash usullarini takomillashtirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

A-380 avtomobil yo'lining 640+200 km dagi ko'prikan og'ir vaznli va katta gabaritli nome'yoriy yukni o'tishi rejalashtirilishi bilan ko'rikdan o'tkazish ishlari bajarilgan.

Ko'rik inshooti haqida qisqa ma'lumotlar quyidagicha:

- ko'rik uzunligi –15,50 m.
- ko'priknining bo'yilama o'qi bo'yicha sxemasi – 1x15 m;
- kenglik bo'yicha gabariti – G - 12,0;
- piyda yo'lakchalari (trotuarlar) – yig'ma, kengligi - 100 sm.
- ekspluatatsiyaga topshirilgan yili – ko'rik taxminan 1978-1980 yy. qurilgan.
- to'siq – kanal.
- ko'rik tirqishi – 14,0 m.
- loyihaviy yuklanishlar – A11 va NK-80.
- avtomobil yo'li toifasi – I.
- yo'l tasamallari soni – 2.
- oraliq qurilma turi – to'sinli (uzlukli).
- ko'rik qatnov qismi qoplamasi ustki qismi tipi – asfaltbeton.
- qatnov qismi qoplamasi qatlamlarining o'rtacha qalinligi –20-22 sm.
- to'siq panjaralari (perila) –temirbeton.
- barerli to'siq - yig'ma temirbetondan.
- tayanch qismlari – yo'q.

Oraliq qurilma tavr kesimli, zo'riqtirilmagan armaturali, uzunligi 15 metrli 8 ta to'sindan iborat. To'sinlar qatnov qismi plitasining qalinligi 15 sm bo'lib, plitalari sathida temirbeton monolitlash choklari yordamida o'zaro tutashirilgan. To'sinning hisobiy oralig'i 14,40 m, to'sinlar balandligi 90 sm. To'sinlar qovurg'alari orasidagi masofa 170 sm. Oraliq qurilma betoni sinfi – B25.

Ko'priknining qirg'oq tayanchlari – 8 dona bir qatorli qoziqoyoqlarga o'rnatilgan monolit temirbetondan iborat, qoziqoyoqlar kesimi 30x35 sm, qoziqoyoqlar qoqilgan chuqurligi haqida ma'lumotlar yo'q. Qirg'oq tayanchlari qoziqlari o'lchamlari: uzunligi - 14,10 m, kengligi - 60 sm, balandligi - 45 sm. Shkaf devorlari temirbeton konstruksiyalardan ishlab chiqilgan. Ko'priknining umumiy ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan. Qatnov qismi yuzasida har tomonga tarqalgan yoriqlar (darzlar), asfaltbeton qoplamasida o'yiqlar mavjud. Ko'priknining o'ng tarafidagi temirbeton perila panjaralari buzilib yo'q bo'lib ketgan. Bordyurlar qiyshaygan va buzilib ketgan (2-rasm).



1-rasm. Ko'priknining umumiy ko'rinishi

Ekspluatatsiya jarayoni davomida gidrozolyatsiyaning himoyalash xususiyatlari yo'q bo'lib ketgan. Buni tayanch qoziqlari hamda oraliq qurilmalarning monolitlangan choklarida betonni ishkorli yuvilish holatlarida ko'rish mumkin. Oraliq qurilma to'sinlarining o'rta qismlarida,

to'sinlarning qovurg'alarida beton ko'chkilar mavjud bo'lib, monolitlash choklarida himoya qatlamlar kamayishi hisobiga ko'ndalang armaturalar ko'rinib qolgan (3-rasm). Shu sababli 3-, 4-, 5- 6-, 8-chi to'sinlar bikrligi kamaygan.



2-rasm. Ko'prikan asfaltbeton qoplamasidagi yoriqlar



3-rasm. Oraliq qurilma plita qismidagi shikastlanishlar



4-rasm. Oraliq qurilmani yuklantirish va plita qismidagi shikastlanishlar

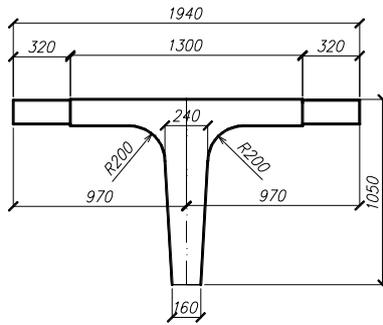
Vaqtincha transport yuki sifatida nogabarit transport vositalaridan tushadigan me'yordan ortiq yuk ko'rib chiqildi. Bunda vazni 527,5 t bo'lgan umumiy yuk, soni 22 dona va oralig'i 1,5 m ni tashkil etuvchi treyler o'qlariga bo'yilama yo'nalish bo'yicha taqsimlangan.

Shunda har bir treyler o'qiga tushadigan yuk 23,98 t balsa, u holda nome'yoriy yukning sinfi $K_e=23,69$ ga teng bo'ladi. Oraliq qurilma ko'ndalang kesimi bo'yicha yuk uchta g'ildirakka ajratilgan va vaznlari 7,99 t bo'lgan jamalama yuk ko'rinishida taqsimlangan (4-rasm).

Oraliq qurilmaga bitta to'siniga ta'sir etuvchi doimiy yukning 1 m uzunlikdagi qiymati 1-jadvaldan olinadi. Oraliq qurilmaga ta'sir etuvchi doimiy yuk hisobiy uzunligi 14,4 m tavrli to'sinlarning o'z og'irligi hamda qatnov qismi qoplamasi qatlamlari vaznlaridan tashkil topadi.

Hisobiy uzunligi 14,4 m tavrli to'sinlar uchun (5-rasm), normal kesimdagi chegaraviy eguvchi moment [2] ga muvofiq $M_{qpyi}=140,9$ tm tashkil etadi.





5-rasm. Temirbeton qovurg'ali tavrli to'sin kesimi

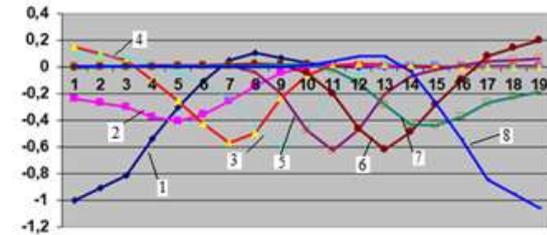
Oraliq qurilma plitalari orasida og'ir vaznli transport yukining taqsimlanishi. Ishlab chiqilgan usul [3] bo'yicha oraliq qurilma to'sinlari uchun zo'riqish kuchi bosimining ta'sir chizig'i quriladi. Sterjenli tizimni hisoblash uchun uning bikrlilik parametrlarini kiritamiz, buning uchun ko'prikn ko'rikdan o'tkazishda aniqlangan nuqsonlarga qarab shikastlanishlar foizini [4] da keltirilgan 3.2-rasmdagi grafiklardan aniqlaymiz. Ushbu nuqsonlar tahlilidan hisobiy uzunligi 14,4 m bo'lgan 5 dona to'sinlar har birining bikrligi 12% foizga pasaygani ma'lum bo'ldi.

6-rasmda har bir to'singa taqsimlanuvchi tashqi nome'yoriy yukdan paydo bo'lgan ichki zo'riqish kuchi bosimining ta'sir chizig'i epyuralari keltirilgan. KTK qiymatlarini treyler g'ildiraklari ostidagi ichki zo'riqish kuch bosimi ta'sir chizig'i ordinalari yig'indisi orqali aniqlaymiz.

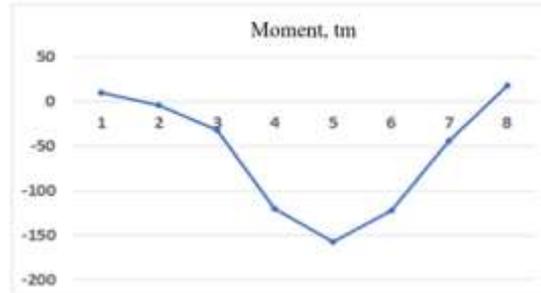
Oraliq qurilmaga qabul qilingan nome'yoriy yuklanish o'rta g'ildiragi 5-chi to'singa to'g'ri keladigan treylerning bitta qatnov tasmasini ko'zda tutadi. Bitta yuklanish tasmasidan KTK qiymati oraliq qurilmada o'rnatilgan uchta o'qli aravachaga mos ta'sir chiziqlari ordinalati yig'indilaridan aniqlanadi:

1-jadval

Yuklarning turi, qatlamlari bo'yicha	Me'yoriy qiymati, t/m	Ishonchlilik koef-ti γ_f	Hisobiy qiymati, t/m
Qatnov qismi asfaltbetonining qalinligi 20 sm (tekshiruv natijalari bo'yicha), ($\gamma = 2,3 \text{ t/m}^3$)	0,782	1.5	1,173
Qalinligi 4 sm himoya qatlami ($\gamma = 2,5 \text{ t/m}^3$)	0,17	1.3	0,221
Qalinligi 1 sm gidrozolyatsiya ($\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$)	0,025	1.3	0,033
Qalinligi 3 sm tekislovchi qatlam ($\gamma = 2,5 \text{ t/m}^3$)	0,128	1.3	0,166
Balandligi 90 sm temirbeton karkas to'sini ($\gamma = 2,5 \text{ t/m}^3$), yo'laklardan tushadigan yukni hisobga olanda	0,935	1.1	1,029
J A M I	1,704		2,119



6-rasm. Har bir to'sin uchun qurilgan ichki zo'riqish bosimining ta'sir chizig'i: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – to'sinlar soni



7-rasm. Nome'yoriy yuk ta'siri natijasida oraliq qurilma to'sinlari bo'yicha eguvchi momentning taqsimlanishi

$$KTK_{NK} = (u_1 + u_3 + u_4)/3 = (0,206 + 0,63 + 0,204)/3 = 0,3467$$

Bu yerda u_1, u_3, u_4 – 5-chi yuklangan ta'sir chizig'i ordinalari.

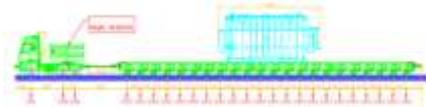
Oraliq qurilmaning holatida ko'tarish qobiliyatini aniqlash. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, andozaviy loyihada keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra to'sindagi chegaraviy moment quyidagiga teng:

$M_{cheg} = 140,9$ tm. Doimiy yukdan oraliq qurilmadagi hisobiy eguvchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

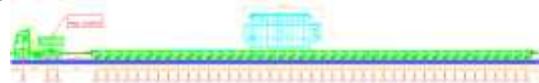
$$M_{doim} = \frac{1}{8} q_{doim} \times l^2 = \frac{1}{8} 2,119 \times 14,4^2 = 69,23 \text{ tm.}$$

Ishlab chiqilgan usul[3] va hisoblash dasturidan to'sinlar bo'yicha aniqlangan momentlar epyurasining qiymatlari 7-rasmda keltirilagan.

a)



b)



8-rasm. Nome'yoriy yukni treyler o'qlariga taqsimlanishi: a) mavjud sxema, b) taklif etilayotgan sxema

Me'yordan ortiq yukni o'tkazish bo'yicha oraliq qurilmani yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash. Yuklanish bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$\gamma_{fAT} = 1,0.$$

Yuk kichik tezlik bilan harakatlanganligi sababli yuklanish uchun dinamik koeffitsiyent quyidagicha bo'ladi: $(1 + \mu) = 1,0$.

To'sindagi moment $M_{vaq} = 157,312$ tm $K_3 = 23,98$ hisobga olinganida, quyidagilarni e'tiborga olib yukning ruxsat etilgan sinfini aniqlaymiz:



$$K_D = \left(\frac{M_{cheg} - M_{doim}}{M_{vaq}} \right) K_E = \frac{140,9 - 69,23}{157,312} 23,98 = 10,93$$

Demak oraliq qurilmaning yuk ko'tarish qobiliyati $P=10,93t < 23,99t$ kamaygan. Ko'prik yukni ko'tara olmaydi. Shuning uchun ko'prikda ta'mirlov ishlarini bajarish darkor va treyler o'qidan tushayotgan yukni konstruktiv usulda kamaytirish tavsiya etiladi (8-rasm).

3. Xulosa

A-380 avtomobil yo'lining 640+200 km dagi ko'prikdan nome'yoriy yukni o'tqazish uchun uning yuk ko'tarish qobiliyati baholandi. Ko'prikning oraliq qurilmasi tavr kesimli zo'riqtirilmagan armaturali uzunligi 15 metrli 8 ta to'sindan iborat. To'sinlar plitasining qalinligi 15 sm va plitalari sathida joylashgan temirbeton monolitlash choklari yordamida o'zaro tutashtirilgan. To'sinning hisobiy oralig'i 14,40 m, to'sinlar balandligi 90 sm. To'sinlar qovurg'alari orasidagi masofa 170 sm atrofida. Oraliq qurilma materiali – B25 sinfli temirbetondan. Yaratilgan usulda oraliq qurilma to'sinlarida bosimning ta'sir chizig'i yuklanish o'qlari ostida ordinatalar qiymati bo'yicha o'tkazildi. Buning uchun ishlab chiqilgan dastur bo'yicha ko'ndalang taqsimlash koeffitsiyentini (KTK) aniqlash masalasi yechildi, ruxsat etilgan yuk sinfi nome'yoriy yuk sinfidan deyarli **2,19 barobar** kamligi aniqlandi. Shuning uchun ko'prikda ta'mirlov ishlarini bajarish darkorligi qayd qilindi va yuklarni o'tkazish uchun ko'prik konstruksiyalarini kuchaytirish ishlari kerakligi va yuk tashuvchi treylerning yangi sxemasi taklif etildi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Примеры расчёта железобетонных мостов Я. Д. Лившиц, М. М. Онищенко, А. А. Шкуратовский (60-68)
- [2] СЕРИЯ 3.503.1-81.UZ. Пролетные строения сборные железобетонные длиной 21, 24 и 33 м из балок двутаврового сечения с предварительно напрягаемой арматурой для мостов и путепроводов на автомобильных и городских дорогах, Выпуск 0-1 "Д", Ташкент, 2012.
- [3] Transport yukidan ko'prik oraliq qurilmasining ixtiyoriy bosh to'singa tushadigan bosim ulushini aniqlash usulini hisoblash va analitik usul bilan solishtirish "Memorchilik va qurilish muammolari" 2025, 2-son.
- [4] В.И. Шестериков. Нормирование предельных повреждений по результатам исследования работоспособности и ремонтпригодности железобетонных балок пролетных строений мостовых сооружений. Росдорнии, с.170-185.
- [5] Internet saytlari <http://am-bridge.com/>.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Mengliyev Tashkent davlat transport universiteti
Ismoil / "Amaliy mexanika" kafedrasi
Ismoil v.b.dotsenti, t.f.f.d., (PhD),
Mengliev E-mail:
ismoilmengliyev399313@gmail.com
Tel.: +998911323993
<https://orcid.org/0000-0002-3235-1521>



Efficiency of improving road safety and using innovative technologies in vehicle management

Z.Z. Musurmonova¹ 

¹Polytechnic School No. 2 "ICHTU" of Sharof Rashidov District, Jizzakh, Uzbekistan

Abstract: This article discusses the factors that contribute to improving road safety and the effectiveness of using innovative technologies in the process of driving vehicles. The main causes of road accidents, modern approaches to their reduction and best practices are analyzed. The importance of information and communication technologies, intelligent transport systems, artificial intelligence and digital control methods in transport management is shown. The advantages of using intelligent systems in ensuring the safety of drivers and passengers, the possibilities of increasing environmental sustainability and effective management of road infrastructure are also studied. The results of the study show that innovative technologies play an important role in ensuring safety in the transport sector, reducing road accidents and forming a sustainable traffic system. In addition, this article emphasizes the importance of improving road safety and the role of innovative technology in driving vehicles, and the need for science and research in this area. Technology plays a key role in solving road safety problems by providing innovative technological solutions to improve infrastructure, reduce risks, and improve driver behavior. Vehicle safety systems are becoming the focus of innovation. Today, cars have various technologies developed with advanced technologies to protect not only passengers and drivers, but also pedestrians. It is also noted that in a number of developed countries, it is important to ensure the safe movement of vehicles that do not have basic safety characteristics that meet safety standards.

Keywords: vehicles, road safety, smart transport system, innovative technologies, road safety, mobile technologies, modeling, drivers, digital media

Transport vositalarini boshqarishda yo‘l harakati xavfsizligini oshirish va innovatsion texnologiyalardan foydalanishning samaradorligi

Musurmonova Z.Z.¹ 

¹Sharof Rashidov tumani 2-son Politeknikumi "ICHTU", Jizzax, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada transport vositalarini boshqarish jarayonida yo‘l harakati xavfsizligini oshirish omillari hamda innovatsion texnologiyalardan foydalanish samaradorligi yoritilgan. Yo‘l-transport hodisalarining asosiy sabablari, ularni kamaytirish bo‘yicha zamonaviy yondashuvlar va ilg‘or tajribalar tahlil qilingan. Transport boshqaruvida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, aqlli transport tizimlari, sun‘iy intellekt va raqamli nazorat usullarining ahamiyati ko‘rsatib berilgan. Shuningdek, haydovchi va yo‘lovchilar xavfsizligini ta‘minlashda intellektual tizimlardan foydalanishning ustunliklari, ekologik barqarorlikni oshirish hamda yo‘l infratuzilmasini samarali boshqarish imkoniyatlari o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari transport sohasida xavfsizlikni ta‘minlash, yo‘l-transport hodisalarini kamaytirish va barqaror harakatlanish tizimini shakllantirishda innovatsion texnologiyalarning muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi. Bundan tashqari ushbu maqolada transport vositalarini boshqarishda yo‘l harakati xavfsizligini oshirish va innovatsion texnologiyaning roli qanchalik muhim ekanligi hamda bu boradagi ishlarni amalga oshirishda ilmiylikni talab qilishi bilan birga izlanuvchanlikni ham talab qilib keladi. Texnologiya infratuzilmani yaxshilash, xavflarni kamaytirish va haydovchilarning xatti-harakatlarini yaxshilash uchun innovatsion texnologiyalar bilan yechimlarni taqdim etish orqali yo‘l harakati xavfsizligi muammolarini hal qilishda muhim rol o‘ynaydi. Avtomobil xavfsizligi tizimlari innovatsiyalarning markaziga aylanmoqda. Bugungi kunda avtomobillar nafaqat yo‘lovchilar va haydovchilarni, balki piyodalarni ham himoya qilish uchun yuqori texnologiyalar bilan ishlab chiqilgan turli xil texnologiyalarga egadir. Rivojlangan bir qancha mamlakatlarda xavfsizlik standartlariga javob beradigan asosiy xavfsizlik xususiyatlariga ega bo‘lmagan texnik xizmat ko‘rsatadigan transport vositalari xavfsiz harakatlanish muhim ekanligi ham keltirib o‘tilgan.

Kalit so‘zlar: transport vositalari, yo‘l harakati xavfsizligi, aqlli transport tizimi, innovatsion texnologiyalar, yo‘l harakati xavfsizligi, mobil texnologiyalar modellashtirish, haydovchilar, raqamli media

 <https://orcid.org/0009-0008-9286-2172>



1. Kirish

Bugungi kunda transport vositalarining soni yildan-yilga ortib borishi yoʻl harakati xavfsizligini taʼminlash masalasini dolzarb muammolardan biriga aylantirmoqda. Jahon tajribasi shuni koʻrsatmoqdaki, yoʻl-transport hodisalarining asosiy sabablari haydovchi xatosi, yoʻl infratuzilmasidagi kamchiliklar hamda transport oqimining boshqaruv tizimidagi yetishmovchiliklarga borib taqaladi [1]. Shu sababli yoʻl harakati xavfsizligini oshirishda zamonaviy innovatsion texnologiyalardan foydalanish katta ahamiyat kasb etadi [2]. Aqlli transport tizimlari, sunʼiy intellekt asosidagi boshqaruv mexanizmlari, raqamli monitoring va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining keng qoʻllanilishi nafaqat transport oqimini samarali boshqarish, balki inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, transport vositalarida xavfsizlikni oshiruvchi intellektual tizimlarning joriy etilishi yoʻlovchilar hayoti va sogʻligʻini muhofaza qilish bilan birga, ekologik barqarorlikni taʼminlashga ham xizmat qiladi [3]. Mazkur maqolada transport vositalarini boshqarishda xavfsizlikni oshirish imkoniyatlari, ilgʻor texnologiyalarni qoʻllash samaradorligi hamda ular asosida shakllanadigan barqaror transport tizimi masalalari tahlil qilinadi. barcha sohalarda yangi texnologiyalar va raqamli media oʻrni sezilarli taʼsir koʻrsatib kelmoqda. Bu boradagi ishlarni amalga oshirishda butun dunyo boʻylab haydovchilar, yoʻlovchilar va piyodalarni yoʻl harakati qoidalarini chuqur bilishga undaydi. Shu sababli ham mobil ilovalar va ishtimoiy tarmoqlarning oʻrni juda muhim hisoblanadi. Mobil texnologiyalarning yoʻl harakati xavfsizligini oshirishga xizmat qilishi va uni keng omma etiboriga joriy etish samarali natija koʻrsatadi. Xozirda tez rivojlanib borayotgan avtomobil va harakat xavfsizligining umumiy tuzilmalari yoʻl harakati xavfsizligi borasida butun dunyo boʻylab muhim ahamiyat kasb etadi va barqaror rivojlanish hamda ijtimoiy farovonlikning asosiy ustuni boʻlib xizmat qiladi [4-7]. Statistik maʼlumotlarga tayanib shuni taʼkidlash kerakki jahon sogʻliqni saqlash tashkiloti maʼlumotlariga koʻra, har yili oʻrtacha 1,19 million kishi yoʻl-transport hodisalarida natijasida halok boʻladi. Bu hodisalar inson salomatligiga muhim taʼsir koʻrsatadi Yoʻl-transport hodisalarini asosan dunyodagi 92 foizi past va oʻrta daromadli mamlakatlarda sodir boʻlishi koʻrsatilgan. Baxtsiz hodisalarni olini olish va yoʻlning infratuzilmasini yaxshilash muhim dolzarb muammolardan biri hisoblanadi [8].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Transport vositalarini boshqarishda yoʻl harakati xavfsizligini oshirish va innovatsion texnologiyaning roli qanchalik muhim ekanligi hamda bu boradagi ishlarni amalga oshirishda ilmiylikni talab qilishi bilan birga izlanuvchanlikni ham talab qilib keladi. Texnologiya infratuzilmani yaxshilash, xavflarni kamaytirish va haydovchilarning xatti-harakatlarini yaxshilash uchun innovatsion texnologiyalar bilan yechimlarni taqdim etish orqali yoʻl harakati xavfsizligi muammolarini hal qilishda muhim rol oʻynaydi. Avtomobil xavfsizligi tizimlari innovatsiyalarning markaziga aylanmoqda. Bugungi kunda avtomobillar nafaqat yoʻlovchilar va haydovchilarni, balki piyodalarni ham himoya qilish uchun yoqori texnologiyalar bilan ishlab chiqilgan turli xil texnologiyalarga egadir. Rivojlangan bir qancha mamlakatlarda xavfsizlik

standartlariga javob beradigan asosiy xavfsizlik xususiyatlariga ega boʻlmagan texnik xizmat koʻrsatadigan transport vositalari xavfsiz harakatlanish muhim hisoblanadi. Bu esa baxtsiz hodisalar va jarohatlarning jiddiyligini oshiradi. Jaxon sogʻliqni saqlash tashkiloti tomonidan 2024 yilgi yoʻl harakati xavfsizligi boʻyicha "Global Status" hisobotiga koʻra, 79 mamlakatda yoʻl harakati xavfsizligi boʻyicha qonun qoidalar mavjud emas [9].

Haydovchining xavfli xatti-harakati inson omillarida tezlikni oshirish, chalgʻituvchi haydash, mast holda haydash, dubulgʻa va xavfsizlik kamarlaridan foydalanmaslik kabi xavfli haydash usullari va xatti-harakatlari yoʻl-transport hodisalarini va oʻlimga olib keladi. Integratsiyalashgan va xavfsiz transport infratuzilmalari yoʻl infratuzilmasini yaxshilash yoʻl harakati xavfsizligini oshirishning muhim jihati hisoblanadi. Qoʻriqchilar, toʻqnashuvlar uchun toʻsiqlar, shovqinli chiziqlar va xavfsiz yoʻl dizayni kabi yoʻl boʻyidagi xavfsizlik infratuzilmasi baxtsiz hodisalarning ogʻirligini kamaytirishga va toʻqnashuv holatlarida yoʻl foydalanuvchilarini himoya qilishga yordam beradi [10]. Toʻsiqlarni kamaytiradigan, transport oqimini yaxshilaydigan va yoʻl chetidagi xavflarni kamaytiradigan yaxshi moʻljallangan yoʻllar yoʻllardagi xavfsizlikka sezilarli taʼsir koʻrsatishi mumkin. Dizayn jihatlaridan tashqari, bir qancha boshqa texnologiyalar ham xavfsizroq yoʻl infratuzilmasini qurish va saqlashga hissa qoʻshadi [11]. Transportda xavfsizlik, samaradorlik va barqarorlikni oshirish maqsadida transport infratuzilmasi hamma transport vositalariga ilgʻor texnologiyalarni birlashtirish muhim roʻl oʻynaydi. Mazkur jadvalda transport vositalarini boshqarish jarayonida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT), aqlli transport tizimlari (ATS), sunʼiy intellekt, raqamli nazorat vositalari, intellektual xavfsizlik tizimlari, ekologik barqarorlikka oid yechimlar, hamda raqamli infratuzilma boshqaruv kabi zamonaviy texnologiyalar qamrab olingan (1.1-jadval).

1-jadval

Yoʻl harakati xavfsizligini oshirishda innovatsion texnologiyalarning roli

№	Yoʻnalish / Texnologiya	Tavsif	Kutilayotgan samaralar
1	Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT)	Harakat intensivligini kuzatish, signalizatsiya va ogohlantirish tizimlari	Real vaqtli boshqaruv, xatolarning oldini olish
2	Aqlli transport tizimlari (ATS)	Sensorlar, avtomatik boshqaruv, monitoring tizimlari	Harakatni optimallashtirish, tirbandliklarni kamaytirish
3	Sunʼiy intellekt asosidagi tahlil	YTH sabablari, xavfli nuqtalarni oldindan aniqlash	Preventiv choratadbirlar, xavfsizlikni oshirish
4	Raqamli nazorat tizimlari	Kamera, radar, dron va boshqa monitoring vositalari	Qoidabuzarliklarni aniqlash va tezkor chora koʻrish



5	Intellectual xavfsizlik tizimlari	Haydovchi va yo'lovchilarning holatini nazorat qilish (masalan, charchoq yoki holsizlanishni aniqlash)	Inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirish
6	Ekologik barqarorlikni oshirish texnologiyalari	Eko-transport, zararsiz yo'l materiallari, chiqindi nazorati	Atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirish, yashil infratuzilma
7	Yo'l infratuzilmasini raqamli boshqarish	Raqamli xaritalar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari	Samarali boshqaruv, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish

Har bir ustunlikning asosiy vazifasi – transport tizimining xavfsiz, samarali va ekologik jihatdan barqaror ishlashini ta'minlashdir [12].

- AKT vositalari orqali real vaqti axborot almashinuvi va ogohlantirish tizimlari kuchaytiriladi.
- Aqlli transport tizimlari tirbandliklar va YTH ehtimolini kamaytirishda yordam beradi.
- Sun'iy intellekt vositalari orqali baxtsiz hodisalar oldini olish mumkin bo'lgan hududlar aniqlanadi.
- Nazorat tizimlari esa qoidabuzarliklarni aniqlab, tezkor chora ko'rishga zamin yaratadi.
- Intellectual xavfsizlik vositalari inson omiliga bog'liq xatolarning oldini olishda muhim o'rin tutadi.
- Ekologik texnologiyalar esa yashil transport va ekologik xavfsizlikni kuchaytirishga xizmat qiladi.
- Raqamli boshqaruv vositalari orqali esa yo'l infratuzilmasini boshqarish soddalashadi va samaradorligi oshadi.

Bu yo'l foydalanuvchilari uchun xavfsizlik va harakatchanlikni oshirish orqali amalga oshiradi. Qo'llanilayotgan ba'zi ilovalari - aqlli harakatni boshqarish tizimlari, ilg'or avtomobil aloqa texnologiyalari, dinamik xabar belgilari, elektron to'lovlarni yig'ish tizimlari, to'xtash joylari haqida ma'lumot tizimlari va sayohatchilarning axborot tizimlari. Ushbu tizimlarning aksariyati xavfsizlik va harakatchanlikni yaxshilash uchun sensorlar, kameralar va boshqa manbalardan real vaqt rejimidagi ma'lumotlardan bir-biri bilan aloqa o'rnatish orqali ishlaydi. Bir qator mamlakatlar aqlli integratsiyalashgan harakat xavfsizligiga doir innovatsion texnologiyasining turli bosqichlarini tadqiq qilish orqali sinovdan o'tkazdi va bu samarali natija berdi. Dunyo bo'ylab bir qancha mamlakatlarda yo'l harakati xavfsizligi oshirish va unga aloqador tadbirlarni ishlab chiqish orqali samarali natijaga erishish mumkin [13].

3. Natija va muhokama

A-380 avtomobil yo'lining 640+200 km dagi ko'prikdan nome'yoriy yukni o'tqazish uchun uning yuk ko'tarish

qobiliyati baholandi. Ko'prikning oraliq qurilmasi tavr kesimli zo'riqtirilmagan armaturali uzunligi 15 metrli 8 ta to'sindan iborat. To'sinlar plitasining qalinligi 15 sm va plitalari sathida joylashgan temirbeton monolitlash choklari yordamida o'zaro tutashirilgan. To'sinning hisobiy oraliq'i 14,40 m, to'sinlar balandligi 90 sm. To'sinlar qovurg'alari orasidagi masofa 170 sm atrofida. Oraliq qurilma materiali – B25 sinfli temirbetondan. Yaratilgan usulda oraliq qurilma to'sinlarida bosimning ta'sir chizig'i yuklanish o'qlari ostida ordinatalar qiymati bo'yicha o'tkazildi. Buning uchun ishlab chiqilgan dastur bo'yicha ko'ndalang taqsimlash koeffitsiyentini (KTK) aniqlash masalasi yechildi, ruxsat etilgan yuk sinfi nome'yoriy yuk sinfidan deyarli **2,19 barobar** kamligi aniqlandi. Shuning uchun ko'prikdan ta'mirlov ishlarini bajarish darkorligi qayd qilindi va yuklarni o'tkazish uchun ko'priklar konstruksiyalarini kuchaytirish ishlari kerakligi va yuk tashuvchi treylarning yangi sxemasi taklif etildi.

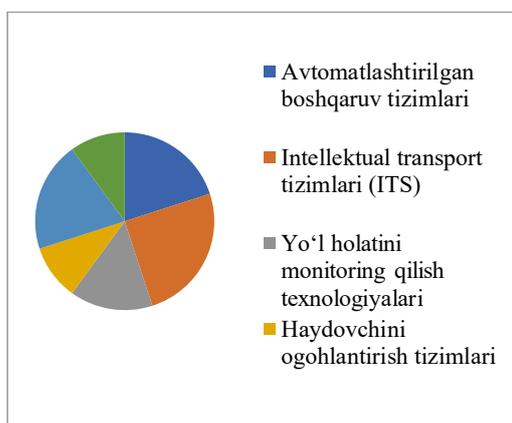
Zamonaviy, ijtimoiy va innovatsion texnologiyalarning yechimlari yo'llarda xavfsizlikni oshirishga imkonini beradi. Yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash "Xavfsiz yuqori sifatli yo'llar" nomli innovatsion va ijtimoiy tarmoqlar loyhasining eng muhim vazifalaridan biridir.



1-rasm. Xarakat havfsizligini ta'minlashda aqlli shaxarning infratuzilmasi

Jumladan xarakat havfsizligini oshirishda bir qator ishlar amalga oshirildi bir necha yil davomida (2022-2024 yillar) davomida 424 mingdan ortiq yo'l belgilari, 2,5 million chiziqli metrdan ortiq to'siqlar, 817 mingga yaqin chiziqli piyodalar uchun to'siqlar, 2,1 million chiziqli metrdan ortiq yoritish, 8,1 ming metrdan ortiq svetoforlar, 4 milliondan ortiq chiziqli belgilar o'rnatildi. Yo'l infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha barcha ishlar amaldagi GOSTlarga muvofiq amalga oshirilmogda, ushbu ishlarni amalga oshirishda ishtirok etuvchi hududlarda avtomobil yo'llari va avtomobil yo'llarini xavfsizroq va ko'rinadigan qilish imkonini beruvchi zamonaviy texnologiyalar va innovatsion yechimlardan foydalanilmogda. Shunday qilib, mutaxassislar proektsion yo'l belgilarini o'rnatadilar piyodalar o'tish joylari. O'tish joyi ustida o'rnatilgan uskunalar rangli filtrli LED proyektorlari yordamida yorqin yorug'lik yo'lagini yaratadi. Bunday belgilar vaqt o'tishi bilan eskirmaydi va har qanday ob-havoda tunda aniq ko'rinadi. Belgilanish muqobil bo'lib, termoplastik materiallardan tayyorlangan an'anaviyni to'ldiradi. Noqulay yo'l sharoitida, qor, yomg'ir, loyda 150 m dan ortiq masofadan ko'rinadi. Yangi texnologiya o'z samaradorligini qishda, chorralarda eskirgan termoplastikni tiklash mumkin bo'lmoganda isbotlashi kerak [14].





2-rasm. Transport vositalarini boshqarishda yo‘l harakati xavfsizligini oshirish va innovatsion texnologiyalarning samaradorligi

Yo‘l harakati xavfsizligini oshirish samaradorligini baholash uchun ko‘rsatkichlarni integrallashgan holda ifodalashi kerak. Bunda odatda quyidagilar inobatga olinadi:

1. Xavfsizlik ko‘rsatkichlari (avariyalari soni, xatolik ehtimoli, xavfsizlik darajasi)
2. Innovatsion texnologiyalar samaradorligi (avtomatlashtirish, ITS, sensor tizimlari)
3. Transport oqimi samaradorligi (tezlik, o‘tkazuvchanlik, vaqt yo‘qotish). Ushbu keltirilganlardan kelib chiqib quyidagi formulalarni keltirish mumkin:

Yo‘l harakati xavfsizligini oshirish samaradorligi formulasi:

$$S = \frac{(Z_0 - Z_1) + (J_0 - J_1) + (I_1 - I_0)}{C} \quad (1)$$

bu yerda:

S – xavfsizlikni oshirish samaradorligi (nisbiy birliklarda yoki foizda)

Z_0 – xavfsizlik choralari qo‘llanilmasdan avvalgi yo‘l-transport hodisalari soni

Z_1 – xavfsizlik choralari joriy etilgandan keyingi YTH soni

J_0 – xavfsizlik choralari oldidan jarohatlanganlar soni

J_1 – xavfsizlik choralari joriy etilgandan keyingi jarohatlanganlar soni

I_0 – xavfsizlik choralari oldidan infratuzilmaga yetgan zarar miqdori (so‘mda yoki \$)

I_1 – xavfsizlik choralari joriy etilgandan keyingi infratuzilmaga yetgan zarar

C – xavfsizlikni oshirishga qaratilgan choralarning umumiy qiymati (so‘mda)



3-rasm. Yo‘l harakati xavfsizligini oshirishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish

Rivojlanib borayotgan ijtimoiy tarmoqlar va ommaviy axborot vositalari orqali amalga oshiriladigan ishlarning roli ham harakat xavfsizligini oldini olishda samarali natijalarni

ko‘rsatadi. Shulardan kelib chiqib samaradorlikni oshirish formulasini keltirib o‘tish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

$$E = \frac{(Y_0 - Y_1) \alpha + (X_1 - X_0) \beta + (M \gamma)}{K} \quad (2)$$

bu yerda:

E – ijtimoiy tarmoqlar va OAV ta‘sirining samaradorlik ko‘rsatkichi (nisbiy birlikda yoki foizda);

Y_0 – axborot kompaniyalarigacha bo‘lgan YTH soni;

Y_1 – axborot kompaniyalaridan keyingi YTH soni;

X_0 – aholi/haydovchilarning kompaniyagacha bo‘lgan xabardorlik darajasi (%);

X_1 – kompaniyadan keyingi xabardorlik darajasi (%);

M – ijtimoiy tarmoq va OAV orqali qamrab olingan auditoriya soni (ming kishi);

α, β, γ – har biri uchun og‘irlik koeffitsiyentlari (ta‘sir kuchiga qarab 0–1 oralig‘ida belgilanadi, masalan, $\alpha=0.5$, $\beta=0.3$, $\gamma=0.2$);

K – kompaniya uchun sarflangan umumiy xarajat (so‘mda).

Global miqyosda avtonom transport vositalarining qabul qilinishi tezlashmoqda. Birlashgan Qirollik yaqinda o‘tdi. Avtomatlashtirilgan transport vositalari to‘g‘risidagi qonun kelgusi bir necha yil ichida to‘liq va qisman avtonom avtotransport vositalarining jamiyatga xavfsiz integratsiyasini o‘rnatish uchun. Ko‘proq avtonom transport vositalari dunyoning boshqa joylaridan ko‘ra hozir Xitoyda sinovdan o‘tkazilmoqda. Qo‘shma Shtatlarda esa yirik metropoliyalar jamoat transporti imkoniyatlarida "robotaksis" dan foydalanishga jalb qilingan. Kompaniyalar yoqadi kruiz, Waymo Va, albatta, Tesla ularning barchasi qirg‘oqdan qirg‘oqqa va butun dunyo bo‘ylab o‘z-o‘zini boshqaradigan mashinalar va xizmatlarni joylashtirish bo‘yicha ulkan ambitsiyalariga milliardlab dollar sarmoya kiritgan. Hozirgi vaqtda avtonom avtomobil texnologiyasini ishlab chiqish va joriy etish endi "agar" yoki hatto "qachon" masalasi emas, balki "qanday darajada" masalasi. Sun‘iy intellekt yordamida boshqariladigan avtonom transport vositalarining keng ko‘lamda qabul qilinishi nafaqat yo‘llarimizni, balki jamiyatimizni yaxshilash uchun nima qilishi mumkin?

Yo‘l harakati xavfsizligini avtomatlashtirish.

Avtotransport vositalariga bo‘lgan intilish va ushbu texnologiyalarga sarmoya yotqizilgan kapital tog‘lari o‘z-o‘zidan boshqariladigan avtomobillarni qo‘llash mumkin bo‘lgan keng e‘tirof etilgan jamoat manfaatidan dalolat beradi. Yangi boshlanuvchilar uchun, o‘zini-o‘zi boshqaradigan transport vositalarining xavfsizlik standartlari inson haydovchilariga qaraganda. Yaqinda nashr etilgan tadqiqot tabiat Aloqa va Tesla dan tushunchalar 2022 yilgi ta‘sir hisoboti yo‘l harakati xavfsizligini oshirish bo‘yicha avtonom avtotransport vositalarini joriy etishning o‘zgaruvchan salohiyatini ta‘kidlaydi. Avtomobillar orqa tomondan, to‘qnashuv va lateral to‘qnashuvlar, shuningdek, yo‘ldan chiqib ketish hodisalarini 20% dan 50% gacha kamaytirishi aniqlandi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti buni taxmin qilishini hisobga olsak yo‘l-transport jarohatlari dunyo bo‘ylab har yili 1.35 million odamning o‘limiga sabab bo‘ladi, avtomobil xavfsizligining bu keskin yaxshilanishi seysmik ta‘sir ko‘rsatadi. Avtonom avtomashinalar har qanday sharoitda ham inson haydovchilarini ortda qoldirmasdan oldin ko‘proq texnologik takomillashtirish talab qilinsa ham (odam tomonidan boshqariladigan avtomobillar kam ko‘rinadigan sharoitlarda va burilish paytida hamon xavfsizroq bo‘lib qoladi), sensor



texnologiyalari, bashoratli algoritmlar va V2X aloqalarining yanada rivojlanishi takomillashishda davom etadi. ushbu murakkab haydash stsenariyalarida javoblar va ularga xavfsizroq yo'llarni yaratishga imkon beradi [15].

Bundan tashqari ransport vositalarining joylashtirilishi ham tirbandlik masalasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. a.da o'rganish Shaharlararo transport assotsiatsiyasi (ACT) va Amerika Qo'shma Shtatlari Transport Departamenti (USDOT) tomonidan olib borilgan, "shoshilinch soat" qatnovlari - bir vaqtlar tegishli nom - endi kuniga olti soatni tashkil qiladi va bu keskin vaqtlarda sayohat 40% ko'proq vaqtni oladi. . Bitta yakka tartibdagi tormoz shahar bo'ylab harakatlanishga ta'sir qilib, sekinlashuvga yoki hatto to'liq blokirovkaga olib kelishi mumkin. Zamonaviy dasturiy ta'minot bilan ishlaydigan sensorlar va kameralar yordamida, ammo avtonom transport vositalari kamroq tez-tez tormoz qiling ularning insoniy hamkasblariga qaraganda va, natijada, bu yo'l tartibsizliklarini keltirib chiqarish ehtimoli ancha past. Hatto bir nechta avtonom transport vositalarini joylashtirish ham yordam berish orqali tirbandlikka ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin inson haydovchilarining tezligini o'rtacha ular yo'lni baham ko'rishadi. Aqilli avtomobillar shuningdek inson haydovchilariga nisbatan ularning tezligi va tezlashishini nazorat qilish va havo tortishishini yaxshilash va yoqilg'i sarfini kamaytirish uchun bir-biriga yaqinlashish orqali yoqilg'i samaradorligini oshirishi mumkin. MIT News xabariga ko'ra, agar yo'lda har bir avtomobil alohida ishtirok etsa edi, nafaqat sayohat tezligi 20% ga oshadi, balki biz yoqilg'i sarfini 18% ga va karbonat angridrid chiqindilarini 25% ga kamaytirishni ko'ramiz. Ushbu rivojlanish ko'p sonli sanoat va biznesining barqarorligini ta'minlash bo'yicha olib borayotgan sa'y-harakatlarimizda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ladi. TuSimple tomonidan olib borilgan tadqiqot shuni ko'rsatdiki, ularning aqilli yuk mashinalari haydovchilar boshqaradiganlarga qaraganda 11% tejamkorroq yoqilg'i sarflaydi. Yoqilg'i tejamkorligining oshishi tovarlar va xizmatlar iste'molchilarga arzonroq bo'lishiga imkon beradi va shu bilan birga ushbu kompaniyalarga o'z faoliyatini yanada yaxshi va barqarorroq qilishga yordam beradi. .

Ushbu avtomobil tizimlarining ishlashiga imkon beruvchi texnologik taraqqiyot darajasi o'nlab yillar davomida ishlab chiqilgan. Sensorlar massivlari, jumladan kameralar, radarlar va LiDARlar inson miyasini taqlid qilish, ob'ektni aniqlash va tasvirni segmentatsiyalash uchun mo'ljallangan neyron tarmoqlarga ma'lumotlarni etkazib beradi. Keyin ushbu neyron tarmoqlar avtomobil atrof-muhitining keng qamrovli atrof-muhit xaritasini yaratish uchun boshqa transport vositalari, yo'l belgilari va to'siqlar mavjudligini o'z ichiga olgan ushbu sensorli kirishni qayta ishlaydi. Keyingi qadam harakatni rejalashtirish bo'lib, unda batafsil marshrutlar va traektoriyalar oldindan to'plangan barcha ma'lumotlarni har tomonlama tahlil qilish orqali hisoblab chiqiladi. Shunday bo'lsa ham, bu jarayonlarning barchasi hali ham ko'rinmas vaziyatlarni hisobga olishi va real vaqtda ushbu holatlarga moslasha olishi kerak. Ushbu tizimlar va dasturiy ta'minotni ishlab chiqishda juda ko'p murakkab va batafsil jarayonlar tufayli ikkita bir xil emas va bu Avtomobil tizimlarining har biri o'zining ijobiy va salbiy tomonlariga ega.

Mustaqil boshqarishni rivojlantirishning ikkita asosiy yondashuvi bular HD xaritali va HD xaritasiz tizimlardir. Xaritalardan foydalanishning afzalligi uning soddalashtirilgan ob'ektni aniqlash va harakatni

rejalashtirishdadir, ammo bu tizimlar ma'lumotlarni yangilash uchun doimiy aloqaga bog'liq va eskirishga moyil. Avtonom haydovchi dasturiy ta'minot kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan kabi HD xaritasiz tizimlar Tasviriy, deyarli butunlay real vaqt ma'lumotlariga tayanadi va inson haydovchilaridek ishlashiga ko'proq mos keladi. Ular, shuningdek, ko'proq o'zini-o'zi ta'minlaydi va kiber tahdidlarga nisbatan kamroq himoyasizdir, lekin ular borda idrok etishning ilg'or qobiliyatlari va real vaqtda murakkab ishlov berishni talab qiladi. Falsafadagi ushbu dastlabki bo'linishdan so'ng, sanoatda ba'zi munozaralarning boshida turgan yana bir qancha boshqa fanlar mavjud. Qoidalarga asoslangan va neyron tarmog'iga asoslangan harakatni rejalashtirish xavfsizlik va tartibga soluvchi organlar bilan bog'liq bo'lgan nuqtalardan biri bo'lib, qoidalarga asoslangan tizimlarning o'ziga xos belgisi bo'lgan aniqroq "agar bo'lsa" yondashuvini afzal ko'radi. Oldindan belgilangan senariylarning qurilishi yuqori darajada tushuntirish imkoniyatini taqdim etsa-da, bu tizimlar neyron tarmog'iga asoslangan tizimlar ustun bo'lgan yangi, kutilmagan vaziyatlarga moslashish uchun kurashadi.

Butun dunyoda avtonom avtotransport vositalarini keng joriy etishga zamin yaratish davom etmoqda. Haydovchisiz avtomobillar va ularning atrofida joylashgan xizmatlarni rivojlantirishga milliardlab dollar sarmoya kiritishga tayyor bo'lgan avtomobil ishlab chiqaruvchilar va kompaniyalarning etishmasligi shubhasiz. O'z-o'zidan boshqariladigan transport vositalarini yaratishda ko'plab turli tizimlar va jarayonlar mavjud bo'lsa-da, ma'lum darajada barcha mutaxassislar haydovchisiz avtotransport vositalari va ularni amalga oshirish jamiyat uchun juda ko'p amaliy foyda keltirishi haqida kelishib olishgan. Keyingi va, ehtimol, eng muhim to'siq - bu keng jamoatchilikning ushbu texnologiyalarga ishonchini oshirish. Sun'iy intellektning rivojlanishi ham yengish kerak bo'lgan shubha va ishonchsizlik buluti ostida boshlangandi. Hozir dunyoda bu texnologiyalardan u yoki bu darajada foydalanmaydigan yirik sanoat yoki kompaniya yo'q. Avtonom avtomashinalar ko'tarilish uchun xuddi shunday tepalikka ega bo'ladi, ammo bu tizimlar rivojlanib, yo'llarimizda keng tarqalgani sayin, bizning qulayligimiz va ular bilan tanishishimiz ham onsonlashadi. Ushbu texnologiyalar tez sur'atlar bilan rivojlanib borar ekan, Avtomobil sanoati ba'zilar o'ylagandan ko'ra global qabul qilish yo'lidan ancha pastda.

4. Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, transport vositalarini boshqarishda yo'l harakati xavfsizligini oshirishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish dolzarb ahamiyatga ega. Aqlli transport tizimlari, sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv vositalari va raqamli monitoring usullari yo'l-transport hodisalarini kamaytirish, transport oqimini samarali tashkil etish va ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini beradi. Shuningdek, haydovchi xatolarini kamaytirish, yo'l infratuzilmasidan oqilona foydalanish va yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlashda intellektual tizimlarning o'rni beqiyosdir. O'zbekiston sharoitida mazkur texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish transport tizimini samarali boshqarish, xavfsizlik darajasini oshirish hamda barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Demak, innovatsion yondashuvlar nafaqat transport sohasida xavfsizlikni kuchaytirish, balki iqtisodiy samaradorlik va



ekologik muvozanatni saqlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Innovatsion texnologiyalar integratsiyasi global miqyosda yo'l harakati xavfsizligini inqilob qilmoqda, xavflarni kamaytirish va hayotni saqlab qolish imkoniyatlarini taklif qilmoqda. Haydovchilarga yordam berishning ilg'or tizimlaridan tortib, transport vositalarining barcha tizimlarigacha, texnologiyalar transport landshaftini o'zgartirib, yo'llarni foydalanuvchilar uchun xavfsizroq va samaraliroq qiladi. Yondashuv mamlakatlarda turlicha bo'lishi mumkin bo'lsa-da, yo'l-transport hodisalari kamayib, kelajak avlodlar uchun xavfsiz sayohatlarni ta'minlaydigan kelajakka yo'l ochish uchun tadqiqot, ishlab chiqish va amalga oshirishga sarmoya kiritishni davom ettirish muhimdir.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Yu.G. Babaskin va I.I. Leonovich, "Texnologiya stroitel'stva dorog " Yangi bilimdge, 2014 yil. "Yo'l qurilish texnologiyay". E - Amaliyot. Moskva,INFRA-M,
- [2] A.G.Ivasenko, va Ya.I. Nikonova, " Innovatsionnyj menedzhment [Innovatsion menejment]". Moskva: Oliy ta'lim, 2013 yil.
- [3] A.A.Bezhtentsev, " Bezopasnost" dorozhyo'q dvizheniya" ["Yo'l 2017 yil. Yo'l harakati xavfsizligi"]. Elektron darslik. Moskva: Universitet darsligi, INFRA-M,
- [4] N.A.Kovalenko, " Nauchniye issledovaniya i reshenie inzhenernyh zadach vsfere avtomobil'notransportga boring" ["Tadqiqotva yechimning muhandislik muammolari ichida maydon ning yo'l transport"]. Elektron ta'limyordam. Moskva: INFRA-M; Minsk: Yangi bilimlar, 2013 yil.
- [5] V.DGerami va AVKolik, "Upravlenietransportlimiltizimi. Transportnoe obespechenie logistika" ["Transport tizimlari boshqaruv. Transport logistikasi"]. O'quv qo'llanma va amaliy ish. Moskva:Yurayt, 2016 yil.
- [6] Ya.N.Kovalyov, SE Kravchenko, va VK Shumchik, "Dorozhno-stroitel'nye materialyi izdelya" ["Road -buiyotqizish materiallari va mahsulots"]. E-o'rgatish yordam. Moskva: INFRA-M; Minsk: Yangi Bilim, 2015 yil.
- [7] "O federal'noj celevoj dastur "Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013 - 2020 godah" ["Federal maqsadda" dasturi "Imroving roreklama xavfsizligi2013-2020 yillarda "]. Farmone ningrus Federatsiya Hukumatntning oktyabr 3, 2013 yil, Yo'q. 864. SPS Garant. Mavjud: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70367076/>
- [8] I.N. Kovalyov, " Teplotexnologiyaskoe obespechenya'ni kachestva stroitel'stva doroznyh asfal'tobetonnyh pokrytij" "Issiqlik -texnologik sifat kafolat ning yo'l asfalt beton yulka qurilishi". Elektron ta'lim aid. Moskva:INFRA-M; Minsk: Yangi bilimdge, 2015 yil.

[9] "Ey bezopasnosti dorojnogodvizeniya" ["Yo'ldaxavfsizlik"]. Federal 1995 yil 10 dekabrda qonun, № 196-FZ (o'zgartirilgan).tomonidanFederal qonunning oktyabr14, 2014 yil, Yo'q. 307-FZ). SPS Garant.Qayta olindidan <http://base.garant.ru/10105643/>

[10] "O nauke i gosudarstvennoj nauchno-texnika politkabi" ["Yoiq fan va davlat ilmiy a d texnik siyosat"]. Federal qonun ning avgust 23, 1996 yil, Yo'q. 127-FZ (sifatida tuzatilgan tomonidan the Federal qonunning dekabr 22, 2014 yil, Yo'q. 443-FZ). SPS Garant. Mavjud: <http://base.garant.ru/135919/>

[11] V.I.Kichkin, va VS Yushkov, " Rezonansnye kolebaniya pri dvizhenii avtotransport sredstva po vibropoloza " ["Rezonans tebranishlarichidathe harakati a avtomobil shovqin chizig'i ustidagi"]. Yosh Olim, jild. 2 ,2013 yil , 65-68-betlar. Innovatsion texnologiyalar va tadqiqot muhandisligi xalqaro jurnali (IJITEE) ISSN: 2278-3075, jilde-8 soni- 9, 2019 yil iyul 2088 Nashr qilgan: Moviy ko'zli razvedka muhandising & Fanlar nashri Qidiruv raqami: I8 318078919 /19©BEIESP DOI: 10.35940/ijitee.I818.078919

[12] A.I. Solodkiy, AE Gorev, va ED Bondareva, "Transportnaya infrastruktura" ["Transport in fras structure"]. Ao'quv qo'llanma va holo'rganish. Moskva, Yurayt, 2016 yil.

[13] Gorev, AE (Tahr.), "Organizatsiya qilrojnogo dvizheniya" ["Yo'l harakati boshqaruvi"]. Darslik. Moskva: Akademiya, 2013 yil.

[14] A.I.Ryabchinskiy, VA Gudkov va E.V.Kravchenko, " Organizatsiya" perevozochnyh uslug i bezopasnost transportnogo jarayon" [Tashkilotittransport xizmatlari vathexavfsizligittransport jarayoni"]. Darslik. Moskva: Akademiya, 2014.

[15] Shokirov O. G. (2023). Shahar aholisi o'rtasidagi haydovchilarga yordam berish tizimini (ADAS) qo'llash orqali yo'l-transport hodisalarining oldini olish. MEXANIKA VA TEXNOLOGIYA ILMIY JURNALI, MAXSUS SON 2023, № 2 (5). 138-145. <https://api.scienceweb.uz>.

[16] www.avto.volt.ru

[17] www.Auto.uzbekistan.uz.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Musurmonova Sharof Rashidov tumani 2-son
Zumradxon Politexnikumi "ICHTU" dotsenti,
Zoyir qizi / t.f.f.d., (PhD), dotsent
Zumradkhon E-mail:
Musurmonova zumradxonmusurmonova@gmail.com
Tel.: +998977209944
<https://orcid.org/0009-0008-9286-2172>



Safety and economic efficiency issues in centralized train dispatching systems

O.O. Muhiddinov¹  ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article highlights a number of issues aimed at improving the reliability and efficiency of the centralized train dispatching system on railways. An automatic method is proposed to detect artificially applied additional power to track relay repeaters, which serves to reliably identify false free states of track circuits. The centralized dispatching system is integrated with logical control of electrical interlocking devices at linear points, enabling double verification of the track relay and its repeater states as well as analysis of their mutual delay times. In addition, the economic efficiency indicators achieved by expanding the functional capabilities of the centralized dispatching system have been evaluated.

Keywords: centralized dispatching, track relay, detection of additional power supply, automated control, economic efficiency

Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimida xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik masalalari

Muhiddinov O.O.¹  ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada temir yo'lda markazlashtirilgan dispetcherlik tizimining ishonchliligi va samaradorligini oshirishga qaratilgan bir qator masalalar yoritiladi. Yo'l relesining takrorlovchi relelariga uzatiladigan sun'iy qo'shimcha quvvatni avtomatik aniqlash usuli taklif etilib, u rels zanjirlarining yolg'on bo'sh holatlarini ishonchli qayd etish uchun xizmat qiladi. Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimiga chiziqli punktlaridagi elektr markazlashtirish qurilmalarining mantiqiy nazorati integratsiya qilinib, yo'l rele va uning takrorlovchi relesi holatlarini ikki karra tekshirish hamda ularning o'zaro kechikish vaqtlarini tahlil qilish algoritmi ishlab chiqilgan. Shuningdek, markazlashtirilgan dispetcherlik tizimi funksional imkoniyatlarini kengaytirish natijasida erishiladigan iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari baholangan.

Kalit so'zlar: markazlashtirilgan dispetcherlik, yo'l relesi, qo'shimcha quvvat uzatilishini aniqlash, avtomatlashtirilgan nazorat, iqtisodiy samaradorlik

1. Kirish

Poyezdlar harakat xavfsizligini ta'minlashda, nazorat qilinadigan obyektlarning holatini sun'iy tashqi ta'sirlarsiz aniqlash dispetcherlik tizimi ishonchligini oshirishning muhim shartidir. Temir yo'l avtomatika va telemexanika tizimlarida rels zanjirlarining yolg'on dan bo'sh yoki band holatini aniqlash dolzarb muammolardan. Xavfsizlik qoidalarini buzilishiga olib keluvchi asosiy sabablaridan biri yo'l relesi takrorlovchi relelarining nosozligi yoki ularga qasddan qo'shimcha quvvat berib qo'yilishidir. Ushbu ruxsatsiz qo'shimcha quvvat uzatilishini aniqlash maqsadida markazlashtirilgan dispetcherlik tizimiga chiziqli punktdagi elektr markazlashtirish qurilmalarining mantiqiy nazorati integratsiya qilindi.

Taklif etilayotgan usulda yo'l relesining tokli holati va uning takrorlovchi relesining toksiz holati bir vaqtda kuzatilib, ularning ishlash vaqt parametrlari ham tahlil qilinadi. Normal sharoitda yo'l relesi va takrorlovchi rele holatlarining mantiqiy qiymatlari bir-biriga teskari bo'lib, faqat ulanib-o'chish paytlarida qisqa muddat (o'nlab millisekund) davomida mos bo'lishi mumkin. Takrorlovchi

rele turiga ko'ra bu oraliq vaqtlar taxminan 10 ms va 150 ms ni tashkil etadi. Agar yo'l rele va uning takrorlovchi rele holatlarining bunday mosligi me'yoriy oraliqdan uzoq davom etsa, tizim ushbu vaziyatni favqulodda holat sifatida baholaydi.

Shu tamoyilga asoslanib, yo'l relesi va takrorlovchi relesi bir vaqtning o'zida bir xil holatda me'yoriy vaqtdan ortiq turib qolsa, tegishli rele tizimiga ruxsatsiz qo'shimcha quvvat uzatilgan degan xulosa chiqariladi. Ushbu qoidalar asosida yo'l relesi takrorlovchi relelariga qo'shimcha quvvat berilishini avtomatik nazorat qilish uchun algoritm ishlab chiqildi. Taklif qilingan usul yordamida rels zanjiri kontaktlarini sun'iy ko'priklash yoki boshqa usullar bilan takrorlovchi relelarga beriladigan ruxsatsiz quvvatni aniqlash hamda relsli zanjir bandlik holatini aniqlash ishonchligi oshirildi. Bundan tashqari, markazlashtirilgan dispetcherlik tizimi funksiyalarini kengaytirish orqali erishiladigan iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

^a  <https://orcid.org/0000-0003-2352-7473>



2. Tadqiqot metodologiyasi

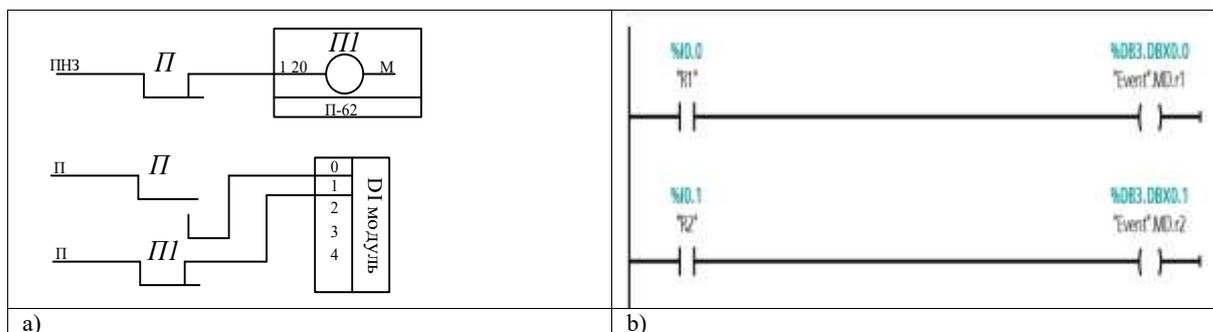
Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimida chiziqli punktda yo‘l relesining takrorlovchi relelariga qo‘shimcha quvvat berilishini aniqlash. Nazorat qilinadigan obyektlarning holatini sun‘iy ravishda ta‘sir qiladigan tashqi ta‘sirlarsiz aniqlash, tizim ishonchliligini oshiradi. Bu o‘z navbatida ma‘lum telesignallar (TS) ro‘yxatini kengaytirishdan iborat bo‘ladi[3].

Masalan, rels zanjirlarining yolg‘ondan bo‘sh holatini aniqlash eng asosiy va xavfsizlikning qoidalarini buzilishidagi muammodir[3-12]. Ushbu nosozlik sabablaridan biri sifatida yo‘l relesining takrorlovchi relelaridagi nosozlik yoki qasddan qo‘shimcha quvvat berib qo‘yilishi holati bo‘lishi mumkin. Ushbu takrorlovchi

relelarga qo‘shimcha quvvat berilishini aniqlashda, markazlashtirilgan dispetcherlik tizimiga chiziqli punktida elektr markazlashtirish qurilmalarining mantiqiy nazorat tizimini kiritamiz.

Taklif qilingan usulda ikki karra nazorat qo‘llaniladi: yo‘l relesining tokli holati va uning takrorlovchi relesining toksiz holati birgalikda tekshiriladi, shuningdek, yo‘l relesi va takrorlovchisi ishining vaqt parametrlarini ham hisobga olinadi.

1-rasmda yo‘l uchastkasining nazorati ko‘rsatilgan. r_2 TS signali III yo‘l takrorlovchi relesining old kontaktidan olinadi, r_1 signali esa II yo‘l relesining orqa kontaktidan olinadi.



1-rasm. Diskret kirish moduliga ulanish sxemasi va dasturdagi ko‘rinishi

Yo‘l band bo‘lganida (r_1^+ hodisa) II yo‘l relesi toksiz holati ulanadi va uning takrorlovchisi III relening tokli holati uziladi (r_2^-). Yo‘l bo‘shaganidan keyin II yo‘l relesi uziladi (r_1^-), takrorlovchisi esa ulanadi (r_2^+).

r_1^+ va r_2^- hodisalarning oraliq vaqtlarini Δt_1 , hamda r_1^- va r_2^+ hodisalar o‘rtasidagi vaqtni Δt_2 deb belgilaymiz. *.-rasmdan ko‘rinib turibdiki, r_1 va r_2 signallarining mantiqiy qiymatlari deyarli bir-biriga teskari bo‘ladi. Faqatgina Δt_1 va Δt_2 vaqtda ularning mantiqiy qiymatlari mos bo‘ladi. Shuningdek oraliq vaqtlarning qiymatlari juda qisqa bo‘lib, takrorlovchi relening turidan kelib chiqqan xolda taxminan 10 va 150 msni tashkil qiladi. Tavsiflangan SMB qurilmalarining normal ish rejimlariga to‘g‘ri kelmaydigan har qanday holatlarda, ishonch bilan favqulotda holat deb foydalansak bo‘ladi.

Endi yo‘l relesining takrorlovchi relelariga qo‘shimcha quvvat berilishini aniqlash algoritmining asosiy tamoyillarini ifodalaymiz.

Agar joriy S vaziyatda (1) fragmenti Δt_1 vaqtdan uzoq davom qilsa, II yo‘l relesining takrorlovchisiga qo‘shimcha quvvat ulangan deb xulosa qilish mumkin.

$$S_1 = (r_1^+ \varphi_1 r_1^-) \text{AND} (r_2^+ \varphi_1 r_2^-) \quad (1)$$

Agar (2) fragmenti Δt_2 vaqtdan uzoq davom qilsa, III takrorlovchi yo‘l relesiga qo‘shimcha quvvat ulangan deb xulosa qilish mumkin.

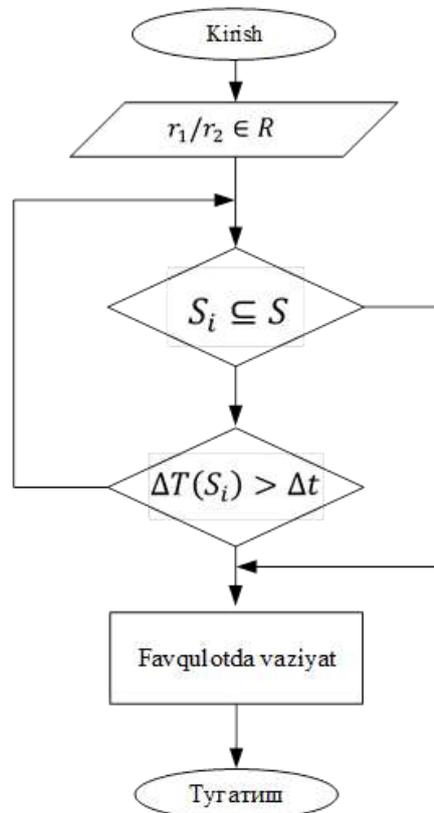
$$S_2 = (r_1^+ \varphi_2 r_1^-) \text{AND} (r_2^+ \varphi_2 r_2^-) \quad (2)$$

Yuqoridagi tamoyillarga asoslanib, quyidagi ko‘rinishga ega ikkita qoida hosil qilindi

$$T(S_1) > \Delta t_1 \rightarrow r_1 \quad (3)$$

$$T(S_2) > \Delta t_2 \rightarrow r_2 \quad (4)$$

2-rasmda yo‘l relesi takrorlovchi relelariga qo‘shimcha quvvat berilishini aniqlashning umumlashtirilgan algoritmi (3) va (4) qoidalarga muvofiq ishlab chiqilgan.



2-rasm. Yo‘l relesi takrorlovchi relelariga qo‘shimcha quvvat berilishini aniqlashning umumlashtirilgan algoritmi



Ushbu taklif qilingan usulning afzalliklari qatoriga yo'l relesi kontaktlariga ko'prik o'rnatish yoki boshqa usullar orqali takrorlovchi relelarga sun'iy ravishda qo'shimcha quvvat berilishini aniqlash imkoniyati, shuningdek rels zanjir holatini aniqlash ishonchligining oshishi kiradi.

Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimining funksional imkoniyatlarini oshirish uchun iqtisodiy samaradorligini tahlil qilish. Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimining iqtisodiy samaradorligini hisoblashda zamonaviy iqtisodiy talablarga mos kelishini inobatga olish kerak. Tizimning iqtisodiy samaradorligida, bir qator omillarni inobatga olindi:

Poyezd dispetcherining (DNS) optimal bo'lmagan qarorlari tufayli tahminiy zarar miqdori.

Tizimdan amalda foydalanishdagi iqtisodiy samara shu vaqtdagi tegishli hodimlarning xizmat ko'rsatish va soz vaziyatda saqlash harajatlari qiymatidan hosil bo'lgan natijalarning qiymati ko'p bo'lishi.

Yaratilgan markazlashtirilgan dispetcherlik tizimining joriy qilinishi natijasida tizimni iqtisodiy samaradorlikka erishish muddati.

Tizimning iqtisodiy samaradorligi quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$F = C_{yo'qotish} + Y \quad (5)$$

bunda, $C_{yo'qotish}$ – operativ hodimning optimal bo'lmagan qarorlari tufayli bo'ladigan yo'qotishlar (so'm); Y – ishga tushirishdagi qo'shimcha iqtisodiy samaradorlik.

DNSning optimal bo'lmagan qarorlari tufayli tahminiy zarar miqdori hisoblash uchun uchastkaning harakat intensivligi va yo'qotishlar o'rtasidagi bog'liklarni hosil qilish kerak. Markazlashtirilgan dispetcherlik tizimining funksional imkoniyatlarini oshirishda, iqtisodiy samaradorlikni turlicha hajmdagi poezdlar harakatida aniqlash uchun [1,2] ilmiy ishlarda hisoblangan mahsus koeffitsientlaridan foydalanamiz. Shuningdek, DNSning yuklamasi va uchastkadagi turli faktorlarni inobatga olgan holda [3] DNS tomonidan optimal bo'lmagan qarorlari tufayli bo'ladigan yo'qotishlar, quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$C_{yo'qotish} = \left(a_0 \cdot \frac{T_y^h}{T_y^m} + \sum_{j=1}^f a_j F_j \right) \cdot \frac{(0,125K_z + 0,25)}{0,73} \quad (6)$$

bunda, a_0 – yordamchi vazifalarni bajarishda yig'iladigan yo'qotishlar summasidan olinadigan koeffitsienti, odatda ushbu koeffitsient barcha dispetcherlik uchastkalar uchun deyarli bir hil; T_y^h – DNSning haqiqiy yuklamasi (soat); T_y^m – DNSning me'yoriy yuklamasi (soat); F_j – uchastkadagi j-faktoring qiymati; a_j – operativ hodim tomonidan F_j omilga bog'liq vazifalarni hal qilishdagi o'rtacha yo'qotish; K_z – ikkinchi darajali poezd kechikishlarning o'sish koeffitsienti, u poezd oqimi va uchastka parametrlariga bog'liq.

Tizimni ishga tushirishdagi qo'shimcha iqtisodiy samaradorlikni (7) formula orqali hisoblandi:

$$Y = \frac{K_h}{(C_o + C_s + C_{im} + C_{ee})} \quad (7)$$

bu yerda: K_h – tizimni ishga tushirishdagi kapital harajatlari, (so'm); C_o – mehnatga haq to'lash fondi (so'm/yil); C_s – ijtimoiy soliq (so'm/yil); C_{im} – tizimni

ishga tushirish jarayonidagi transport, montaj ishlari, materiallar sarfi va boshqa harajatlari, (so'm); C_{ee} – elektr energiya uchun sarflanadigan harajatlari, (so'm).

Bundan tashqari, tizimning amortizatsiya harajatlarini ham inobatga olish zarur bo'ladi. Amortizatsiya harajatlarini quyida keltililgan formula orqali aniqlandi:

$$C_a = \frac{N_a \cdot T_m}{\Delta} \cdot t_i \cdot k, \quad (8)$$

bunda, N_a – amortizatsiyaning yillik me'yori (so'm); T_m – tizimning tarkibiy qismidagi qurilmalarning tan narhi (so'm); Δ – yillik ish vaqti (soat); t_i – tizimni ishlab chiqish uchun ketadigan vaqt, (soat); k – tizimni tashkil qilgan qurilmalar soni.

Iqtisodiy samaradorlikning eng muhim omillaridan biri sifatida, O'zbekistonda mahalliy mikroprotsessorli markazlashtirilgan dispetcherlik tizimini ishlab chiqilgani va chet eldagi firmalar tomonidan taklif qilinadigan tizimlardan voz kechish hisoblanadi. Bunda iqtisodiy samaradorlik tizilarning narx-navolari orasidagi farqlarda yaqqol namoyon bo'ladi.

3. Xulosa

Yakuniy natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan nazorat usuli markazlashtirilgan dispetcherlik tizimida yo'l relesi takrorlovchi relelariga ruxsatsiz qo'shimcha quvvat berilish holatlarini aniqlashda yuqori aniqlik va ishonchlikni ta'minlaydi. Ushbu yondashuv rels zanjirning yolg'ondan bo'sh yoki band ko'rinishini oldini olish imkonini beradi va poyezdlar harakat xavfsizligini mustahkamlaydi.

O'tkazilgan iqtisodiy tahlillar natijasida taklif etilgan tizimning amaliy joriy etilishi nafaqat texnik, balki iqtisodiy jihatdan ham samarali ekanligi aniqlandi. Mahalliy ishlab chiqilgan markazlashtirilgan dispetcherlik tizimidan foydalanish orqali import o'rni bosish, xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va yuqori tezlikdagi poyezdlar harakatini yanada samarali tashkil etish imkoniyati mavjud. Natijada, ushbu usul temir yo'l transportida xavfsizlikni oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash bo'yicha muhim amaliy yechim sifatida baholanishi mumkin.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Kokurin I.M. Teoriya i metody obosnovaniya urovnya avtomatizatsii upravleniya protsessami perevozok na osnove sistem jeleznodorojnoj avtomatiki i telemexaniki: Dis. na soisk. uchyonoy step, d.t.n. -L.: LIIT, 1986.- s.

[2] Chebotnikov V.A. Informatsionnoe obespechenie poezdnykh dispetcherov v sisteme dispetcherskoy sentralizatsii: Dis. na soisk. uchyonoy step, k.t.n.-L.: LIIT, 1985.- 210 s.

[3] Типовые требования к регистрации, отображению прогнозированию, учету и анализу движения поездов в автоматизированных системах диспетчерского контроля и управления на диспетчерских участках и в железнодорожных узлах [Текст] / Г.М. Грошев, А.С. Башилов, В.В. Ипатов // Руководящий документ. Утв. МПС РФ 25.06.99 СПб.: МПС РФ, 1999. – 78 с



[4] Хатламаджиян А. Е. Методы автоматизации процессов логического контроля в транспортных системах диспетчерского управления на основе гибридных моделей и генетических алгоритмов. – 2005.

[5] Muhiddinov O.O. Dispetcherlik boshqaruvdagi oraliq stansiyalarda marshrutlarni avtomatik sozlash. Transportda resurs tejamkor технологиялар, - Тошкент: ТДТУ, 2021. – С. 368-373.

[6] Болтаев С.Т., Муҳиддинов О.О., Хокимжонов М.Ю. (2023). “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ таркибидаги диспетчерлик марказлаштириш тизимларининг таҳлили. Transportda resurs tejamkor технологиялар, - Тошкент: ТДТУ, 2021. – С. 368-373.

[7] Muhiddinov, O., & Boltayev, S. (2023). Route management modeling of high-speed trains on the train dispatcher section. In E3S Web of Conferences (Vol. 376). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337604033>.

[8] Болтаев С.Т. Особенности кодирования автоматической локомотивной сигнализации при вводе смешанного высокоскоростного движения на станциях // Интеллектуальные системы на транспорте: Материалы V МНПК «ИнтеллектТранс-2015», СПб., 2015, с. 373-379.

[9] Никитин А.Б., Болтаев С.Т., Глыбовский А.М. Особенности реализации функций электрической централизации для высокоскоростных поездов на линиях смешанного движения / А.Б. Никитин, С.Т. Болтаев, А.М. Глыбовский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – № 2. – С. 215-228.

[10] Никитин А.Б., Болтаев С.Т. Оценка состояния инфраструктуры железнодорожной автоматики и телемеханики Узбекистана для введения высокоскоростного движения / А.Б. Никитин, С.Т. Болтаев // Автоматика на транспорте. – 2015. – Том 1, № 3. – С. 51-70.

[11] Болтаев С.Т. Оптимизация затрат в системах интервального регулирования на малодейственных железных линиях / М.Н. Василенко, В.В. Сапожников, А.Б. Никитин, А.Д. Манаков, С.Т. Болтаев, И.В. Кушпиль // Перспективы будущего в образовательном процессе: сборник тезисов Национальной научно-технической конференции. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016, с. 27-30.

[12] Aripov, N., Sadikov, A., & Ubaydullayev, S. (2021). Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems. E3S Web of Conferences, 264.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Muhiddinov Obidjon	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika”
Omonjon o'g'li / Muhiddinov Obidjon	kafedrası tayanch doktoranti E-mail: muhiddinovobidjon@gmail.com
Omonjon ugli	Tel.: +998919229393 https://orcid.org/0000-0003-2352-7473



Determination of the seismic resistance of lavine-protecting galleries in the conditions of Uzbekistan

P.A. Begmatov¹^a, F.F. Eshonov¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article examines the theoretical and experimental determination of the load magnitude and the penetration depth into the arch gallery structure when a single stone falls. When applying antiseismic structures, it is necessary to consider the degree of risk from the proposed changes in the structure, as there is a possibility that the economically developed structure in the event of a possible earthquake will lead to negative final results. Also, when determining the uniformly distributed vertical load from the weight of the avalanche snow, the normal load on the surface of the damper from the impact of the avalanche and the speed of avalanche movement are determined according to the calculated profile.

Keywords: avalanche gallery, arch gallery, earthquake, rockfall, rockfall load, railways, complex terrain, seismic resistance

Определение сейсмостойкости лавинозащитных галерей в условиях Узбекистана

Бегматов П.А.¹^a, Эшонов Ф.Ф.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Annotatsiya: В статью рассмотрено теоретически и экспериментально определены величина нагрузки и глубина проникновения в конструкцию арочной галереи при попадании одиночного камня. При применении антисейсмических конструкций необходимо рассматривать степень риска от предлагаемых изменений в сооружении, т.к. возможен вариант когда экономически разработанная конструкция при возможном землетрясении приведет к отрицательным конечным результатам. А также определении равномерно распределенной вертикальной нагрузки от веса лавинного снега, нормальная нагрузка к поверхности амортизирующей отсыпки давления от удара снежной лавины и определение скорости движения лавины производим по расчетному профилю.

Kalit so'zlar: галерея лавин, арочная галерея, землетрясение, камнепад, камнепадная нагрузка, железные дороги, сложный рельеф местности, сейсмостойкость

1. Введение

Железнодорожный транспорт Республики Узбекистан выполняет перевозки массовых грузов и значительные пассажирские перевозки как внутри республики, так и в межгосударственном сообщении. Бесперебойность в работе железных дорог имеет исключительное значение. В горах безопасному движению поездов мешают снежные лавины. Для бесперебойного движения поездов требуется возведение защит от лавин, среди которых важное место занимают противолавинные галереи. Многие вопросы конструирования и строительства этих галерей недостаточно изучены и результаты исследований не в полной мере отражены в нормативных документах. Сегодня именно снежные лавины – одно из главных ограничений возможностей освоения ресурсов горных территорий.

Республика Узбекистан расположена в центральной части Евразийского континента между 37 и 45° с. ш., 56

и 73° в. д. на северной границе субтропического и умеренного климатических поясов. Площадь республики составляет 447,7 тыс. км², из которых 78,8% приходится на равнины, 21,2% – на горы и предгорья. Территория относится к засушливой зоне Средней Азии. Четыре пятых территории страны расположены в пределах особенно уязвимых к возможным изменениям климата среднеазиатских полупустынь и пустынь, обведенный с юго-востока и востока горными системами. [1].

2. Методология исследования

Определение нагрузки на арочную галерею от удара одиночного камня. Горные районы Узбекистана вовлекаются в сферу хозяйственной деятельности. Помимо развития нефтедобычи, горнодобывающей промышленности и энергетики. Но освоение горных районов сопряжено с необходимостью учета опасности

^a  <https://orcid.org/0000-0003-0160-9814>

^b  <https://orcid.org/0000-0003-3252-9091>



присущих горам стихийно-разрушительных явлений и в первую очередь – снежных лавин и камнепадов.

Повреждения элементов железнодорожного пути от периодического воздействия снежных лавин и камнепадов приводят к длительным нарушениям движения поездов, а экономические потери связаны с необходимостью восстановления дорогостоящего верхнего строения пути (разрыв рельс, смещение шпал, разрушение скреплений, балласта и земляного полотна). Для бесперебойного движения поездов требуется возведение защитных сооружений. Многие вопросы их конструирования и строительства недостаточно изучены, а результаты исследований не в полной мере отражены в нормативных документах. Сегодня снежные лавины и камнепады – одно из главных ограничений возможностей транспортного освоения горных территорий, а возведение защитных сооружений связано с дополнительными затратами, которые увеличиваются в процессе их эксплуатации.

К строительным условиям, которые в той или иной мере усложняют строительство железнодорожных линий и являются факторами удорожания строительства, можно отнести следующие: - сложный рельеф, - высокая сейсмичность, - инженерно-геологические условия, - инженерно-гидрологические условия, - неосвоенность территорий, - суровый климат. Сложный рельеф характеризуется разницей высотных отметок, перепад которых может быть весьма существенным, что влияет в первую очередь на километровый объем земляных работ, протяженность линии и количество крупных и малых искусственных сооружений [2].

В процессе теоретических и экспериментальных исследований была получена глубина погружения камня в грунт и определена величина нагрузки, передаваемая на перекрытие галереи, которая работает на изгиб и является наиболее уязвимой частью сооружения. Опорой для перекрытия галереи служат подпорная стена и опорные колонны, которые по условиям выполнения своих функций находятся в несколько лучших условиях, но все эти части обладают различной динамической жесткостью, что усложняет условия совместной работы при воздействии землетрясения. Галерея арочной конструкции представляет собой единую систему по жесткости, а элементы ее конструкции работают, в основном, на сжатие, что дает возможность полнее использовать прочностные свойства бетона и снизить процент армирования [3].

Необходимо уточнить глубину проникновения одиночного камня в грунт засыпки галереи, а также силу удара камня на конструкцию арочной камнезащитной галереи, условия работы которой значительно отличаются от галереи прямоугольного очертания. Кроме того, расчеты и экспериментальные

исследования ударных нагрузок от камня на галерею должны выявить влияние свойств грунтов засыпки и степень их увлажненности, что позволит рекомендовать определенные грунты для улучшения условий работы галереи при землетрясении, активизирует сход и ослабит воздействие камней.

Нормативное воздействие от прохождения лавины принимается в виде сочетания следующих нагрузок [4]:

1. Равномерно распределенной динамические нагрузки от веса лавинного снега

$$q = \gamma_c h_{\text{л}}$$

где $h_{\text{л}}$ – проектная высота слоя лавинного снега, м.

2. Нормальная нагрузка к поверхности изолирующей покрытие давления от удара снежный обвал

$$\rho_{\text{л}} = \frac{\gamma_c}{q} v_{\text{л}}^2 \sin^2 \beta_0$$

β_0 – угол между направлением удара и поверхностью амортизирующей отсыпки;

v^2 – скорость движения лавины в момент удара (м/с), определяется из выражения

$$S = 2.3 \frac{a}{K^2} l g ;$$

S – длина участка пути одинакового уклона, м;

a – ускорение движения, м/с

$$a = q(\sin \alpha_n - f \cos \alpha_n)$$

f – коэффициент трения лавинного снега при движении.

K – коэффициент сопротивления движения лавины.

v_0 – скорость движения лавины в начале участка, м/с

$$v_0 = v_{n-1} \cos(\alpha_n - \alpha_{n-1});$$

v_{n-1} – скорость движения лавины в конце предыдущего участка, м/с;

α_{n-1} – угол наклона предыдущего участка, град;

v – скорость движения лавины в конце данного участка, м/с.

$$v = \sqrt{v_n^2 + 2g(\sin \alpha_n - f \cos \alpha_n)S}$$

Предельная скорость пылевидных и прыгающих лавин независимость от уклона пути

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2gh\rho_c/\rho_B}$$

где h – высота снежная лавина, образующего лавину, м;

ρ_c – плотность снега, н/м³;

ρ_B – плотность воздуха.

Сила трения лавины в плоскости поверхности изолирующей отсыпки направлена в сторону движения лавины

$$t = (q \cos \alpha_{\text{от}} - \rho_0) f - q \sin \rho_{\text{от}}$$

где t – удельная сила трения, н/м².

Определение скорости движения лавины производим по расчетному профилю. Значение элементов рассматриваемого профиля приведено в табл. 1.

Таблица 1

№	Длина пути, м	Крутизна участка, 2 л град	Ускорение движения лавины, м/с ²	Коэф. сопротивления движения лавин	Скорость в конце участка, м/с
1	390	31	1,18	0,06	18,7
2	790	29	2,6	0,06	41,5
3	315	23	2,3	0,06	40,6
4	510	19	0,8	0,06	29,4
5	309	24	1,2	0,06	23,5
6	75	10	-0,9	0,06	15,9
7	60	0	-2,8	0,5	0



Склон около галереи имеет максимальную крутизну $\alpha=60^{\circ}$, высота падения обломков горная порода $H=65$ м. скорость снижения камня на кролю галереи определяется по формуле

$$v_p = \varepsilon\sqrt{H}$$

Нормативная нагрузка от удара одиночного камня рассчитывается по формуле

$$P = 2\gamma x \left[2tg^4 \left(45^{\circ} + \frac{\vartheta}{2} \right) - 1 \right] F$$

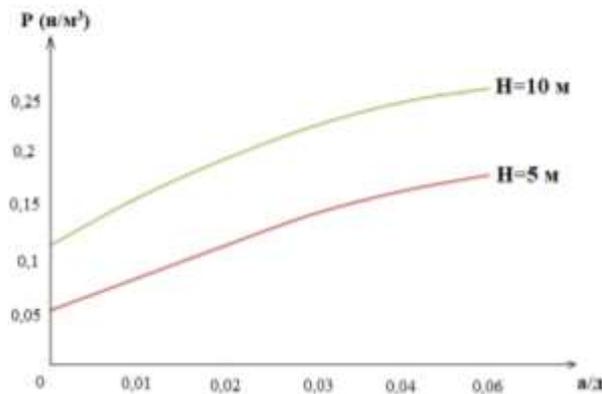


Рис. 1. Изменение давления грунта на галерею (по оси сеч 2.) от интенсивности сейсмического воздействия

F – площадь диаметрального сечения камня предполагаемый объема, условного принятого шаровой формы и назначенного по материалам дополнительный исследование, m^2 ;

X – глубина проникновения камня в амортизирующую отсыпку, м;

$$X = v_p \sqrt{\frac{Q}{2\gamma v F}} \sqrt{\frac{1}{2tg^4 \left(45^{\circ} + \frac{\vartheta}{2} \right) - 1}}$$

Q – масса камней ориентировочный объема, кН;

v_p – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Расчетный объем камня $1,0 m^3$, условно принятого цилиндрическая форма, радиус шара

$$R = \sqrt[3]{\frac{3}{4}\pi}; m$$

Площадь диаметрального сечения:

$$F = \pi R^2$$

Сила удара камня будет распределяться через изолирующий отсыпку в предположении плоского распределяющего действия ее под углом

$\vartheta=40^{\circ}$ к направлению удара. Угол падения камня принимаем равным 60° к горизонту по направлению склона.

Для районов высокой интенсивности возможного землетрясения необходимо, в целях обеспечения сейсмостойкости галерей, связь конструкции по контуру, что можно достичь установкой арматуры по бетонному полу с замоноличиванием в фундаменты колонны и верхней подпорной стенки. Это мероприятие предохраняет от возможного обрушения колонны, что иногда являлось причиной разрушения колонны на крутых косогорах при землетрясении или сходе лавины. Выход металла при этом незначительный, так как такая связь нужна только в опорах колонн.

В сейсмических районах для галерей эти конструкции фундаментов приемлемы по ряду причин:

1. Имеют относительно малый собственный вес.
2. Высокая индустриальность.
3. Имеют большую опорную часть грунта как основание и присоединенную массу грунта, при этом других конструкциях фундаментов, а значит колонна получит меньше осадки и при землетрясении, и при обычных условиях.
4. Являются более податливыми при динамических нагрузках, т.е. позволяют некоторые деформации, не разрушаясь при этом.

Результат анализа действия активного давления грунта на верхнюю подпорную стенку показывает, что не учет взаимодействия, верхней подпорной стенки и всей галереи, не учет пространственной ее работы, в целом дает перерасход материала на возведение подпорной стенки.

Как показывают экспериментальные исследования на моделях и с частичной проверкой на натурных сооружениях (используя промышленные взрывы) от 10 до 20 % активного давления грунта на верхнюю подпорную стенку компенсируется пространственной работой галереи в целом, т.е. конструкция перекрытия совместно с грунтом и опорными железобетонными колоннами совместно с фундаментом, по существу, улучшает до 20 % условия работы верхней подпорной стенки, что до сих пор в расчетах проектировщиков не фигурирует и необоснованно идет в запас прочности сооружения, т.е. перерасходу строительных материалов. Однако в водонасыщенных грунтах передача активного давления подпорной стенки на всю конструкцию сооружения имеет нижний предел и достигает 10–12 %, но надо учесть, что в водонасыщенных грунтах лавинозащитные галереи почти не строят [5, 6, 7, 8].

3. Выводы

1. Существующие в эксплуатации лавинозащитные галереи запроектированы были без учета основных требований сейсмостойкости.

2. Для бесперебойного и безопасного движения по горным дорогам необходимо защищать их от возможных обвалов, заносов, камнепадов, водных потоков, снежных лавин, селей, устраивая специальные искусственные сооружения, обеспечивающие стабилизацию горного массива и защиту дороги.

3. Уменьшение глубины проникновения одиночного камня в грунт засыпки и ударной нагрузки можно объяснить большей общей жесткостью арочной галереи по сравнению с прямоугольной, что приводит к увеличению горизонтальной составляющей от удара камня.

Список использованной литературы / References

[1] Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 252 с.

[2] Петрушин А. В. Технология трассирования железной дороги в районах с высокой сейсмичностью. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2019. – 205 с.



[3] Абдужабаров А.Х., Маткаримов А.Х., Эшонов Ф.Ф. Лавинозащитные галереи для железных дорог Узбекистана // Архитектура, строительство и дизайн. Узбекистан. Т. 16. № 4. 2021, декабрь. С. 140-143.

[4] Инструкция по проектированию и строительству противолавинных сооружений. СН 517-80. – М.: Строиздат, 1980. С.16.

[5] Абдужабаров А.Х., Джансериков Т., Бектенов А. Учет пространственной работы лавинозащитных галерей при расчете на сейсмические воздействия // Строительство и архитектура. Экспрес-информация. – 1991. – №10. С.5-7.

[6] Абдужабаров А.Х. Влияние скоростного движения поездов на лавинозащитные галереи. Материалы Первой Международной научно – практической конференции 18-19 октября 2000 г., Алматы, стр. 96-100.

[7] Хожметов Г., Абдужабаров А.Х., Омельяненко В. Сейсмостойкость специальных инженерных сооружений // Строительство и архитектура Узбекистана. – 1986. № 8. С.14-17.

[8] Шахуняц, Г. М. Железнодорожный путь : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г. М. Шахуняц – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1987. – 479 с.

Информация об авторах / Information about the authors

Бегматов
Пардабой
Абдурахимович /
Pardaboy
Begmatov

Ташкентский государственный
транспортный университет,
доцент кафедры
железнодорожного транспорта,
PhD
E-mail: pbegmatov_1986@mail.ru
Tel.: +998 99 874 70 86
<https://orcid.org/0000-0003-0160-9814>

Эшонов Фарход
Файзуллахужаев
вич / Farkhod
Eshonov

Ташкентский государственный
транспортный университет,
старший преподаватель кафедры
железнодорожного транспорта
E-mail: far-hod83@mail.ru
Tel.: +99 899 815 71 93
<https://orcid.org/0000-0003-3252-9091>



Studying the stability of the slide slope of a railway section

R.Kh. Mukarramov¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article addresses a pressing issue specific to linear facilities, including railways, ensuring the stability of the railway track in landslide-prone areas, reducing (eliminating) the negative impact of landslides, and assessing landslide hazards using modern mathematical tools for safe and uninterrupted train traffic.

Keywords: Landslide, slope stability, displacement, strength reserve

Temir yo‘l uchastkasi ko‘chki yonbag‘ining barqarorligini tadqiq qilish

Mukarramov R.X.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada poyezdlarning xavfsiz va uzluksiz harakati uchun zamonaviy matematik vositalardan foydalangan holda chiziqli obyektlarga, shu jumladan temir yo‘llarga xos bo‘lgan dolzarb masala, ko‘chki xavfi bo‘lgan hududlarda temir yo‘l izining barqarorligini ta‘minlash, ko‘chkilarning salbiy ta‘sirini kamaytirish (bartaraf etish) va ko‘chki xavfini baholash masalalari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Surilish, qiyalik turg‘unligi, siljish, mustahkamlik zaxirasi

1. Kirish

Insonning atrof tabiiy muhitga ta‘siri unda kishilik jamiyatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadigan o‘zgarishlarni keltirib chiqaradi. Tog‘li hududlarda yangi temir va avtomobil yo‘llarining qurilishi, transport vositalari, ayniqsa, og‘ir transport vositalari harakatining yildan yilga ortib borishi xavfli geologik jarayonning yuzaga kelishiga sabab bo‘lmoqda. Tog‘li hududlarda qurilayotgan va ekspluatatsiya qilinayotgan suv va qishloq xo‘jaligi obyektlari, tog‘-kon sanoati korxonalari, turar-joy majmualari infratuzilmasi urbanizatsiyalashgan tog‘li hududlarning alohida uchastkalariga Nratsional yuklamalar ta‘sirining oshishiga, shuningdek, yangi ko‘chki xavfi bo‘lgan zonalarning shakllanishiga olib kelmoqda.

Atrofimizda tabiiy-texnik tizim (TTT), ya‘ni tabiiy muhitning muhandislik inshootlari bilan o‘zaro ta‘sirining shakllari va holatlari majmui vujudga keladi. Tabiiy-texnik tizim chegaralarga ega va uning (ularning) ta‘sir zonasidagi geologik muhitning bir qismi bilan muhandislik inshooti (inshootlar majmuasi) to‘plamini ifodalaydi [1]. Chegaralarni aniqlash masalasi ancha murakkab, lekin, odatda, quyi chegara litosferaga texNegen ta‘sirining kirib borish chuqurligiga mos keladi, yuqori chegara litosferaning yer yuzasiga yaqin qismida joylashgan. Shunday qilib, har qanday tabiiy-texnik tizim o‘zaro ta‘sir qiluvchi tarkibiy qismlarning vaqt va makonda yaxlit va tartibli majmui sifatida mehnat mahsulotlari va vositalarini, tabiiy yoki sun‘iy o‘zgartirilgan tabiiy muhitni o‘z ichiga oladi. Masalan, temir yo‘lda o‘yima texNegen ta‘sir natijasida shakllangan va mohiyatan geologik muhitning bir qismini tashkil qiladi yoki ko‘tarma tabiiy, ammo texNegen buzilgan gruntndan tashkil topgan. Umuman olganda, qazilma va ko‘tarma yonbag‘irlari, temir yo‘l va avtomobil yo‘llari polotNesi o‘ziga xos muhandislik-geologik jarayonlar bilan

transport tabiiy-texnik tizimlari (TTTT) - TTT tarkibida yagona majmuani hosil qiladi [2]. Geologik muhitda texNegen ta‘sir natijasida vujudga keladigan bunday jarayon va hodisalarni tabiiy-texNegen deb hisoblash qabul qilingan.

Dunyoda so‘nggi yarim asrda qurilayotgan yangi temir yo‘llarning aksariyati murakkab iqlim va topografik sharoitlarda barpo etilmoqda. Ushbu temir yo‘llar quriladigan hududlar seysmik faol yoki ko‘chkilarga moyil bo‘ladi. Poyezdlarning xavfsiz va uzluksiz harakati uchun ko‘chki xavfi bo‘lgan hududlarda temir yo‘l yer polotNesining barqarorligini ta‘minlash, ko‘chkilarning salbiy ta‘sirini kamaytirish (bartaraf etish), zamonaviy matematik apparatdan foydalangan holda ko‘chki xavfini baholash usulini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

Yonbag‘ir yoki kotlovan turg‘unligi muhandislik-geologik qurilishda eng ko‘p uchraydigan masalalardan biridir. Yonbag‘ir har doim og‘irlik kuchi tufayli o‘z og‘irligining potensial energiyasiga ega bo‘ladi va agar yonbag‘irga tashqi kuchlar, masalan, g‘ovak bosimi, qo‘yilgan yuk, zilzila, to‘lqin kuchi va boshqalar ta‘sir qilsa, bu uning barqarorligiga katta ta‘sir ko‘rsatadi. Bu yerda yonbag‘irning faol kuchi gruntning qarshilik kuchidan katta bo‘lganda yonbag‘irning buzilishi sodir bo‘lishi mumkin. Yonbag‘ir mustahkamligini tahlil qilishda aktiv kuch va yonbag‘irning qarshilik kuchi o‘rtasidagi nisbatdan foydalanib, buzilishga chidamlilik baholanadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

So‘nggi paytlarda chekli elementlar usulini turg‘unlikni baholash usuli sifatida qo‘llash bo‘yicha faol tadqiqotlar davom etmoqda, masalan, qiyalikdagi buzilish, chekli elementlarning kuchli tomonlari, masalan,

^a  <https://orcid.org/0000-0002-8481-3281>



deformatsiyalangan shaklni tekshirishning soddaligi, hatto turli yuklar va chegaraviy sharoitlarda ham.

MIDAS GTS NX da chekli elementlar usulidan foydalangan holda qiyaliklar turg'unligini tahlil qilishning qo'llaniladigan usullari mustahkamlikni kamaytirish usuli va chegaraviy muvozanat nazariyasiga asoslangan kuchlanishlarni tahlil qilish usulidir.

Yonbag'ir turg'unligini chekli elementlar usulida tahlil qilish - bu muvozanatning barcha kuch shartlarini, muvofiqlik shartlarini, aniqlovchi tenglamalarni va yonbag'irning har bir nuqtasining chegara shartlarini qoniqtiradigan batafsil taqribiy yechimlardir. Raqamli tahlilning bu usuli buzilishlarning deyarli haqiqiy shakllarini modellashtirish, dala sharoitlarini yaxshiroq aks ettirish va minimal mustahkamlik zaxirasi ko'effitsiyentini va buzilish paytida qiyalikning harakatini batafsil tahlil qilish imkonini beradi. Xususan, buzilish jarayoni qiyalikning buzilish tekisligiga nisbatan hech qanday taxminlarsiz avtomatik ravishda modellashtiriladi.

Mustahkamlikni kamaytirish usuli (chekli elementlar usuliga asoslangan qiyalik turg'unligini tahlil qilish usuli) siljishga bo'lgan mustahkamlikni asta-sekin kamaytiradi va hisoblash yaqinlashmaguncha tahlilni amalga oshiradi. Bu nuqta yonbag'irning buzilish nuqtasi hisoblanadi va bu nuqtada mustahkamlikning pasayish maksimal ko'effitsiyenti yonbag'irning minimal mustahkamlik zaxirasi ko'effitsiyenti sifatida qaraladi. Ushbu usul ko'p resurs talab qiladi, chunki u bir nechta chiziqli bo'lmagan tahlillarni talab qiladi, ammo oqilona vaqt ichida aniqroq natijalarni ta'minlashi va ma'lumotlarni qayta ishlash tezligini oshirishi mumkin. Bundan tashqari, mustahkamlikni pasaytirish usuli boshlang'ich deformatsiyadan yemirilishgacha bo'lgan deformatsiya jarayonini yemirilish tekisligiga nisbatan hech qanday zarur farazlarsiz tekshirish imkonini beradi.

Mustahkamlikni pasaytirish nazariyasi (MRN). Mustahkamlikni kamaytirish usulidan foydalanib, qiyalikdagi buzilishni modellashtirish uchun, quyidagi rasmda ko'rsatilganidek, Mor doirasining buzilish chegarasiga tegib turgan ixtiyoriy nuqtada zaxira ko'effitsiyenti hisoblanadi. Bu nuqtadagi zo'riqish holatini yemirilish holati sifatida aniqlash mumkin va bu yemirilish nuqtasi kattalashganda yonbag'irning umumiy o'pirilishi sodir bo'ladi. Ushbu chegaraviy holatda chekli elementlar usuli bilan tahlil qilish uzoqlashadi va bu nuqtadagi xavfsizlik ko'effitsiyenti minimal xavfsizlik ko'effitsiyenti sifatida aniqlanadi.

Mustahkamlikni pasaytirish usulida materiallarning Kulon-Mora, Kulon-Druker-Prager va modifikatsiyalangan Kulon-Mora modellari qo'llaniladi. Bu yerda ishlatiladigan kirish o'zgaruvchilariga kelsak, barcha o'zgaruvchilar o'zgarma qiymatga ega deb taxmin qilinadi, siljishdagi buzilishni aniqlaydigan ilashish, ishqalanish burchagi va kengayish burchagi bundan mustasNe. Grunt elementlariga (yassi deformatsiya, o'qqa nisbatan simmetrik, qattiq) mos keluvchi kogeziya, ishqalanish burchagi va dilatatsiya burchagi asta-sekin kamayib boradi.

Yoy uzunligi usulida mustahkamlikni kamaytirish (SAM). Mavjud mustahkamlikni pasaytirish usuli va yoy uzunligi usulidan foydalanadigan usul o'rtasidagi asosiy farq mustahkamlikni pasaytirish uchun standart bo'lgan xavfsizlik ko'effitsiyentini oshirish/kamaytirish usulidir. Mavjud usul foydalanuvchi tomonidan joriy qadamning xavfsizlik ko'effitsiyentini ma'lum bir ortirma bilan nazorat qilish orqali keyingi qadamning xavfsizlik ko'effitsiyentini hisoblaydi. Shunday qilib, muhandisning fikrisiz juda

barqaror modellar yoki beqaror modellar uchun samarasiz hisoblash sodir bo'ladi, chunki bir tekis xavfsizlik ko'effitsiyenti oshadi. Biroq, yoy uzunligi usulidan foydalanib, yoy uzunligi oldingi qadamning yaqinlashish tezligini hisobga olgan holda hisoblanadi va shu yo'l bilan xavfsizlik ko'effitsiyentining mosroq ortirmasini olish mumkin.

Yonbag'irlar turg'unligini baholashning ikki usulidan foydalanish yonbag'irlar turg'unligini oshirishning u yoki bu muhandislik vositalarini qo'llashda maksimal to'liq manzarani olish va o'zgaruvchanlikka ega bo'lish imkonini beradi. Shuni ta'kidlash kerakki, SRM usuli bilan butun yonbag'irning eng kam barqaror qismida eng past barqarorlik ko'effitsiyentini avtomatik ravishda aniqlash bilan yonbag'irning umumiy barqarorligi hisoblanadi. Vaholanki, SAM usuli virtual sirpanish sirtini hisoblash uchun markazlar va urinmalar sohasini oldindan aniqlashni talab qiladi.

Kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining statik hisoblari chekli elementlar usulida bajarilgan. Chekli elementlar usulidan foydalangan holda hisoblangan sohaning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati haqidagi chegaraviy masalani yechish quyidagi tenglamalar sistemasini sonli yechishga keltiriladi:

$$[K]\{u\} = \{F\}$$

bu yerda:

[K] - qattqlik matritsasi;

{u} - tugun ko'chishlar vektori;

{F} - yuklamalar vektori

Hisob-kitoblarni bajarish uchun boshlang'ich ma'lumotlar obyekt bo'yicha muhandislik-geologik qidiruvlar to'g'risidagi hisobotga muvofiq qabul qilindi: "Toshguzar - Boysun - Qumqo'rg'on" temir yo'l liniyasi qurilishi. "Toshguzar - Aqrabot" uchastkasi. "Chashmaifazon - Aqrabot" peregonining 103 km.dagi ko'chki qiyaligi (keyingi o'rinlarda - "IDI hisoboti"). Dastlabki ma'lumotlar asosida IGI hisobotida keltirilgan eng xarakterli muhandislik-geologik kesimlar (1-1 va 3-3 kesimlar) asosida "ko'chki-asos" tizimining ikkita 2D modeli qurildi.

IGI hisobotiga ko'ra, ko'chkining quyidagi xususiyatlari keltirilgan:

1. Morfologik mezonlariga ko'ra detruziv, sirksimon tipdagi konsekvant ko'chkiga kiradi;
2. Ko'chki kengligi, uzilish qirrasini bo'ylab uzunligi (uzilish yorig'i) ~ 400m;
3. Ko'chki uzunligi, (harakat yo'nalishi bo'yicha) uzilish chetidan temir yo'l chizig'igacha, taxminan 500 m;
4. Ko'chki tanasining taxminiy o'rtacha maydoni - $400m \times 500m = 200\,000m^2$;
5. Ko'chki tanasining taxminiy qalinligi yuqori qismida 4,5-7,0 m dan o'rtacha va pastki qismida 10,0-12,0 m gacha o'zgarib turadi, o'rtacha 8,0 m atrofida bo'lib, pastki qismida, ehtimol, qazilma tubi bilan chegaralanadi;
6. Ko'chki tanasi argillitli gildan tashkil topgan, nuragan, ola-chipor, to'q kulrangdan sariq-jigarranggacha va to'q binafsha ranggacha, to'q sariq tomirlar bilan, nuragan, kristallar ko'rinishidagi gips qo'shimchalari bilan, chig'anaq bo'laklari bilan, qumtosh chaqiq toshlari bilan, temirlanish dog'lari va tomirlari bilan, qattiq, kesakdan qatlamlargacha.
7. Ko'chki jarayoni gillarda zaiflashgan zonalar bo'ylab, ehtimol qatlamlanish yuzalari bo'ylab sodir bo'ladi.
8. Uzilish chegarasi (ko'chki boshi) mintaqasidagi mutlaq balandliklar 1505 dan 1522 m gacha o'zgaradi;



9. Yonbag'irning quyi qismidagi absolyut otmekalar (taxmin qilinayotgan ko'chki tubi) 1443 dan 1449 m gacha o'zgaradi;

10. Qiyalik tikligi ~ 10-15°;

11. Gilli jinslarning yotish burchagi ~ 20-30°;

12. Gillarning yotish azimuti - 40° shimoli-sharq.

Umumiy ko'chishni, X va Y o'qlari bo'yicha kuchlanishni, shuningdek, ustuvorlikni aniqlash bo'yicha ko'p variantli hisob-kitoblar quyidagi hisob-kitob holatlari uchun amalga oshirildi:

Ko'chki qiyaligining turg'unligini hisoblash seysmik qiyalikni hisobga olgan holda ikkita muhandislik-geologik kesim uchun ikki variantda (ho'l qiyalik va quruq qiyalik) amalga oshirildi.

Hisob-kitoblarda yuklamalarning quyidagi turlari hisobga olingan:

- o'z og'irligi;

- ko'tarmaning temir yo'l cho'qqisi bo'yilab bir tekis taqsimlangan yuklama;

- seysmik ta'sirdan yuklama.

Har bir variant seysmik ta'sir holatida hisoblangan (8 ball). Seysmik ta'sir seysmik tezlanish epyurasi bo'yicha berilgan. Maksimal qiymatlar g dan ulushlarda 0,1562 g ni tashkil etdi.

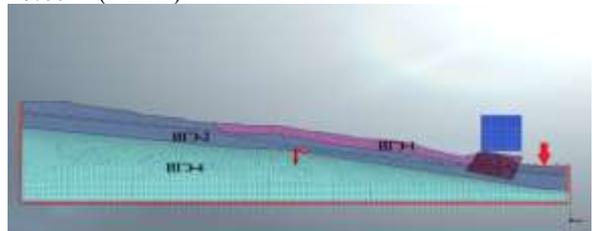
Barqarorlikni hisoblash MIDAS GTS NX hisoblash kompleksida amalga oshirildi. Ushbu dastur geotexnik, muhandislik va ilmiy masalalarni tahlil qilish uchun mo'ljallangan.

MIDAS GTS NX shaxsiy kompyuterida gruntlarni belgilash uchun Mora-Kulon modelidan foydalanildi. MIDAS GTS NX da hisoblashda yonbag'irlar turg'unligini hisoblashning quyidagi usullaridan foydalanildi:

- Reduksiya usuli (SRM) chekli elementli modelda mustahkamlikni kamaytirish yo'li bilan hisoblashning chiziqli bo'lmagan usuli.

- Kuchlanishlarni tahlil qilish usuli (SAM) - bu usul chegaraviy muvozanat nazariyasidan foydalangan holda chiziqli bo'lmagan chekli elementli masalani yechishga asoslangan.

1-1 kesimga asoslangan model tavsifi. Gruntli asos blokining gabarit o'lchami 511x93 m, ko'chki massividan keyin balandlik bo'yicha pasayish 34 m gacha. Ishlab chiqilgan model 2-tartibli yassi (2D) tugunli chekli elementlar bilan approksimatsiyalangan. Modeldagi chekli elementlarning umumiy soni - 18499 ta, tugunlar soni - 18755 ta (1-rasm).

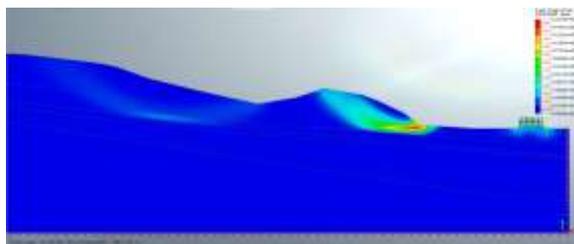


1-rasm. 1-1 kesim bo'yicha hisoblash modeli

1-1 va 3-3 kesimlar bo'yicha qiya massivning ko'chishini

MIDAS GTS NX shaxsiy kompyuteridan foydalanib, gruntlarni belgilash uchun Mora-Kulon modelidan foydalangan holda modellashtirish natijalari 2-4-raslarda keltirilgan.

Quruq qiyalikning turg'unlik zaxirasi koeffitsiyenti SAM usuli bo'yicha hisoblanganda 2,3 va SRM usuli bo'yicha hisoblanganda 3,1 ni tashkil etadi (2-rasm).



2-rasm. 1-1 kesimning quruq qiyaligini ko'tarmaning temir yo'lini hisobga olgan holda turg'unligini hisoblash

X o'qi bo'yilab seysmik ta'sirni hisobga olgan holda quruq yonbag'irning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini (KDH) hisoblashda maksimal siljishlar ko'chki uchastkasining yuqori qismida taxminan 46 sm ga yetadi (3-rasm). O'z navbatida, Y o'qi bo'yilab maksimal siljishlar model burchagida taxminan 37 sm ga yetadi, modelning 90,3% siljishlari esa taxminan 6 mm ni tashkil qiladi.

Seysmik ta'sirni hisobga olgan holda 1-1 kesimning quruq yonbag'irining zaxira koeffitsiyenti SAM usuli bilan hisoblanganda 1,6 va SRM usuli bilan hisoblanganda 1,51 ni tashkil etadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, quruq yonbag'irni SAM usuli bo'yicha hisoblash faqat beqaror ko'chki massivning ko'tarilish vali uchun amalga oshirilgan, SRM usuli esa massivdagi eng beqaror uchastkalar va cho'zuvchi kuchlarni mustahkamlikni kamaytirish usuli bilan avtomatik ravishda aniqlaydi.

X va U o'qlari bo'yicha seysmik ta'sirsiz umumiy kuchlanishni, shuningdek, turg'unlikni aniqlash bo'yicha hisoblar 1-1 kesim bo'yicha hisoblash modelidan foydalangan holda nam yonbag'ir uchun SRM va SAM usullari bilan amalga oshirildi (1-jadval).

1-jadval

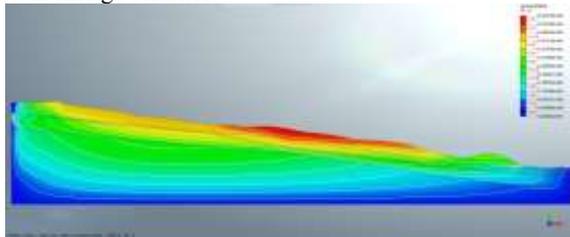
№1, №2, №3 va №4 variantlar uchun qiyaliklarning ustuvorlik koeffitsiyentlari. Yuklamalarning asosiy birikmasi (seysmik ta'sirni hisobga olmagan holda)

№	Hisoblangan holatning Nomi	Yuklamalarning asosiy birikmasi	
		SRM usuli	SAM usuli
1	Variante №1 (1-1 kesma, quruq qiyalik)	Kust=2,3	Kust=3,1
2	Variante №2 (1-1 kesma nam yonbag'ir)	Kust=2,2	Kust=1,65
3	Variante №3 (3-3 kesma quruq yonbag'ir)	Kust=2,8	Kust=2,33
4	Variante №4 (3-3 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,9	Kust=1,59
5	Variante №1 + temir yo'l ko'tarmasi (1-1 kesma, quruq qiyalik)	Kust=2,28	Kust=3,0
6	Variante №2 + temir yo'l ko'tarmasi (1-1 kesma nam yonbag'ir)	Kust=2,01	Kust=1,65
7	Variante №3 + temir yo'l ko'tarmasi (3-3 kesma quruq yonbag'ir)	Kust=2,8	Kust=2,33
8	Variante №4 + temir yo'l ko'tarmasi (3-3 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,9	Kust=1,59

SAM usuli bo'yicha hisoblangan zaxira koeffitsiyenti 1,65 va SRM usuli bo'yicha 2,2 ni tashkil etadi.

X va Y o'qlari bo'yicha umumiy kuchlanishni, qiyalik turg'unligini, shuningdek, X va Y o'qlari bo'yicha tekis kuchlanish holatidagi deformatsiyalarni aniqlash bo'yicha shunga o'xshash hisob-kitoblar seysmik ta'sirni hisobga olgan holda 1-1 kesim bo'yicha hisoblash modelidan

foydalangan holda nam qiyalik uchun SRM va SAM usullari bilan amalga oshirildi.



3-rasm Seysmik ta'sirni hisobga olgan holda nam yonbag'irning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini (KDH) hisoblashda X o'qi bo'ylab siljish izomalari

Seysmik ta'sirni hisobga olgan holda quruq yonbag'irning maksimal siljishi model burchagida taxminan 41 sm ga yetadi, modelning 97,1% siljishi esa 4-rasmda ko'k rang bilan belgilangan 0.8 dan 5.3 sm gacha.



4-rasm. Seysmik ta'sirni hisobga olgan holda quruq yonbag'irning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini (KDH) hisoblashda Y o'qi bo'ylab siljish izomalari

Hisoblash natijalarining tahlili shuni ko'rsatdiki, SAM usuli bo'yicha hisoblangan zaxira koeffitsiyenti 1,12 ni, SRM usuli bo'yicha esa 1,27 ni tashkil etadi.

Hisob-kitob asoslarini bajarish natijalariga ko'ra, seysmik ta'sirni hisobga olgan holda va temir yo'l ko'tarmasi bilan to'rtta variant uchun ko'chki massivi yonbag'irlarining barqarorligi va kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati natijalari olindi (2-jadval).

2-jadval

№1, №2, №3 va №4 variantlar uchun qiyaliklarning ustuvorlik koeffitsiyentlari (Seysmik ta'sirni hisobga olgan holda yuklamalarning alohida kombinatsiyasi)

№	Hisoblangan holatning Nomi	Yuklamalarning asosiy birikmasi	
		SRM usuli	SAM usuli
1	Variant №1 (1-1 kesma, quruq qiyalik)	Kust=1,51	Kust=1,6
2	Variant №2 (1-1 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,27	Kust=1,12
3	Variant №3 (3-3 kesma quruq yonbag'ir)	Kust=1,47	Kust=1,66
4	Variant №4 (3-3 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,21	Kust=1,16
5	Variant №1 + temir yo'l ko'tarmasi (1-1 kesma, quruq qiyalik)	Kust=1,51	Kust=1,6
6	Variant №2 + temir yo'l ko'tarmasi (1-1 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,27	Kust=1,11
7	Variant №3 + temir yo'l ko'tarmasi (3-3 kesma quruq yonbag'ir)	Kust=1,46	Kust=1,65

8	Variant №4 + temir yo'l ko'tarmasi (3-3 kesma nam yonbag'ir)	Kust=1,20	Kust=1,15
---	--	-----------	-----------

3. Xulosa

Olingan ma'lumotlarga ko'ra, "Chashmaixafizon - Aqrabot" peregonining 103 km masofasidagi ko'chki qiyaligi uchastkasida o'pirilish xavfi mavjud, degan xulosaga kelish mumkin. SRM usuli bo'yicha hisoblangan turg'unlik zaxirasi koeffitsiyentlari yetarli ko'rsatkichlarga ega bo'lishiga qaramasdan, SAM usuli seysmik ta'sirda nam yonbag'irning turg'unlik zaxirasi yetarli emasligini ko'rsatadi.

Temir yo'l ko'tarmasi va tegishli yukning tarkibga ta'sirini hisobga olgan va olmagan holda variantlarni taqqoslash shuni ko'rsatdiki, turg'unlik zaxirasi koeffitsiyenti, ayniqsa seysmik ta'sirga ega bo'lgan hollarda, pasayish tendensiyasiga ega.

Biroq, shuni ta'kidlash kerakki, ko'chki xavfini baholash sel oqimining yonbag'ir bo'ylab harakatini hisobga olmasdan amalga oshirilgan, bu, shubhasiz, yonbag'irning haqiqiy barqarorlik holatini yomonlashtiradi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Епишин В. К. Особенности взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений / В. К. Епишин, В. Т. Трофимов // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты / Под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. – С. 32–36.

[2] Безуглова Е. В. Оползневая опасность и риск смещений грунтов на склонах: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.08 / КубГАУ. – Краснодар, 2005. – 200 с.

[3] Методические рекомендации по оценке рисков на железнодорожной инфраструктуре ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД». – М., 2011. – 109 с.

[4] Djabbarov, S. T., & Mukarramov, R. H. (2023). Influence of engineering and geodynamic processes on stability of transport infrastructure. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 01082). EDP Sciences.

[5] Djabbarov, S. T., & Mukarramov, R. H. (2021). The monitoring of dangerous exogen geological processes using the 3D scanner. The Scientific Journal of Vehicles and Roads, 2021(2), 50–59.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Mukarramov Ramazon Toshkent davlat transport universiteti "Kopriklar va tonnellar" kafedrasi dotsenti v.b., t.f.f.d., (PhD),
E-mail: mukarramovramazon@gmail.com
Tel.: +998909585400
<https://orcid.org/0000-0002-8481-3281>



General architecture of an artificial intelligence–based traffic light system:(a case study of school no. 175, Mirobod District, Tashkent)

M.Sh. Chorieva¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Traffic congestion during peak hours around schools negatively impacts transport efficiency, fuel consumption, and emission levels. At School No. 175 in the Mirobod district of Tashkent, an AI–PLC–based traffic light system was tested. The results demonstrated that delays were reduced by 65%, fuel consumption by 30–45%, and emissions by 40–50%.

Keywords: AI-controlled traffic light, roadside schools, vehicular emissions, congestion, queue length, traffic flow optimization, fuel consumption, emission reduction

Sun'iy intellektga asoslangan svetofor tizimining umumiy arxitekturasi: (175-maktab misolida Toshkent, Mirobod tumani)

Choriyeva M.Sh.¹ 

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Kunning pik soatlarida maktablar atrofida yuzaga keladigan tirbandliklar transport samaradorligiga, yoqilg'i sarfiga va chiqindilar hajmiga salbiy ta'sir qiladi. Toshkentning Mirobod tumanidagi 175-maktabda AI–PLC asosidagi svetofor sinovdan o'tkazilib, kechikishlarni 65%, yoqilg'i sarfini 30–45% va emissiyani 40–50% ga kamaytirishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt orqali boshqariladigan svetofor, yo'l yoqasida joylashgan maktablar, atrof muhitga chiqadigan zaharli gazlar, tirbandlik, tirbandlik uzunligi, trafik oqimini optimallashtirish, yoqilg'i istemoli, emissiyalarni kamaytirish

1. Kirish

Odatda yo'l yoqasida joylashgan maktablar atrofida o'quv kunlarining pik vaqtlarida tirbandlik juda yuqori bo'lishi kuzatilindi va o'quvchilarning yo'llarda piyoda sifatida harakatlanishi uchun xavf tug'diradi.

O'zbekistonda har yili yo'l-transport hodisalarida ikki mingdan ortiq kishi halok bo'ladi, ulardan yuzlab bolalar ham bor. 2020–2022-yillarda 0–16 yoshdagi bolalar o'limi 52% ga oshgani bu muammoning jiddiyligini ko'rsatadi [1]. Bu muammolar maktab o'tish joylarida yo'l harakati nazorati choralarning yetarli darajada o'tkazilmaganligi bilan yanada kuchaymoqda, mamlakatdagi yo'l bo'yidagi maktablarning 95 foizdan ortig'ida avtomatlashtirilgan xavfsizlik tizimlari mavjud emas, atigi 4 foizga yaqinida svetofor yoki kameralar o'rnatilgan (1 foizdan kamrog'i funksional kuzatuv kameralariga ega). Bu holat xavfsizlikni yaxshilash va tirbandlikni kamaytirish uchun maktab hududlarida yo'l harakati boshqaruvini yanada samarali va oqilona echimlarga bo'lgan muhim ehtiyojni ta'kidlaydi [2].

Ko'plab xalqaro tadqiqotlar real vaqt rejimidagi ma'lumotlari va sun'iy intellekt algoritmlarini svetoforni boshqarishga birlashtirib, transport oqimi samaradorligini sezilarli darajada yaxshilashga, kechikishlarni kamaytirishga va piyodalar xavfsizligini yaxshilashga erishdi. Misol uchun, Bahar Abdulhay, Genri X. Liu, Stiven F. Smit va boshqalar kabi tadqiqotchilar moslashtirilgan

signalni boshqarish va real vaqtda optimallashtirish aqlli sensor tarmoqlari, real vaqtda ma'lumotlarni qayta ishlash va dinamik signal vaqt algoritmlari yordamida kesishish ish faoliyatini sezilarli darajada yaxshilashi mumkinligini ko'rsatdi [3]. O'zbekistonda piyodalar harakatining yo'l harakati xavfsizligiga ta'siri, yonilg'i sarfining ortishi va signallarning bo'sh turishi natijasida emissiyaning ortishi va tirbandlikni kamaytirishning turli usullari kabi tegishli masalalar o'rganilgan bir qancha tadqiqotlar mahalliy aholining harakatni oqilona boshqarishga qiziqishi ortib borayotganidan dalolat beradi. Biroq, ekologik natijalarni yaxshilash uchun piyodalar o'tish joylarida (ayniqsa, maktablar yaqinida) real vaqt rejimida ish olib boruvchi sun'iy intellektga asoslangan svetofor sikllarini qo'llashda sezilarli natijalar ko'rsatdi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, maktab zonalarida sun'iy intellekt asosida ish olib boradigan svetoforlarni o'rnatishni yo'lga qo'yish transport oqimini optimallashtirish bilan birga tirbandlik va transport vositalarini kutish vaqtlarini sezilarli darajada kamaytiradi, ammo transport vositasidan chiqadigan zaharli gazlar miqdori va atrof-muhit samaradorligiga ta'siri mahalliy sharoitda to'liq o'rganilmagan.

Maktablar yaqinidagi odatdagi svetoforlar – belgilangan vaqt yoki tugma (кнопка)li piyodalar o'tish joylari kunning turli vaqtlarida piyodalar hajmining dinamik o'zgarishini hisobga olmaydi. Ushbu cheklov transport vositalarining

 <https://orcid.org/0009-0007-1857-7392>



ortiqcha kechikishlariga, jumladan, piyodalar oqimi yo'q yoki kam bo'lishiga qaramasdan, sikl tirbandlikni ushlab turganda, maktabga kelish va ketish vaqtlarida svetofor sikli piyoda va transport vositalarini o'tkazishni muvozanatga solinmaganda xavfli vaziyatlar kelib chiqadi. Yuqoridagi muammolarni hal qilish uchun ushbu tadqiqot yo'l yoqasidagi maktab chorrahalarini muhitiga moslashtirilgan sun'iy intellektga asoslangan svetofor tizimining umumiy arxitekturasini taklif qiladi.

Tadqiqotning asosiy muammosi – bu piyodalar oqimi va kunning real vaqt rejimida ish olib boradigan svetofor sikl boshqaruvini ishlab chiqish, shu bilan kesishish tezligi, xavfsizlikni oshirish, avtomobilning bo'sh turishi, yoqilg'i sarfi

va chiqindilarni kamaytirishdan iborat.

Mavzuni o'rganish Toshkent shahri, Mirobod tumanidagi 175-maktabga tutash chorradagi piyodalar o'tish joyiga qaratilgan bo'lib, u yerda o'quvchilarning kelish va ketish vaqtida sezilarli tirbandlik kuzatildi.

Keyingi bo'limlarda yo'l yoqasida joylashgan maktab hududlari va shu kabi sharoitlarda sun'iy intellekt yordamida boshqariladigan svetofor tizimlarini joriy etish bo'yicha xulosalar va amaliy tavsiyalar berildi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Obyekt 2 bo'lakli, har bir yo'nalishda 1 ta harakat bo'lagi mavjud. Maktab ro'parasida 6 ta svetofor mavjud bo'lib, ularning 4 tasi avtomobil uchun (3 rangli), 2 tasi piyodalar uchun svetofor hisoblanadi, ustunga o'rnatilgan holatda.

Ishlash rejimi – tugmali (faqat tugma bosilgandan keyin ma'lum vaqt o'tgach sikl avtomobil uchun qizil, piyoda uchun yashilga o'zgaradi).

1-jadval

Joriy va taklif etilayotgan holat (7¹⁵-8¹⁵)
Simulyatsiya asosida tahlil (VISSIM ma'lumotlari)

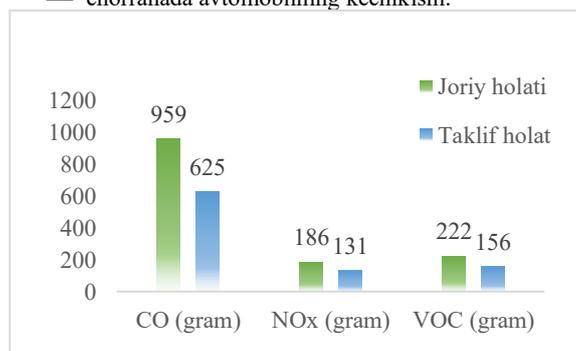
Ko'rsatkich	Joriy holat	Taklif (AI svetofor)	Farq
Xizmat darajasi (LOS)	C	B	↑ 1 daraja
O'rtacha kechikish (sek)	16,08	7,29	-54,7%
CO chiqindisi (gramm)	959	625	-34,8%
NOx chiqindisi (gramm)	186	131	-29,5%
VOC chiqindisi (gramm)	222	156	-29,7%
Yonilg'i sarfi (litrlar)	13	9	-30,7%
O'rtacha to'xtashlar soni	1,11	0,67	-39,6%
Tirbandlikning o'rtacha uzunligi (m)	23,68	11,04	-53,4%
Tirbandlikning maksimal uzunligi (m)	127,85	99,9	-21,9%

Ishlash sikli – almashinish (8 sekund yashil, piyodaga yashil, avtomobilga qizil 20 sekund). “Yangizamon” va “Abu Sulaymon Banokatiy” ko'chalarini bog'lovchi “Sariko'l” ko'chasi hisoblanadi. Orasidagi masofa 539 metrni tashkil etadi. Harakatlanayotgan avtomobillarning ko'pchiligini (qariyb 40-50 % dan ortig'i) yuk

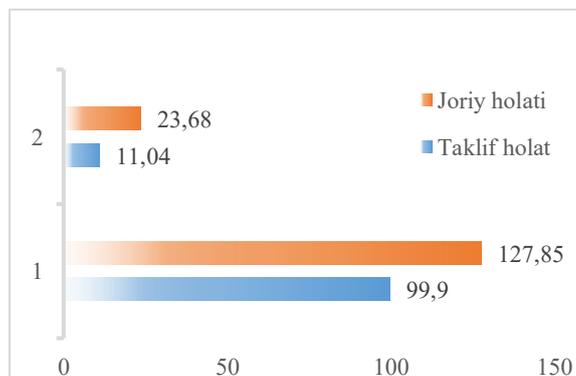
avtomashinalari, avtobuslar, chiqindi tashuvchi maxsus avtomobil (maxsus trans bazasi yaqinda joylashganligi sababli) tashkil etadi. Cobalt, Lasetti kabi yengil avtomobillar esa qolgan qismini tashkil etadi. Shu sababli salt ishlash rejimida avtomobillarning o'rtacha 1,2 litr yoqilg'i sarf qilishi hisob kitob qismida o'rtacha qilib belgilab olindi.

Trafikning asosiy sharoitlarini tavsiflash uchun piyodalar o'tish joyini va yaqinlashishlarni kuzatish maqsadida yo'lning piyoda va avtomobillar aniq ko'rinadigan joyga kuzatuv kamerasi o'rnatildi. Olingan ma'lumotlarda piyodalar soni va kun davomida o'tish vaqti qayd etildi. Quyidagi asosiy parametrlar bo'yicha real ma'lumotlarni to'plandi:

- turli vaqt oralig'ida o'tayotgan piyodalar soni;
- transport hajmi va tarkibi;
- navbat uzunligi;
- chorrahada avtomobilning kechikishi.



1-rasm. Zaxarli gazlar taqqosiy diagrammasi (16¹⁵-17¹⁵)



2-rasm. O'rtacha va maksimal tirbandlik uzunligi (16¹⁵-17¹⁵)

O'lchovlar odatdagi eng yuqori pik vaqtlarda (ertalab kelish 7:15–8:15 atrofida, tushlik 11:30–12:30 va tushdan keyin ishdan qaytish 16:15–17:15), shuningdek, yuqori cho'qqi bo'lmagan vaqtlarda amalga oshirildi. Bundan tashqari, joriy tizimning ishlash ko'rsatkichlarini, jumladan, chorrahaning xizmat ko'rsatish darajasi (LOS) PTV Vissim dasturida simulyatsiya qilindi, avtomobilning o'rtacha to'xtash vaqti, tirbandlik uzunligi, kutish vaqti oralig'ida yoqilg'i sarfi va chiqindilar hajmi aniqlandi.

3. Natijalar va tahlil

O'rganilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, adaptiv va optimallashtirilgan svetofor sikllari transport oqimining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.



Masalan, Stevanovic, Martin va Stevanovic (2007) tomonidan olib borilgan izlanishlarda PTV Vissim simulyatsiya dasturi va genetik algoritmlar integratsiyasiga ko'ra chorrahalaridagi signal vaqtlarini optimallashtirish evaziga transport kechikishlari va navbat uzunligi sezilarli darajada qisqartirishga erishishgan. Tadqiqotdan shunday xulosaga kelish mumkinki, ilg'or hisoblash texnologiyalari va optimallashtirish yondashuvlari an'anaviy svetofor boshqaruvi usullariga qaraganda samaraliroqdir [4].

Ushbu maqolada biz shunga o'xshash yondashuvni Toshkent shahar Mirobod tumanidagi 175-maktab misolida qo'lladik. Farqli jihati shundaki, bizning tadqiqotda nafaqat transport oqimi samaradorligi, balki piyodalar xavfsizligi, yoqilg'i sarfi va emissiyalarni kamaytirish kabi ekologik ko'rsatkichlar ham inobatga olindi (1-jadval). Shuningdek, signal boshqaruvi uchun sun'iy intellekt asosidagi kamera PLC integratsiyasi ishlab chiqildi va PTV Vissim simulyatsiyasi yordamida sinovdan o'tkazildi. Yig'ilgan ma'lumotlarning tahlili shuni ko'rsatmoqdaki, piyodalar harakati 175-maktab yonida transport samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, maktab boshlanishi, tushlik va dars tugash vaqtlarida piyodalar oqimi yuqori bo'lib, tirbandlikning keskin oshishiga sabab bo'ladi. Masalan, ertalabki olib kelish davrida (soat 7:15–8:15 oralig'ida)

1-2-rasmlar va tushlik paytida o'quvchilar va ota-onalarning yo'lni kesib o'tishi transport kechikishlarini tig'iz bo'lmagan davrlarga nisbatan 20–30% ga oshirgan. Tadqiqot kuztuvlariga ko'ra, piyodalar uchun yashil chiroq tez-tez yoqilishi yoki katta piyodalar oqimi o'tganda uzoqroq davom etishi tufayli avtomobillar tez-tez navbat hosil qilgan. Hozirgi tugma (кнопка) orqali boshqariladigan svetofor xavfsiz harakatlanish imkonini bersa-da, har doim optimal ishlamaydi. Ba'zan piyodalar katta guruh bo'lib kelib, transport uchun qizil chiroqni uzoq ushlab qoladi, boshqa paytlarda esa svetofor juda kam piyodalar o'tayotgan bo'lsa ham mashinalarni to'xtatilmadi. Bu nomuvofiqlik avtomobillarning bekor turib qolishini, qo'shimcha kechikish va yoqilg'i sarfini oshirgan. Amaldagi sharoitning simulyatsiyasi ham bu samarasizliklarni tasdiqladi. Kunning tig'iz paytlarda kesishmaning xizmat ko'rsatish darajasi past bo'lgan (barqaror bo'lmagan oqim), navbat uzunligi va o'rtacha to'xtash vaqti esa yuqori qayd etilgan. Katta yuk mashinalarining tirbandliklarda bekor turib qolishi ayniqsa yoqilg'i sarfi va chiqindilarni kuchaytiruvchi asosiy omil sifatida qaraladi. Avvalgi farazlarga ko'ra (o'rtacha avtomobilning bekor ishlashda yoqilg'i sarfi 1,2 litr/soat), pik vaqtlarda yoqilg'i sarfi sezilarli darajada bo'lgan. Taklif etilayotgan sun'iy intellekt orqali ishlaydigan svetofor tizimi transport oqimi va ekologik ko'rsatkichlarni yaxshilashi mumkinligini ko'rsatdi.

Taklif etilgan AI boshqaruv tizimining simulyatsiya natijalari barcha mezonlar bo'yicha sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi. Real vaqt rejimidagi moslashuvchan faza o'zgarishlari natijasida o'rtacha transport kechikishlari keskin kamaydi. Xususan, pik vaqtlarda avtomobillar kechikishi, mavjud tizimga nisbatan 65% gacha qisqardi. Bu esa avtomobillarning to'xtash vaqti ancha kamayganini va yo'l orqali umumiy oqim yaxshilanganini bildiradi. Shunga mos ravishda, navbat uzunligi qisqardi, chunki tizim piyodalarni bir to'plamda o'tkazib yuborib, darhol avtomobillarga yashil chiroqni qaytarib berish imkoniyatini berdi. Natijada, xizmat ko'rsatish darajasi yaxshilandi, ya'ni

transport oqimi stabil holatga yaqinlashdi. Oqim yaxshilanishi yoqilg'i sarfi va chiqindi hajmiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Mashinalar qisqaroq vaqt bekor turgani sababli yoqilg'i sarfi 30–45% ga, zararli gazlar (CO₂ va boshqa chiqindilar) esa 40–50% ga kamaydi. Bu esa ayniqsa yo'l yoqasida joylashgan maktab yonidagi avtomobil yo'li uchun muhim, sababi havo sifati yaxshilanadi va o'quvchilarning sog'lig'iga zararli gazlar ta'siri sezilarli darajada kamayadi.

4. Xulosa

Ushbu tadqiqot Toshkent shahar Mirobod tumani yo'l yoqasida joylashgan maktablardan biri 175-maktab hududida transport oqimini boshqarishda sun'iy intellekt asosida ishlab chiqilgan svetofor tizimi samaradorligi tahlil qilindi. Odatdagi tugmali svetoforlardan farq qilgan holda, taklif etilgan sun'iy intellekt PLC integratsiyasi piyodalar oqimi va kunning real sharoitiga moslashgan signal fazalarini taqdim etdi. Olib borilgan shuni ko'rsatdiki, simulyatsiya jarayonida avtomobil kechikishlari 65% gacha, yoqilg'i sarfi 30–45% gacha, zararli gaz chiqindilari esa 40–50% gacha kamaydi. Bu natijalar nafaqat transport samaradorligini oshirdi, balki ekologik barqarorlik va piyodalar xavfsizligiga ham ijobiy ta'sir ko'rsatmasdan qolmadi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, ushbu tizimni boshqa shu kabi yo'l yoqasida joylashgan maktab yaqinidagi chorrahalarida joriy etish orqali kunning pik vaqtlaridagi tirbandliklarni sezilarli darajada kamaytirish, havoning sifatini yaxshilash va piyoda (aksariyat qismi o'quvchilarni tashkil etadi) harakatini xavfsizroq qilish mumkin. Shu sababli, sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv kelajakda shahar transport tizimlarida ustuvor yechim sifatida qaralishi lozim.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] UNICEF. Road Safety Performance Review: Uzbekistan. In: Situation Analysis of Children and Adolescents in Uzbekistan. Tashkent, 2024.
- [2] <https://yhxx.uz/>
- [3] Abdulhai B., Liu H. X. va Smith S. F. (2003). Reinforcement learning for traffic signal control. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1856(1), 100–106. <https://doi.org/10.3141/1856-12>
- [4] Stevanovic A., Martin P. T. va Stevanovic J. (2007). Vissim-Based Genetic Algorithm Optimization of Signal Timings. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2035(1), 115–123. <https://doi.org/10.3141/2035-07>

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Choriyeva Malika Toshkent davlat transport universiteti
"Transport vositalari muhandisligi"
Shuxrat qizi / kafedrası tayanch doktoranti
Choriyeva Malika E-mail:
malikachoriyeva0506@gmail.com
Shukhrat kizi <https://orcid.org/0009-0007-1857-7392>



Modeling of AI- and PLC-based traffic lights in roadside school zones: transport efficiency, safety, and environmental benefits

M.Sh. Chorjeva¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Traffic congestion near roadside schools causes an increase in harmful gas emissions and creates environmental challenges. This study, conducted on the example of School No. 175 in the Mirobod district of Tashkent, evaluated the effectiveness of traffic lights based on the integration of Artificial Intelligence (AI) and Programmable Logic Controllers (PLC). The results demonstrated improvements in Level of Service (LOS), enhanced pedestrian safety, reduced fuel consumption, and environmental benefits. The findings are consistent with international practice.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Programmable Logic Controller (PLC), PTV Vissim, traffic flow in school zones, pedestrian safety, fuel efficiency, harmful gas emissions (CO, NO_x, PM, CO₂), adaptive traffic light control, urban congestion, environmental sustainability

Yo'l yoqasidagi maktab zonalarida sun'iy intellekt va PLC asosida svetoforlarni modellashtirish: Transport samaradorligi, xavfsizlik va ekologik foyda

Choriyeva M.Sh.¹ 

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Yo'l yoqasidagi maktablar atrofida tirbandlik natijasida zaharli gazlar muammo tug'diradi. Tadqiqot Toshkent Mirobodagi 175-maktab misolida AI-PLC svetoforlarni baholadi. Natijalar LOS yaxshilanishi, piyodalar xavfsizligi, yoqilg'i sarfi va ekologik foyda ta'minlanishini ko'rsatdi, xalqaro tajribalar bilan mos keldi.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt (AI), dasturlashtiriladigan mantiqiy kontroller (PLC), PTV Vissim, maktab zonalarida transport oqimi, piyodalar xavfsizligi, yoqilg'i samaradorligi, zararli gazlar emissiyasi (CO, NO_x, PM, CO₂), adaptiv svetofor boshqaruvi, shahar tirbandligi, ekologik barqarorlik

1. Kirish

Shahar muhitida kunning pik vaqtlarida yo'l yuzasida joylashgan maktablar atrofidagi tirbandliklar jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi.

Yo'l yuzasida joylashgan maktablar – transport vositalari harakati u darajada tez bo'lmagan yo'l foydalanuvchilari bolalar, ota-onalar va o'qituvchilar bilan o'zaro kesishadigan hudud hisoblanadi. Bu hududlarda piyodalar xavfsizligi, tirbandlik va atrof-muhit degradatsiyasining yaqinlashishi ayniqsa keskinlashadi. Avtomobil tirbandligi eng yuqori pik vaqtlarda (ertalab tushirish, tushlik tanaffuslari va tushdan keyin olib ketish) hosil bo'lishi natijasida dvigatellarning uzoq vaqt bo'sh turishi yoqilg'ining isrof bo'lishiga va uglerod oksidi (CO), azot oksidi (NO_x) va zarrachalar (PM) kabi zaharli gazlar emissiyasining oshishiga olib keladi. Bular kabi havoga chiqadigan zararli moddalar nafaqat mahalliy havo sifatini yomonlashtiradi, balki nafas olish kasalliklariga ko'proq moyil bo'lgan bolalar salomatligiga bevosita xavf tug'diradi.

Toshkent shahrida, jumladan, Mirobod tumanida yo'l yoqasida joylashgan 175-maktab yaqinida piyodalar harakatini ta'minlovchi svetofor hududida transport oqimi

piyodalar harakati bilan kesishgan joyda, kunning pik vaqtlarida bu muammolar yaqqol ko'zga tashlanadi. Bunday hududlarda o'rnatilgan odatdagi tugma (кнопка)li svetoforlar piyodalar uchun real vaqt sharoitlariga mos ravishda javob bera olmaydi, bu esa transport vositalarining ortiqcha kechikishlariga yoki piyodalar uchun xavfli vaziyatlarga olib keladi.

Sun'iy intellekt (AI) yordamida harakatni boshqarishning ahamiyati shundaki, u yo'l harakati sharoitlariga tez moslasha oladi va tirbandlik kabi salbiy ta'sirlarni kamaytiradi. O'zbekistondagi ko'plab yo'l bo'yidagi maktablarda xavfsizlik tizimlari yetarli emas. Shu sababli, yo'l harakatini boshqarishda sun'iy intellekt (AI) va dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC)ni qo'llash muhim imkoniyat bo'lib xizmat qiladi. Mahalliy muammolarni hal qilishdan tashqari, bunday innovatsiyalar raqamli transformatsiya va barqaror shahar harakatini rag'batlantiradigan kengroq milliy siyosatlariga mos keladi.

Ilmiy tadqiqot va adabiyotlardan transport oqimi, yoqilg'i sarfi va chiqindilar o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganib chiqildi. Tadqiqotlar shuni tasdiqlaydiki, bo'sh turish va tez-tez to'xtash va harakatlanish tsikllari har bir avtomobil uchun yoqilg'i sarfini keskin oshiradi. Barth va Boriboonsomsin (2009) olib borgan tadqiqotlariga ko'ra, adaptiv svetofor

 <https://orcid.org/0009-0007-1857-7392>



boshqaruvi shahar koridorlarida yoqilg'i sarfini 10–20% gacha kamaytirish imkonini beradi [1]. Xuddi shu qatorda, Zhaowei Li, Zhong-Ren Peng, Ping Yi larning tadqiqotlari (2014) dinamik signallarni muvofiqlashtirishning atrof-muhitga foydali ta'sirini ta'kidlaydi, bu esa CO₂ emissiyasining kamayishi bilan bir qatorda trafikning yaxshilanishini ko'rsatadi [2].

Ushbu yutuqlarga qaramay, mavjud tadqiqotlar atrof-muhit ta'siri, piyodalar xavfsizligi va shahar maktab zonalarida AI asosidagi boshqaruvi birlashtirishga yetarli e'tibor berilmagan. Xalqaro tadqiqotlar mavjud, ammo ko'p hollarda rivojlangan mamlakatlar sharoitiga asoslangan. O'zbekistonda esa tirbandlik, zaharli gazlar va xavfsizlik muammolarini hal qiluvchi empirik tadqiqotlar kam, amaldagi tizimlar statik yoki tugmali svetoforlarga tayanadi. Mirobod kabi hududlarda transport oqimi va piyodalar dinamikasini hisobga oluvchi modellashtirish ishlanmagan. Shu bois, AI algoritmlari, PLC va PTV Vissim asosida tizim ishlab chiqish zarur.

Tadqiqotning maqsadi — 175-maktab misolida AI svetoforning tashkiliy, ekologik va xavfsizlik afzalliklarini aniqlash.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot Toshkent shahri, Mirobod tumanida yo'l yoqasida joylashgan, 175-maktabga tutashgan piyodalar o'tish joyida olib borildi. Bu joy piyodalar oqimining ko'pligi va kunning pik soatlarida tez-tez tirband bo'lishi sababli tanlangan. Uslubiy yondashuv *PTV Vissim 2023* da AI-ga asoslangan modellashtirish, PLC dasturlash va trafik mikrosimulyatsiyasini kabi tadqiqot ishlari olib borilgan. Maqsad, AI-PLC integratsiyalangan svetofor tizimi xavfsizlikni yaxshilash, yoqilg'i sarfini kamaytirish va joriy vaqtidagi tizimga nisbatan atrof-muhitga ta'sirni yumshata olishini baholash hisoblanadi.

Yo'l harakati va piyodalar haqidagi ma'lumotlar videoyozuv va qo'lda hisoblash orqali olindi. Yig'ilgan qiymatlarga quyidagilar kiradi:

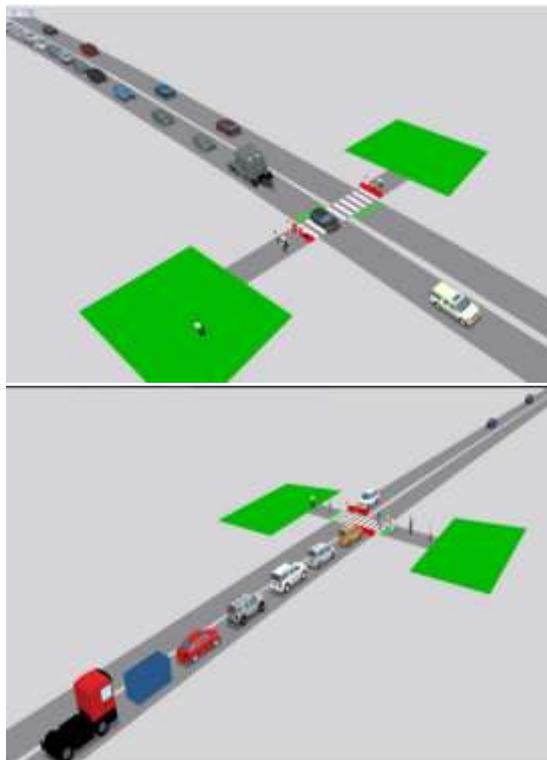
- **Avtotransport oqimi:** avtomobillar, avtobuslar va mikroavtobuslarning soatlik hisobi.
- **Piyodalar oqimi:** bolalar va kattalar tomonidan ajratilgan bir sikldagi o'tish joylari soni.
- **Kechikish:** tirbandlik uzunligi, o'rtacha to'xtash vaqti va kutish vaqtlari.
- **Atrof-muhit ko'rsatkichlari:** taxminiy yoqilg'i sarfi va chiqindilar (CO, NO_x, PM, CO₂) hisobi.

Metodologiya uchta integratsiyalashgan komponentga asoslangan:

1. **Sun'iy intellekt (AI):** Python-OpenCV algoritmi real vaqtda piyodalarni aniqlaydi va taxminiy talab darajasi aniqlanadi. Olingan ma'lumotlarga ko'ra svetofor uchun moslashtirilgan vaqt takliflarini ishlab chiqdi.

2. **Dasturlashtiriladigan mantiqiy boshqaruvchi (PLC):** AI orqali aniqlangan ma'lumotlarni boshqaruvchiga o'tkazish uchun dasturlashtirilgan. PLC fazali o'zgarishlarning tez va muvaffaqiyatli bajarilishini ta'minlaydi.

3. **Simulyatsiya platformasi:** PTV Vissimda obyektning joriy holatdagi ishlashini va taklif etilayotgan holatlari kuzatildi. 1-rasm.



1-rasm. PTV Vissimda ko'rinishi

Uchta holat sinovdan o'tkazildi:

- **1-holat (asosiy holat):** Mavjud tugmali piyodalar o'tish joyi;
- **2-holat (belgilangan vaqt):** Moslashuvsiz oldindan belgilangan signal davrlari;
- **3-holat 3 (AI-PLC):** Piyodalar soni va kun vaqtiga asoslangan dinamik boshqaruv.

Har bir holat 90 daqiqa davomida ertalab va tushdan keyin pik vaqtlarda ishonch hosil qilish maqsadida bir nechta tasodifiy holatlar bilan simulyatsiya qilingan.

Ishlash quyidagi usullar yordamida baholandi:

- **Trafik ko'rsatkichlari:** O'rtacha kechikish, tirbandlik uzunligi, to'xtashlar soni va xizmat ko'rsatish darajasi (LOS).
- **Piyodalar ko'rsatkichlari:** kutish vaqti va xavfsiz o'tish.
- **Atrof-muhit ko'rsatkichlari:** yoqilg'i sarfi va zararli moddalar emissiyasi (CO, NO_x, PM, CO₂).

Integrallashgan taqqoslash samaradorlikni ham, barqarorlikni ham baholash imkonini berdi.

Statistik taqqoslashlar holatlar bo'yicha yaxshilanishlarning ahamiyatini sinab ko'rdi.

Qo'llanilgan metodologiyaning yangiligi shundan iboratki, unda AI aniqlash, PLC boshqaruvi va simulyatsiya modellashtirish yo'l yoqasida joylashgan maktab hududi sharoitida birlashtirilgan. Avvalgi ko'plab tadqiqotlar rivojlangan mamlakatlarga qo'llanilgan bo'lishiga qaramasdan, o'tkazilgan tadqiqot O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan. Unda yo'l harakati samaradorligi, atrof-muhitga ta'siri va piyodalar xavfsizligi birgalikda ko'rib chiqiladi, holbuki odatda ular alohida o'rganiladi.



3. Natijalar

Toshkent shahrining Mirobod tumanida yo'l yoqasida joylashgan

175-maktab yo'lagiga olib borilgan kuzatuvlar va boshlang'ich simulyatsiyalar yo'larda harakatlanish samaradorligini oshirish piyodalar harakati muhim rol o'ynashini ta'kidlandi. Haftaning ish kunlarida, pik soatlarida 200 dan ortiq piyodalar oqimi aniqlandi. Joriy vaqtda qo'llanilib kelinayotgan tugmali svetofor tomonidan ushbu kuchlanishlar samarali bartaraf etilmaydi, buning oqibatida transport vositalari oqimi tez-tez uzilib qoldi. Ushbu davrlarda tirbandlik uzunligi 80-120 metrga cho'zildi va o'rtacha kechikish har bir avtomobil uchun **58-65 sekundga** yetdi. PTV Vissimda **xizmat ko'rsatish darajasi (LOS) E** deb topildi. Chorrahada yuzaga kelgan kechikish safar davomiyligining deyarli uchdan bir qismini egalladi, bu esa ortiqcha yoqilg'i sarfiga sabab bo'ldi. Avtotransport vositalari, ayniqsa yuk mashinalari va avtobuslar **salt rejimida** soatiga o'rtacha 1,2 litr yoqilg'i sarflaydi, natijada avtotransportning yoqilg'idan foydalanish samaradorligi pasayib, zaharli gazlar hajmi ortdi.

Taklif etilayotgan AI-PLC integratsiyalashgan tizim real vaqt rejimida piyodalarni aniqlash va vaqtga asoslangan fazalarni dinamik ravishda ajratish uchun mo'ljallangan. PTV Vissim simulyatsiyasida sezilarli yaxshilanishlar aniqlandi. Avtomobilning o'rtacha kechikishi **har bir avtomobil uchun 20-25 soniyagacha** kamaydi, bu boshlang'ichga nisbatan 65% ga qisqardi. **LOS C-D** ga yaxshilandi, bu hatto eng ko'p piyodalar harakati paytida ham barqaror oqimni aks ettiradi. Navbat uzunligi yarmidan ko'proqqa qisqardi, kamdan-kam hollarda **40-50 metrdan** oshdi. Piyodalarning kutish vaqtlari ham **18-22% ga yaxshilandi**, fazani uzaytirish esa kattaroq o'quvchilar guruhlarini transport vositalarining to'xtash vaqtini keraksiz uzaytirmasdan xavfsiz o'tishlarini ta'minladi.

Moslashuvchan boshqaruv to'g'ridan-to'g'ri yoqilg'i tejalishiga ta'sir qiladi. Bir avtomobil uchun yoqilg'i sarfi belgilangan vaqtga nisbatan **30-45%** ga kamaydi. Yengil avtomashinalar uchun bu eng yuqori soatda har bir avtomobil uchun tejalgan **0,25-0,35 litrga** teng hisoblanadi. Avtobuslar kabi og'ir avtotransport vositalari uchun tejamkorlik soatiga **0,5-0,7 litrga** yetdi. Umumiy kunlik tejamkorlik

110-130 litr yoqilg'ini tashkil etdi, bu tizimning iqtisodiy ahamiyatini ko'rsatadi.

Karbonat angidrid (CO₂) chiqindilari **40-45%** ga, azot oksidlarini (NO_x) va zarrachalar (PM) **40-50%** ga kamaydi.

4. Xulosa

Ushbu tadqiqot natijalari yo'l bo'yidagi maktab hududlarida svetofor tizimlariga AI-PLC texnologiyalarining integratsiyalashuvi yo'l harakati samaradorligini, piyodalar xavfsizligini va ekologik barqarorlikni sezilarli darajada yaxshilashi mumkinligini ko'rsatildi. Toshkent shahrining Mirobod tumanidagi

175-maktabda o'tkazilgan amaliy tadqiqot davomida mavjud tugmali piyodalar o'tish joylarining cheklovlari ko'rsatib o'tildi, chunki ular maktabga kelish va ketish vaqtlarida ko'p piyodalar oqimini samarali boshqarish imkoniyati mavjud emas. Ushbu noqulayliklar: uzundan-uzoq tirbandliklar, haddan tashqari kechikishlar, yoqilg'i isrofgarchiligi va zaharli gazlarning ortishiga olib keladi.

Aksincha, taklif qilinayotgan AI-PLC moslashuv tizimi real vaqt rejimida piyodalarni aniqlash va dinamik signallarni sozlash imkonini berdi, bu esa avtomobilning o'rtacha kechikishlarini qariyb uchdan ikkiga kamaytirishga va xizmat ko'rsatish darajasini E dan C-D gacha sezilarli darajada yaxshilashga olib keldi. Atrof-muhit nuqtai nazaridan, kuniga 130 litrgacha yoqilg'i tejash va CO₂, NO_x va PM emissiyasining 40-50% ga kamayishi kuzatildi.

Natijalar sun'iy intellekt tomonidan boshqariladigan svetoforlarning ikki tomonlama ahamiyatini ta'kidlaydi. Yoqilg'i sarfini kamaytirish orqali **iqtisodiy samaradorlik** va emissiyani kamaytirish orqali **atrof-muhit salomatligini muhofaza qilish**. Bu natijalar O'zbekistondagi transport idoralari uchun "Xavfsiz shahar" va "Raqamli O'zbekiston 2030" dasturlari kabi milliy tashabbuslarga mos ravishda moslashtirilgan tizimlarni boshqa maktablarga ham kengaytirish uchun ishonchli dalildir [3]. Piyodalarni aniqlash va moslashuvchan vaqtni birlashtirgan holda, tizim nafaqat tirbandlikni engillashtiradi, balki zaif guruhlar, ayniqsa bolalar, xavfsizlikni yaxshilash va toza havodan foydalanishini ta'minlaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Barth M., va Boriboonsomsin K. Traffic Congestion and Greenhouse Gases // Access Magazine. – 2009. – Vol. 1, No. 14. – P. 2–9.

[2] Li Z., Peng, Z.-R., va Yi P. Benefits of Coordinated and Dynamic Traffic Signal Control on Fuel Consumption and Emissions // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2014. – Vol. 22. – P. 65–76.

[3] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 30-iyuldagi PQ-3891-son Qarori "Xavfsiz shahar" kompleks xavfsizlik tizimini joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"; O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida".

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Choriyeva Malika	Toshkent davlat transport universiteti "Transport vositalari muhandisligi"
Shuxrat qizi / Choriyeva Malika	kafedrasini tayanch doktoranti
Shukhrat kizi	E-mail: malikachoriyeva0506@gmail.com https://orcid.org/0009-0007-1857-7392



Development of a seismic protection system on a road bridge passing the Chirchik River

Z.K. Rakhimjonov¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Bridges play a crucial role in ensuring the continuous operation of transportation systems, but strong seismic activity poses a significant threat to their stability. This article addresses the issues of protecting a bridge on the highway over the Chirchik River from earthquakes. Based on international and local regulatory documents, the study analyzes seismic protection systems including energy-dissipating dampers, as well as measures to reinforce supports and foundations. Additionally, methods for reducing seismic impacts are examined using the dynamic model of bridges, and effective design solutions are recommended. The research findings contribute to enhancing seismic safety on highways, ensuring the reliability of transportation structures, and minimizing economic losses in the aftermath of an earthquake.

Keywords: seismic protective support, rigid support, movable support, intermediate structure, friction-movable joints, spring shock absorbers, damper device, safety braces, supports

Chirchiq daryosidan o'tadigan avtoyo'l ko'prigida seysmik himoya tizimini ishlab chiqish

Raximjonov Z.Q.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ko'priklar transport tizimining uzluksiz ishlashida muhim ahamiyatga ega bo'lib, kuchli seysmik ta'sirlar ularning barqarorligiga katta xavf tug'diradi. Mazkur maqolada Chirchiq daryosi ustidan o'tgan avtomobil yo'lidagi ko'prikn zilzilalardan himoyalash masalalari yoritilgan. Ishda xalqaro va mahalliy normativ hujjatlarga asoslangan holda seysmik himoya tizimlari – energiya so'ndiruvchi dempferlar, tayanchlar va poydevorlarni mustahkamlash choralarini tahlil qilinadi. Shuningdek, ko'priklarning dinamik modeli asosida seysmik ta'sirlarni kamaytirish usullari ko'rib chiqilib, samarali konstruktiv yechimlar tavsiya etiladi. Tadqiqot natijalari avtomobil yo'llarida seysmik xavfsizlikni oshirish, transport inshootlarining ishonchligini ta'minlash va zilziladan keyingi iqtisodiy yo'qotishlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: seysmik himoyalovchi tayanch qism, bikir tayanch qism, qo'zg'luvchan tayanch qism, oraliq qurilma, friksion-qo'zg'luvchan birikmalar, prujinali amortizatorlar, dempfer qurilmasi, xavfsizlik tirgaklari, tayanchlar

1. Kirish

Dunyo miqyosida avtomobil yo'llaridagi muhim ahamiyatga ega bo'gan ko'priklarni loyihalash va barpo etishda ularning zilzilaga bardoshli bo'lishini ta'minlashga katta e'tibor qaratilmoqda. Buning uchun seysmik himoya vositalari sifatida maxsus tayanch qismlar, elastik dempferlar hamda tebranishlarni dinamik so'ndirgichlardan keng foydalanilmoqda. Hozirgi paytda Yaponiya, AQSh, Rossiya, Turkiya, Kanada, Xitoy, Janubiy Koreya va boshqa ilg'or davlatlarning seysmik faol hududlarida avtomobil yo'llari ko'priklarida zilzila ta'sirini kamaytirish va dinamik xususiyatlarini nazorat qilish orqali ularning seysmik barqarorligini hamda xizmat muddatidagi ishonchligini oshirish usullari ishlab chiqilmoqda va takomillashtirilmoqda. Ko'priklarni hisoblash va loyihalash usullari sohasidagi tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, ko'priklarning zilzilabardoshligiga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bajariigan tahlillardan ko'rinadiki, ko'priklar

zilzilabardoshligini oshirish bo'yicha tadqiqotlarni yanada rivojlantirish va aniqlashtirish talab qilinadi.

Ko'plab zilzilalar oqibatlarini tahlildan ko'priklarning eng zaif hamda ahamiyatga molik elementlari tayanch va tayanch qismlari ekanligini ko'rishimiz mumkin. Shuning uchun ko'priklar konstruksiyalarining ushbu elementlarining zilzilabardoshligini ta'minlash ko'priklar konstruksiyalarining birinchi darajali vazifalaridan hisoblanadi. Mamlakatimiz hududi seysmik xavfli zonada joylashganligi sababli, yo'l transport inshootlariga, ayniqsa, ko'priklar va sun'iy inshootlarning seysmik mustahkamligini oshirishga alohida e'tibor berilmoqda. Ko'priklarning seysmik ta'sirlarga chidamliligini ta'minlash uchun, maxsus seysmohimoya qurilmalaridan foydalanishni taqazo etadi.

^a  <https://orcid.org/0000-0002-7898-077X>



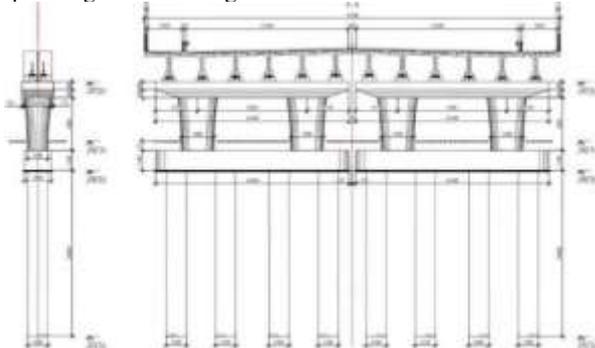
2. Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqot ishida Toshkent viloyatidagi Chirchiq daryosidan o'tgan avtomobil yo'li ko'prigida seysmik himoya qurilmasini qo'llash ko'rib chiqiladi. Mazkur ko'priq 33 metr uzunlikdagi va har biri 63,6 tonna og'irlikka ega bo'lgan 60 ta oraliq qurilmadan tashkil topgan. Uning balandligi 5,20 metr bo'lgan temirbeton tayanchlari, uzunligi 14,50 metr, balandligi 1,50 metr va kengligi 1,50 metr bo'lgan poydevorlarga o'rnatilgan. Ko'priqda 16,0 metr uzunlikdagi burg'ulab kiritiladigan qoziqo'yoqlar ishlatilgan bo'lib, ular poydevor armatura panjaralari va beton bilan monolit tarzda mustahkamlangan. Ko'priqning umumiy ko'rinishi 1-rasmda, oraliq tayanchning ko'rinishi esa 2-rasmda aks ettirilgan.



1-rasm. Ko'priqning umumiy ko'rinishi

Ko'priqning ko'ndalang kesimi bo'yicha xar bir oraliq 12 to'sindan iborat (har bir harakat yo'nalishi uchun 6 ta to'sin). To'sinlarni ko'ndalang kesimi bo'yicha bir biri bilan mahkamlash uchun, to'sindan chiqqan armaturalarni yonidagi to'sindan chiqqan armaturalarga birlashtirilib so'ngra beton orqali mustahkamlangan. Xarakat yo'nalishlarini ajratish maqsadida, ko'priqning o'rtasida bo'sh joy qoldirilgan. Ko'priqning ko'ndalang kesimining umumiy uzunligi 31,18 m tashkil qiladi (1 -rasm). Oraliq qurilmalar sharsimon segmentli qo'zg'almas, qo'zg'aluvchan va xar tomonga xarakatlanadigan tayanch qismlariga maxkamlangan.



2-rasm. Oraliq tayanchning umumiy ko'rinishi

Ko'priq inshootini loyihalash jarayonida oddiy seysmoizolyatsiya qurilmalaridan foydalanilgan. Bunda har bir oraliq qurilmalarining bir chetiga qo'zg'aluvchan tayanch qismi o'rnatilishi ko'zda tutilgan. Ushbu holatda ko'priq tayanchlari alohida ishlaydi va ko'priq uzunligi bo'ylab tezlanishlarning bir xil emasligini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Tayanchlar va oraliq qurilmalarni o'zaro birlashtirish bir nechta variantlarda amalga oshirilishi mumkin:

bitta oraliq qurilmada biki tayanch qism, ikkinchisida esa seysmik himoya tayanch qism o'rnatilishi;

har ikkala oraliq qurilma ham seysmik himoya tayanch qismlariga tayangan holda joylashtirilishi;

bir oraliq qurilmada seysmik himoya tayanch qismi, ikkinchisida esa qo'zg'aluvchan tayanch qismdan foydalanilishi;

bir oraliq qurilmada seysmik himoyalovchi, ikkinchisida esa qo'zg'aluvchan tayanch qism qo'llanib, qo'zg'aluvchan tayanchli qurilma elastik bog'lama orqali seysmik himoyalangan oraliq qurilmaga birlashtiriladi.

Mamlakatimizdagi ko'priklarning umrboqiyiligini hamda zilzilabardoshligini oshirish uchun seysmik himoya vositalarini qo'llash orqali erishish mumkin. Seysmik himoya vositalarini qo'llash orqali tayanch qismi elementlarida, hamda, tayanchlarda beton va armatura sarfini kamaytirish imkoniyatiga ega bo'lamiz. Quyida qaralayotgan ko'priq uchun seysmik himoyaning 2 ta variantini ko'rib chiqamiz.

Seysmik himoyaning birinchi varianti.

Ushbu variantda ko'priqning seysmoizolyatsiya rejimi amalga oshiriladi (3-4 rasmlar). Seysmik himoya tizimi quyidagi elementlardan iborat:

- friksion-qo'zg'luvchan birikmalar (FQB) bilan prujinali amortizatorlar;
- Dempfer qurilmasi;
- Ko'ndalang seysmik ta'sirlarga bardosh berishga mo'ljallangan tayanch qismlar;
- Gorizontall yuklarni qabul qiluvchi tayanch qismlar va uning elementlari;
- Xavfsizlik tirgaklari.



3-rasm. Seysmik himoyaning prinsipial sxemasi



4-rasm. Tayanch qismlar va seysmik himoya qurilmalarini joylashtirish rejasi

Bir tayanchda prujinali amortizator hamda qo'zg'almas va ko'ndalang qo'zg'aluvchan tayanch qismlar joylashtirilgan, ikkinchi tayanchda esa dempferlar, chiziqli qo'zg'aluvchan va to'liq qo'zg'aluvchan tayanch qism va uning elementlari o'rnatilgan. Ushbu tizim asosan bo'ylama seysmik yuklarni kamaytirishga xizmat qiladi, chunki ko'ndalang yo'nalishdagi tayanchlar yetarlicha mustahkam bo'lib, qo'shimcha choralarsiz ham ko'ndalang seysmik yuklarni qabul qila oladi. Uzlüksiz oraliq qurilmalardan tashkil topgan ko'p oraliqli ko'priklarda esa har bir tayanchga yonma-yon oraliqlar uchun seysmik himoya qurilmalari majmuasi o'rnatiladi. Mazkur ko'priq uchun ikki bosqichli seysmik himoya tizimi qo'llangan bo'lib, u seysmik ta'sir vaqtida tayanchlarning yuk ko'tarish qobiliyatini saqlagan holda, tayanch qismlari va qatnov qismi elementlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan shikastlanishlarning oldini olishga mo'ljallangan. Eksploatatsion bo'ylama yuklar tayanch qismining elementlari tomonidan qabul qilinadi. Tayanch qism elementlarining buzilishi seysmik ta'sirlar sodir bo'lganda, eksploatatsion yuklar 10% ga ortganda sodir bo'lishi ko'zda tutilgan. Pujinali amortizator eksploatatsion yuklar ta'siri paytida ishlamaydi. Dempfer ko'priq oraliq qurilmasining harorat ta'siridagi siljishlariga to'sqinlik qilmaydi.

Seysmik himoyaning birinchi bosqichi oraliq qurilmaning maksimal siljishini cheklaydigan bikirlikka ega bo'lgan prujinali amortizatorning ishlashi hisobiga ta'minlanadi, shuningdek, seysmik ta'sirlarni so'ndiradi va



dinamik koeffitsiyentlarni pasaytiradi. Amortizator va tayanch qism elementlari zilzila vaqtda birga ishlaydi. Bunda siljishlar chegaraviy qiymatlarga yetmaydi va ko'priknining barcha elementlarining ishlash qobiliyati tekshirilgandan so'ng inshootdan normal foydalanish imkoniyati paydo bo'ladi. Ko'priknining tayanch va poydevorlarining yuk ko'tarish qobiliyati saqlanib qoladi.

Seysmik himoyaning ikkinchi bosqichi friksion-qo'zg'aluvchan birikmani ishlashi hisobiga ta'minlanadi, bu birikmada ekstremal yuklanishlarda siljishga imkon beradigan, oval teshikli yuqori mustahkam boltlardagi boltli birikmadan iborat. Friksion-harakatlanuvchi birikma kuchli zilzilalarda sodir bo'lgan vaqtda ishlaydi. Sirpanish kuchi gorizontal yuk ta'sirida sterjenli amortizatorning yuk ko'tarish qobiliyatidan 10% kam tanlanadi. Bunda tayanchning to'liq buzilishi sodir bo'lmaydi, lekin armaturaning plastik deformatsiyasi va tayanchda yoriqlar hosil bo'lishi mumkin. Katta bo'yama siljishlar tufayli ko'priknining polotnosi elementlarining buzilishi sodir bo'lishi mumkin.

Himoyaning birinchi va ikkinchi bosqichlarida siljishlarni kamaytirish uchun, zarur hollarda tizim dempferlar bilan jihozlanadi. Bu dempferlar gorizontal yuklamani qabul qiluvchi elementlarga parallel ravishda o'rnatiladi.

Kuchsiz va tez-tez sodir bo'ladigan zilzilalar va ekspluatatsion yuklarning oshishi natijasida, tayanch qismlar tarkibidagi elementlar ishlaydi hamda, qo'zg'almas tayanch qismlar chiziqli harakatlanuvchi, ko'ndalang harakatlanuvchi tayanch qismlar esa har tomonlama harakatlanuvchi holatga o'tadi.

Prujinali amortizatorlar doim ish holatida bo'lib, tayanchlar va oraliq qurilmalar o'rtasidagi belgilangan bikirlik bilan ta'minlaydi. Prujinali amortizatorlar elastik holatda ishlaydi, chunki kuchlar chegaraviy qiymatlariga yetib bormaydi, bunda, bu vaqtda friksion-qo'zg'aluvchan birikma ishlamaydi.

Dempfer qurilmasi ishlaganda energiya tarqalishini va siljishlarni kamaytirishni ta'minlaydi. Bunday zilzilalardan so'ng tayanch qismlardagi shikastlangan elementlarni tiklash, inshootni tekshirish va zarur bo'lsa, ta'mirlash lozim.

Kuchli va vayron qiluvchi zilzilalarda (8-9 ball) tayanch qism elementlari ishlaydi, sterjenli amortizatoridagi bo'yama kuch darhol friksion-harakatlanuvchi birikmaning siljish kuchiga yetadi va unda siljishlar yuz beradi. Bu paytda dempfer qurilmasining ishlashi ta'minlanadi. Bu holda, oraliq qurilmadan tayanchga tushadigan yuklama FQB ning ishga tushish kuchidan oshmaydi, prujinali amortizator esa oraliq qurilma tebranishlarini izolyatsiya qilishni ta'minlaydi. Tayanch va oraliq qurilma energiyasi FQB va dempferdagi deformatsiyalar orqali tarqaladi. Bunday zilzilalardan so'ng inshoot tayanchlarini ta'mirlash, yo'lning ustki qismini tiklash, tayanch qismlarini almashtirish, FQBni qismlarga ajratib tekshirish va qayta yig'ish, hamda oraliq qurilmaning loyihaviy holatini tiklash zarur bo'ladi.

Prujinali amortizator faqat gorizontal yuklarni qabul qiladi. Amortizatorning berilgan bikirligi va yuk ko'tarish qobiliyati prujinalarning parametrlarini (soni, balandligi, diametri) tanlash orqali amalga oshiriladi. Amortizator korpusi, bir tomondan, oraliq qurilmaga, ikkinchi tomondan, friksion-qo'zg'aluvchan birikmalar tizimi orqali tayanchga mahkamlanadi. FQB ning ishga tushish kuchini yuqori mustahkamlikdagi boltlarning taranglik kuchini o'zgartirish

yo'li bilan sozlash mumkin. Chiziqli-qo'zg'aluvchan tayanch qismlar ko'ndalang seysmik yuklarni qabul qilishi va seysmik ta'sirlarda hisobiy ko'chishini ta'minlashi kerak.

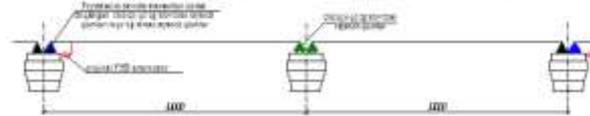
Xalokatli zilzilalarda tayanch qismlar seysmik ta'sirlarga ishlamay qolgan paytda oraliq qurilmalarni tayanchlardan tushib ketmasligi uchun temir-beton xavfsizlik to'siqlari o'rnatiladi.

Seysmik himoyaning ikkinchi varianti.

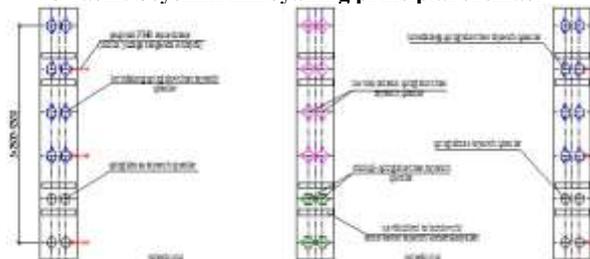
Mazkur variantda ham, birinchi variant singari, ko'priknining seysmoizolyatsiya rejimi qo'llanadi. Ushbu seysmik himoya tizimi quyidagi asosiy elementlardan tashkil topadi (5-6-rasmlar):

- friksion-qo'zg'aluvchan birikmalar (FQB) bilan jihozlangan prujinali amortizatorlar;
- zarur hollarda qo'llaniladigan dempfer qurilmalari;
- ko'ndalang seysmik yuklarni qabul qilishga mo'ljallangan tayanch qism va uning elementlari elementlari;
- gorizontal yuklarga qarshilik qiluvchi tayanch qismlar va ularning tarkibiy elementlari;
- xavfsizlik tirgaklari.

Seysmik himoyani birinchi variantdan farqi shundaki, ko'p oraliqli ko'priknin inshootlarida seysmik ta'sirlardan har ikkinchi oraliq qurilma himoyalangan bo'ladi. Bu esa seysmik ta'sirlarda ushbu oraliq qurilmalardan tebranishlarni so'ndiruvchi element sifatida foydalanish imkonini beradi. Prujinali amortizator tayanch va oraliq qurilma tebranishlarining o'zaro so'nishini ta'minlaydi



5-rasm. Seysmik himoyaning prinsipial sxemasi



6-rasm. Tayanch qismlar va seysmik himoya qurilmalarini joylashtirish rejasi

Taklif etilayotgan seysmik himoya variantlarining asosiy tamoyili nisbatan kuchsiz, lekin tez-tez sodir bo'ladigan ta'sirlarda ko'priklarning normal ishlashini ta'minlash, o'rtacha zilzilalar paytida zararni kamaytirish va kam uchraydigan vayron qiluvchi zilzilalar paytida asosiy yuk ko'taruvchi inshootlarning xavfsizligini ta'minlashdan iborat.

3. Xulosa

1. Ko'priknining tayanchlarini seysmik himoyalash maqsadida yangi texnik yechim ishlab chiqildi. Ushbu yechimda bir oraliq qurilma tayanchga bikir tarzda ulanadi, ikkinchi oraliq qurilma esa ushbu qurilma orqali tayanchga ulanib, dinamik so'ndiruvchi vazifasini bajaradi.

2. Tadqiqot ishida yengil ramali tayanchlar va og'ir temirbeton oraliq qurilmalarga ega avtomobil yo'llaridagi ko'priklarni seysmoizolyatsiyalash masalasi ko'rib chiqilgan. Bunday holatlarda oraliq qurilmaning nisbiy



massasi juda katta bo'ldi va qo'shimcha chora-tadbirlarsiz uni tayanchlarning tebranishlarni dinamik so'ndiruvchi qurilmasi sifatida foydalanish imkonini bermaydi. Biroq, oraliq qurilmaning seysmik izolyatsiyasi maqbul yechim hisoblanadi.

3. Izolyatsiyalovchi tayanch qismlarini o'rnatishning mumkin bo'lgan variantlari ko'rsatilgan bo'lib, qo'zg'almas tayanch qismlar izolyatsiyalovchi tayanch qismlarga almashtirilgan oddiy seysmoizolyatsiya holati batafsil ko'rib chiqilgan. Seysmoizolyatsiyaning bikirlik ko'rsatkichi va dempferlash samaradorligi oraliq qurilmalarning tayanchlarga nisbatan maqbul siljishlari orqali belgilanadi. Shu usul yordamida tayanchlarga ta'sir qiluvchi seysmik yuklarni ikki martadan ortiq kamaytirish imkoniyati yaratiladi. 4. Maqbul sozlashning har qanday holatida izolyatsiya tizimidagi dempferlash sezilarli bo'lishi va kritik qiymatning kamida 50 foizini tashkil etishi kerak. Shu bilan birga, berilgan dempferlash uchun oraliq qurilmaning siljishini minimallashtiruvchi izolyatsiyaning optimal sozlanishi mavjud bo'ldi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Грневич К.М., Кокарева А.В., Пронькин Е.С., Уздин А.М., Долгая А.А., Шермухамедов У.З., Рахимжонов З.К., Шульман С.А. Подбор упругодемпфирующих параметров сейсмоизолирующих опорных частей автодорожного моста // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2024. № 3. С. 08–21. DOI: 10.37153/2618-9283-2024-3-08-21.

[2] A.M. Uzdin, U.Z. Shermukhamedov, Z.Q. Raximjonov, D.I. Gulomov Amplitude-frequency response of seismic-isolated highway bridges at different combinations of span links // Обеспечения сейсмической безопасности и сейсмостойкости зданий и сооружений, решению прикладных задач механики посвященная 90-летию академика АН РУз Т.П. Рашидова. Ташкент 2024 год. стр 88-94.

[3] Raximjonov Z.Q., Shermuxamedov U.Z., Nishonov N.A., Normurodov Sh.U., O'razov X. O'.

Avtoyo'l ko'priklarida seysmik himoya tayanch qismlarining elastik dempferlash parametrlarini tanlash tizimini ishlab chiqish// Me'morchilik va qurilish muammolari, №4. SamDAQU, Samarqand, 2024 yil. 267-273b.

[4] Nishonov N. A., Rahimjonov Z. Q., Zokirov F. Z. Status of assessment of dynamic characteristics of intermediate devices of vehicle bridges // International journal of theoretical and practical research, Volume 2 Issue 11, 2022-yil, 18-25b.

[5] Nishonov N.A., Raximjonov Z.Q. Dinamik parametrlarni o'zgarishini hisobga olgan holda to'sinli ko'priklarning texnik holatini baholash // Eurasian journal of academic research Volume 2, Issue 10 2022-yil, 155-161-b.

[6] Nishonov N.A., Raximjonov Z.Q. Zilzila oqibatida ko'priklarini shikastlanishi va ularning sabablari // Academic research in educational sciences Volume 3, Issue 5 2022-yil, 913-919-b..

[7] Z.Q. Raximjonov Ko'priklarning zilzilabardoshlilik nazariyasining rivojlanish holatini tahlili // «Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi» Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari to'plami. Namangan 27-28 noyabr, 2024 yil.

[8] Уздин А.М., Назарова Ш.Ш., Прокопович С.В., Акбиев С.Т. Проектное землетрясение: обоснование, параметры, особенности применения при расчетах сооружений. Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений» №3(40), 2019г, с.40-45.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Raximjonov Toshkent davlat transport universiteti
Ziyovuddin / "Ko'priklar va tonnellar" kafedrasida
Ziyovuddin dotsenti, t.f.f.d., (PhD)
Rakhimjonov E-mail:
ziyoviddin.raximjonov@mail.ru
Tel.: +998939390910
<https://orcid.org/0000-0002-7898-077X>



Analytical methods of musical composition based on fractal theory

G. Berdiev¹^a, S. Ochilova², N. Khujakulov²

¹University of Information Technologies and Management, Karshi, Uzbekistan

²Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract: This study explores how the fundamental principles of fractal theory can be applied to the creation of musical compositions. The research focuses on the mathematical modeling of musical structures through self-similarity, iterative constructions, and the branching characteristics of fractal geometry. In particular, it analyzes musical structures generated using fractal models such as L-systems, IFS (Iterated Function Systems), and Brownian motion.

Keywords: Music, fractal, L-systems, IFS (Iterated Function Systems), Brownian Motion

Fraktal nazariyasiga asoslangan musiqa kompozitsiyasining tahliliy usullari

Berdiyev G.¹^a, Ochilova S.¹, Xujaqulov N.¹

¹Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, Qarshi, O'zbekiston

²Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu ishda fraktal nazariyasining asosiy tamoyillari musiqa kompozitsiyasi yaratishda qanday qo'llanilishi mumkinligi yoritilgan. Tadqiqotda o'z-o'ziga o'xshashlik (self-similarity), iteratsiya asosida hosil qilinadigan tuzilmalar va fraktal geometriyaning tarmoqlanuvchi xususiyatlari orqali musiqa shaklini matematik modellashirish masalasi ko'rib chiqilgan. Ayniqsa, L-tizimlar, IFS (Takrorlanuvchi funksiya tizimlari) va Brown harakati kabi fraktal modellar asosida yaratilgan musiqaviy tuzilmalar tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: Musiqa, fraktal, L-tizimlar, IFS (Takrorlanuvchi funksiya tizimlari), Brown harakati

1. Kirish

Hozirgi kunda IT sohasining rivojlanishi o'zining barcha sohalariga, jumladan, musiqa sohasiga ham chuqur kirib kelmoqda. Xususan, algoritmik kompozitsiya, sun'iy intellekt yordamida musiqa yaratish, raqamli ovoz tahlili, musiqiy tuzilmalarni vizualizatsiya qilish, MIDI (Musical Instrument Digital Interface) texnologiyalari asosida avtomatik ijro va tahrir qilish, shuningdek, virtual musiqiy asboblardan orqali ijod qilish kabi yo'nalishlar tobora ommalashib bormoqda. Bu esa musiqa yaratuvchilarga yangi imkoniyatlar eshigini ochib, an'anaviy uslublarni zamonaviy texnologiyalar bilan uyg'unlashtirishga xizmat qilmoqda. Matematika va musiqa — ifoda shakllarining har xil bo'lishiga qaramay — uzoq vaqtdan beri, Helmholtz aytganidek, "bir-biriga bog'langan" deb tan olingan [1]. Bu bog'liqlikni o'rganishga oid ilk urinishlar odatda Pifagorga bog'lanadi, biroq aslida bu ishlar ehtimol, uning ismi noma'lum bo'lgan shogirdlari — Pifagorchilar tomonidan amalga oshirilgan bo'lib, ular lyra cholg'usida chalgan notalarga son qiymatlari berilgan [2].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Adabiyotlar tahlili. Muallif Michael Edwardsning "Algoritmik kompozitsiya: Musiqada hisoblashli tafakkur" kitobida algoritmik kompozitsiya — ya'ni musiqani

kompyuter algoritmlari asosida yaratish g'oyasini chuqur tahlil qiladi. U musiqa yaratuvchilik faoliyatini matematik va L-tizimlar usuli orqali jarayonni qanday avtomatlashtirish mumkinligini ko'rsatadi. Unda algoritmik yondashuv orqali musiqa kompozitsiyalari qanday shakllantirilishi, kognitiv va matematik modellar yordamida musiqaning strukturasi qanday aniqlanishi, hisoblashli tafakkur (computational thinking) usullari — masalan, logika, tsiklar, shartli operatorlar va funksiyalar — musiqiy g'oyalarni qanday ishlab chiqishga xizmat qilishi, amaliy misollar orqali Python, Max/MSP yoki boshqa skript tili yordamida jonli yoki tayyorlangan (pre-composed) musiqalar qanday yaratilishi, musiqaning ritmi, tovushlarning birgalikdagi yoqimli uyg'unligi (harmoniya), melodiya kompyuter yordamida qanday tahlil qilinishi va yangicha shakllar qanday generatsiya qilinishi muhokama qilingan.

Przemyslaw Prusinkiewicz ning "L-tizimlar yordamida musiqiy protsidura yaratish" maqolasida L-tizim qoidasi, 0L-tizimlar usuli qo'llanilgan bo'lib, usulda musiqiy notalarni yaratilishi tahlil qilingan. L-tizimlar yordamida belgilar notalar ketma-ketligi sifatida talqin qilingan. Ushbu yondashuv grafik fraktal asosida L-tizimlarning musiqiy talqini hisoblanadi.

Musiqa odatda turli akustik chastotalar (balandlik, tovushlar)dagi tovushlarning muayyan tartibda ketma-ket joylashuvi (ya'ni melodiya), tovushlarning birgalikdagi uyg'unligi (garmoniya) va vaqt bo'yicha ketma-ket tashkil etilishi (ritm) sifatida tariflanadi [2].

 <https://orcid.org/0009-0003-5965-5933>



Alohida bir tovush (yoki balandlik) musiqa hosil qilmaydi; aslida, melodiya (balandlikning ketma-ket o'zgarishi) va ritm (tovush davomiyligining ketma-ket o'zgarishi) — musiqaning ikki asosiy elementi hisoblanadi.

O'rta asrlarda numerologlar (sonlar falsafasi bilan shug'ullanuvchilar) garmoniya bilan bog'liq notalarning arifmetik munosabatlari haqida keng fikr yuritishgan. Ming yillar avvaldan ma'lumki, 2:1 chastota nisbati bo'lgan notalar bir oktavani hosil qiladi.

15-asrdan 17-asrgacha musiqa va intonatsiya (sozlash) bilan bog'liq ko'plab nazariy va eksperimental ishlar bajarilgan. Masalan, oktavani bo'lishda eng mashhur va amaliy usullardan biri — bu barcha kalitlarda garmoniyali tarzda asar ijro etish uchun ishlatiladigan "teng temperatsiya" (equal temperament) qoidasi hisoblanadi [1,2].

So'nggi yillarda musiqa tuzilmasining tahlili shuni ko'rsatadiki, u tabiiy manzaralardagi shakllarga o'xshash uzoq masofali o'lchov xossalari ega bo'lishi mumkin (masalan, tog'lar profili, qirg'oq chiziqlari va h.k.) [3].

Voss va Clarke [4,5] tomonidan turli uslublardagi (klassik, rok, jazz, blyuz) musiqalarning audio signallari ustida quvvat spektri tahlili bajarilib, quyidagi natijalar aniqlangan:

- Tovush balandligi va chastota tebranishi (ya'ni melodiya) signalining quvvat spektri taxminan $1/f$ qonuniga bo'ysunadi.
 - Bu turdagi spektr — fraktal shovqin, elektron qurilmalarda ham uchraydi [6,7].
 - Bu xulosalarni Shroeder [8] va Kempbell [9] ham tasdiqlagan. Ularning tadqiqotlari musiqada uslub va asarga qarab o'zgaruvchi uzoq masofali korrelyatsiya mavjudligini ko'rsatadi.
- $1/f$ spektrli musiqa shovqini shunchaki tasodifiy emas:
- $1/f^0$ — ya'ni tasodifiy shovqin, ma'nosiz eshitiladi.
 - $1/f^2$ — ya'ni Braunov shovqin, haddan tashqari zerikarli tuyuladi [10].
 - $1/f$ spektr esa:
 - Tasodifiylik va tartiblikning optimal muvozanatini beradi.
 - Qo'shni signal qiymatlari o'rtasida kuchli bog'liqlik (korrelyatsiya) mavjud.
 - Shu sababli, $1/f$ shovqinli signal – stoxastik musiqa kompozitsiyasi uchun mukammal asos bo'ladi [12–15].

L-tizim

1960-yillarda Aristid Lindenmayer biologik tizimlarda o'sish jarayonlarini modellashtirish uchun parallel grafik grammatikalardan foydalanishni taklif etdi [LINDEN68]. Bu grammatikalar "Lindenmayer tizimlari" yoki qisqacha "L-tizimlar" deb ataladi.

Alvy Ray Smith o'zining SIGGRAPH maqolasida grafftallar (ya'ni o'simliklarga o'xshash grafik tuzilmalar) orqali kompyuter grafikasida L-tizimlarning qo'llanishini tasvirlab bergan [SMITH84].

"L" harfi oldidan kelgan raqam ushbu tizimning kontekstga sezuvchanlik darajasini bildiradi:

L-tizimlarning bir nechta turlari kiritiladi. Ular quyidagi tartibda ko'rib

chiqiladi:

- Kontekstsiz L-tizimlar (Context-free L-Systems)
- Kontekstga bog'liq L-tizimlar (Context-sensitive L-Systems)

- Stoxastik yoki no-deterministik L-tizimlar (Stochastic / Non-deterministic L-Systems)
- Deterministik L-tizimlar (Deterministic L-Systems)
- Tarbiyalovchi L-tizimlar (Propagative L-Systems)
- Tarbiyalovchi bo'lmagan L-tizimlar (Non-propagative L-Systems)
- Jadval asosidagi L-tizimlar (Table L-Systems)
- Parametrik L-tizimlar (Parametric L-Systems)

Bu usulda L-tizim alifbosidagi harflar grafik harakatlarga moslashtiriladi, ya'ni "toshbaqa" deb ataluvchi grafik agent ushbu belgilar orqali boshqariladi.

- F – toshbaqa'ni uzunligi d ga teng masofaga oldinga harakatlantiradi va nuqtalar $(x,y)(x, y)(x,y)$ va $(x',y')(x', y')(x',y')$ orasiga chiziq chizadi.
- f – toshbaqa'ni uzunligi d ga teng masofaga oldinga harakatlantiradi, lekin chiziq chizmaydi.
- + – toshbaqa'ni chapga buradi, burilish burchagi $+\delta$ bo'ladi.
- – – toshbaqa'ni o'ngga buradi, burilish burchagi $-\delta$ bo'ladi.
- [– toshbaqa'ning joriy holatini (x, y, α) saqlaydi.
-] – oldin saqlangan toshbaqa holatini qayta tiklaydi (pop qiladi).

Oddiygina ishlab chiqarish qoidalari (produksiya qoidalari) orqali ham o'simliklar yoki barglarga o'xshash juda qiziqarli va estetik chizmalar hosil qilish mumkin. Shuningdek, fraktal shakllarni ham chizish mumkin.



1-rasm – L-tizimlarning grafik talqinlariga misollar (muallif tomonidan yaratilgan). Chap tarafdagi rasm: Bu Dragon Curve (Ajdaho egri chizig'i) bo'lib, o'z-o'ziga o'xshash fraktal shakl hisoblanadi.

Qadamlar soni: 15 Aksioma: FX

Produksiya qoidalari: $X \rightarrow X+YF+Y \rightarrow -FX-Y \delta$ (burchak): 90 daraja O'ng tarafdagi rasm: Bu butaga (butazorga) o'xshash o'simlik tasviri.

Qadamlar soni: 5 Aksioma: ++++F Produksiya qoidasi: $F \rightarrow FF-[-F+F+F][+F-F-F] \delta$ (burchak): 22.5 daraja IFS (Takrorlanuvchi funksiya tizimlari)

IFS fraktali (Takrorlanuvchi funksiya tizimlari) — bu geometrik shakl bo'lib, u o'zining kichikroq qismlaridan tashkil topgan va har bir qismi butun shaklning kichik nusxasidir. Ular o'z-o'ziga o'xshashlik (self-similarity) tamoyiliga asoslangan. Fraktallarni yaratishda ko'p martalik transformatsiyalar (masalan, masshtablash, aylantirish, siljitish) takroran qo'llaniladi.

IFS fraktali musiqada — bu musiqiy naqshlarni iteratsion usulda o'zining kichik versiyalariga bo'lib, har bir versiyani transformatsiya qilish orqali yaratish jarayonidir.





2-rasm. Barnsley paporotnigi

Sintizator Generativ musiqa yaratish algoritmi sifatida IFS (iterated function system) — ya'ni takroriy funksiyalar tizimi asosida qurilgan fraktallardan foydalanadi. Ushbu algoritim aslida tasvirlar, masalan, paporotnik bargi shaklini hosil qilish uchun qo'llaniladi va x , y koordinatalar juftligini ishlab chiqaradi. Bu koordinatalar aynan ohang (pitch) va davomiylik (duration) kabi musiqa elementlariga aylantirish uchun juda qulaydir.

Chunki bu generativ musiqa bo'lib, sintizator har safar yoqilganda avtomatik tarzda musiqa chalishni boshlaydi. Loyihaning keyingi bosqichida ushbu sintizatorni Arduino sensorlari orqali boshqariladigan, shuningdek, G'arb musiqasiga xos bo'lgan ohanglar (Western Music pitches) asosida ishlaydigan holga keltirish mumkin.

Brown harakati

Brown harakati — bu zarrachalarning suyuqlik yoki gaz muhitida tasodifiy va doimiy harakatidir. Ushbu hodisa fizikada tasodifiy jarayonlar modellashtirishda qo'llaniladi va matematikada stoxastik (tasodifiy) yurish deb qaraladi.

Fraktal musiqada Brown harakati tasodifiylik, doimiylik va o'z-o'ziga o'xshashlik (self-similarity) xususiyatlari bilan ahamiyatli rol o'ynaydi.

- Brown harakati asosida nota balandligi (pitch) tasodifiy, lekin silliq va doimiy o'zgarib turadi.
- Har bir keyingi nota avvalgisiga yaqin bo'ladi, ya'ni juda keskin sakrashlar bo'lmaydi (bu "fraktal" doimiylik hissi beradi).
- Brown harakati yordamida yaratilgan musiqalar ko'pincha tonal markaz atrofida aylanadi, bu esa garmoniklikni saqlaydi.
- Bu xatti-harakat G'arb musiqasi tamoyillariga yaqinlashadi.
- Brown musiqasi ko'pincha $1/f$ spektrga ega (ya'ni fraktal spektr), bu tabiiy tovushlar va musiqalarda keng uchraydi.
- Bu spektroga ega musiqalar odamlar uchun yoqimli va quloqqa oson qabul qilinadi.

Qiyosiy tahlil

1. L-tizim: strukturaviy, tarmoqlanuvchi musiqalar uchun eng qulay model. O'qitiladigan qoidalarga asoslanadi.

2. IFS: geometrik uyg'unlik va o'z-o'ziga o'xshashlikni aks ettirgan musiqalar yaratish uchun foydali. Ijodiy, ixcham hisoblanadi.

Brown harakati: tasodifiylikka asoslangan ohang oqimlari yaratish uchun ishlatiladi. Barqarorlik va tasodifiylik uyg'unlashgan musiqalar hosil qiladi.

3. Xulosa

Fraktal nazariyasining musiqaga tatbiqi zamonaviy algoritmik kompozitsiya jarayonlariga yangi turtki berib, musiqa yaratishda matematik modellashtirish imkoniyatlarini kengaytiradi. Tadqiqot davomida o'z-o'ziga o'xshashlik, iteratsiya va fraktal geometrik tuzilmalar asosida musiqa shakllarining strukturaviy xususiyatlari L-tizimlar, IFS (Iterated Function Systems) va Brown harakati kabi modellarning ohang (pitch), ritm va vaqt oralig'i (duration) bilan bog'liq aspektlari tahlil qilindi.

Fraktal nazariyasi asosida musiqiy kompozitsiyalarda tabiiylik, balans va tasodifiylikni uyg'unlashtirgan holda, san'at va matematikaning integratsiyalashgan yondashuvini yaratadi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Von Helmholtz H. In: Vortrage und Reden. vol. 1. Braunschweig; 1884. p. 82.
- [2] Devaney, R. L. (1995, April). The Sierpinski Triangle. Retrieved from Boston University, <http://math.bu.edu/DYSYS/chaos-game/node2.html>.
- [3] Abutaliev F.B. [and others]. Application of numerical methods and computers in hydrogeology. Tashkent, "Fan", 1976.
- [4] Ding, J., Hitt, L. R., Wang, B., & Zhang, X. Sierpinski Pedal Triangle.
- [5] Lasota, A. & Mackey, M. C. (1994). Iterated Function Systems and Fractals.
- [6] Chaos, fractals, and noise (2nd ed.). New York: Springer-Verlag New York, Inc.
- [7] Peitgen, H., Jürgens, H., & Saupe, D. (2004). The Backbone of Fractals. Chaos and fractals: New frontiers of science (2nd ed.). New York: Springer-Verlag, New York, Inc.
- [8] Madden C. Fractals in music. 2nd. ed. High Art Press; 2007.
- [9] Georgaki A, Christos T. Fractal based curves in musical creativity: a critical annotation. In: Chaos theory: modeling, simulation and applications. World Scientific; 2011. p. 167–74.
- [10] B. F. Lourenço, J. C. L. Ralha, and M. C. P. Brandão, "L-Systems, Scores, and Evolutionary Techniques," in Proceedings of the SMC 2009 - 6th Sound and Music Computing Conference, Porto, Portugal, 2009, pp. 113–118.
- [11] A. Rodrigues, E. Costa, A. Cardoso, P. Machado, and T. Cruz, "Evolving L-
- [12] Systems with Musical Notes," in Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design, Cham, 2016, pp. 186–201.
- [13] Walker JS, Don GW. Mathematics and music: composition, perception, and performance. 1st ed. CRC Press; 2013.
- [14] Honing, H. (2012). Beat Induction as a Fundamental Cognitive Skill. In: D. Deutsch, ed., The Psychology of Music. Academic Press, pp.381–383.
- [15] G'erard Assayag, Georges Bloch, Marc Chemillier, Arshia Cont, and Shlomo Dubnov. OMax brothers: a Dynamic Topology of Agents for Improvization Learning. In Proceedings of the 1st ACM workshop on



Audio and music computing multimedia, pages 125–132, Santa Barbara, California, USA, 2006. ACM.

[16] Roads, C. (1996a). Algorithmic Composition Systems. In The Computer Music.

[17] Saariaho, K. (2012). Kaija Saariaho on Composing Using a Computer in the Past.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Ochilova Sojida / Qarshi davlat texnika universiteti
"Kompyuter tizimlarining dasturiy va

Sojida
Ochilova

texnik ta'minoti" kafedrasida katta
o'qituvchisi
E-mail: sojida.ochilova28@gmail.com
Tel.: +998880950999
<https://orcid.org/0009-0003-5965-5933>

Berdiyev
G'olib / Golib
Berdiev

Axborot texnologiyalari va menejment
universiteti, Ilmiy bo'lim boshlig'i
dotsent, t.f.f.d., (PhD)

Xujaqulov
Navruz /
Navruz
Khujakulov

Qarshi davlat texnika universiteti
assistenti



Improvement of the method for detecting obstacles in front of moving trains and development of its algorithm

S.T. Boltaev¹^a, Z.B. Toshboev¹^b, I.A. Yuldashev¹^c, B.B. Ganijonov¹^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article introduces a LiDAR-based system for detecting obstacles in front of moving trains with the aim of improving railway traffic safety. The system integrates an optimized operating algorithm supported by 2D and 3D visual representations of the detection process. LiDAR technology enables accurate and rapid obstacle recognition under various operational conditions, thereby enhancing reliability in real-time railway monitoring. The proposed approach is validated through scientifically grounded methods and experimental evaluation. The results demonstrate that the LiDAR-based system provides an effective framework for modernizing and automating safety processes in railway environments.

Keywords: LiDAR technology, moving train obstacle detection, rapid detection algorithm, long-range sensing, railway safety, railway station monitoring, point cloud processing, 3D object recognition, automated safety system, real-time detection

Harakatdagi poyezdlar oldidagi to‘siqlarni aniqlash usulini takomillashtirish va uning algoritmini ishlab chiqish

Boltayev S.T.¹^a, Toshboyev Z.B.¹^b, Yo‘ldashev I.A.¹^c, G‘anijonov B.B.¹^d

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada LiDAR texnologiyasi asosida yaratilgan harakatdagi poyezdlar oldidagi to‘siqlarni aniqlash tizimining temir yo‘l hatakat xavfsizligida qo‘llanilishi hamda uning ishlash algoritmi va 2D va 3D vizual tasvirlari ishlab chiqildi. LiDAR texnologiyasi yordamida poyezdlar oldidagi to‘siqlarni xavfsiz va tezkor aniqlash jarayonlari optimallashtiriladi. Ilmiy asoslangan usullar va tajribaviy natijalar yordamida LiDAR texnologiyasining samaradorligi tahlil qilinadi. Ushbu texnologiya asosida yaratilgan tizim temir yo‘l hududlarida avtomatlashtirilgan xavfsizlik jarayonlarini modernizatsiya qilishga imkon beradi.

Kalit so‘zlar: LiDAR texnologiyasi, harakatdagi poyezd oldidagi to‘siq, tezkor aniqlash algoritmi, uzoq masofadan aniqlash, temir yo‘l xavfsizligi, temir yo‘l stansiyasi monitoringi, nuqta buluti qayta ishlash, 3D obyektini aniqlash, avtomatlashtirilgan xavfsizlik tizimi, real vaqt rejimidagi aniqlash

1. Kirish

Hozirgi kunda jahon temir yo‘llarida yuqori tezlikda harakatlanuvchi poyezdlarga nisbatan talab ortib bormoqda. Bunday poyezdlarni yaratishda Germaniya, Yaponiya, Xitoy, Ispaniya kabi davlatlar yetakchi hisoblanadi. Poyezdlar tezligi ortib borgan sari temir yo‘ldan foydalanish xavfsizligini oshirish ham sezilarli tarzda ortadi. Temir yo‘ldan foydalanish xavfsizligini oshirish maqsadida butun dunyo olimlari turli ilmiy izlanishlar olib bormoqda. Ushbu ilmiy yangiliklarning bir qanchasi temir yo‘l xavfsizligi uchun joriy qilinib yuksak natijalarga erishildi. Buning isbotini hozirgi kundagi temir yo‘llarning rivojlanganligidan ham ko‘rishimiz mumkin.

Harakat tarkibi stansiya yo‘llarida, peregonlarda hamda temir yo‘l kesishmalarida harakatlanganda uning xavfsiz va turli xavf-xatarlarsiz o‘z manziliga yetib borishi ustuvor vazifa hisoblanadi. Bunda poyezdlarning temir yo‘l izlari bo‘ylab xavfsiz harakatlanishiga tahdid soluvchi asosiy

omillardan biri oldindagi turli to‘siqlarning vujudga kelishidir. Bunda temir yo‘l iziga turli jismlarning tushib qolishi, piyodalarning temir yo‘l izlarini belgilanmagan qismidan kesib o‘tishi hamda turli hayvonlarning temir yo‘l izlari bo‘ylab harakatlanishini misol qilib keltirishimiz mumkin. Quyida taklif qilinayotgan ilmiy ishda harakatlanayotgan poyezdlar oldidagi to‘siqlarni aniqlash uchun yuqori aniqlikdagi LiDAR texnologiyasi asosidagi takomillashtirilgan tizim ko‘rib chiqilgan.

LiDAR (Light Detection and Ranging) – bu yorug‘lik nurlari (odatda lazer impulslari) yordamida obyektlarning masofasi va shaklini aniqlovchi texnologiya. U radar prinsipiga o‘xshaydi, lekin radio to‘lqinlar o‘rniga lazer nurlaridan foydalanadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

LiDAR TEXNOLOGIYASINING ISHLASH PRINSIPI. LiDAR texnologiyasi turli sohalarda

^a  <https://orcid.org/0000-0001-7289-7820>

^b  <https://orcid.org/0000-0003-0555-7776>

^c  <https://orcid.org/0009-0009-6568-9906>

^d  <https://orcid.org/0009-0006-5485-904X>



qo'llanilishi mumkin. LiDAR texnologiyasini ishlab chiqaruvchi ilg'or kompaniyalardan Xitoyning Hesai Technology, AQSHning RoboSense va Ouster, Inc. hamda Avstriyaning RIEGL ni misol qilib keltirsak bo'ladi.

LiDAR ning ishlash prinsipi lazer nurlarini yuboradi, nur to'siqqa yoki obyektga urilib qaytadi, qaytgan nur qabul qilinadi va vaqt o'lchanadi, nur yuborilgan vaqtdan qaytgunga qadar bo'lgan vaqt orqali obyektgacha bo'lgan masofa aniqlanadi, shu tarzda millionlab nuqtalar yig'ilib 3D xarita (point cloud) hosil qilinadi.

LiDAR ning asosiy komponentlari:

- **Lazer manbai** – nur yuboradi;
- **Qabul qiluvchi detektor** – qaytgan signalni qabul qiladi;
- **Skanner va aylantiruvchi mexanizm** – 360° atrofni qamrab olish imkonini beradi;

- **GPS va IMU modullari** – koordinatalarni va qurilmalarni aniqlash uchun.

LiDAR ning afzalliklari:

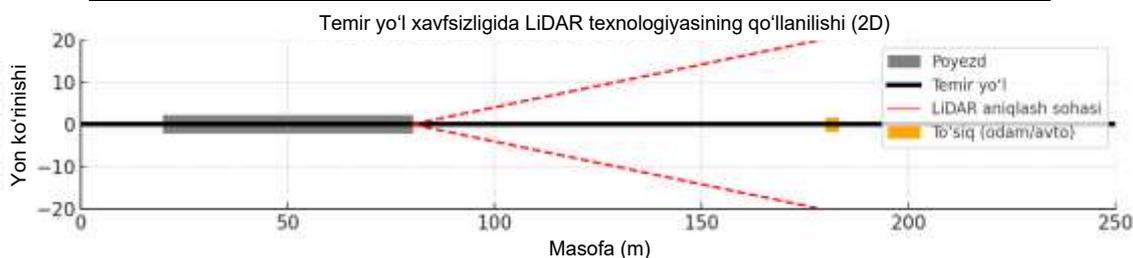
- Juda aniq ishlaydi (sm darajasida xatolik bilan);
- Uzoq masofadan (200-300 m gacha, ayrimlari 1 km dan ortiq) aniqlay oladi;
- Kunduz va tun sharoitida ishlay oladi;
- 3D ko'rinish va batafsil xarita yaratadi;
- Obyektning shakli, hajmi va joylashuvini ko'rsatadi

Quyida LiDAR tizimining temir yo'l xavfsizligidagi afzalliklarini keltiramiz:

1-jadval

LiDAR texnologiyasining temir yo'l xavfsizligidagi afzalliklari va uning qo'llanilish sohalari

Afzalliklar	Ta'rifi
Uzoq masofadan aniqlash	200 metr va unadan uzoqroq masofada to'siqlarni ko'rishi mumkin, bu poyezd tezligi yuqori bo'lganda juda muhim.
3D to'siq aniqlash	Kamera faqat rasm beradi, LiDAR esa obyektning hajmi, balandligi va joylashuvini aniqlaydi. Masalan, temir yo'l izlari ustidagi odammi yoki faqat plastik jisimmi – farqlashi mumkin.
Kunduz va tun rejimida ishlash	Qorong'ulikda ham, hatto yoritish bo'lmasa ham, lazer yordamida to'siqlarni aniqlaydi.
Har xil lob-havoda ishlash	Yomg'ir, qor va tuman paytida ham ma'lum darajada samarali ishlaydi (lekin signal biroz sustlashishi mumkin)
Real vaqt monitoringi	Millisekund darajasida javob qaytarib, tezkor signal beradi (masalan, poyezd mashinisti yoki avtomatlashtirilgan tormoz tizimiga).
Temir yo'l tizimidagi qo'llanilish sohalari	Ta'rifi
Temir yo'l izi ustidagi to'siqlarni aniqlash tizimi	Poyezd harakat yo'lida odam, hayvon, mashina yoki jisim paydo bo'lsa, LiDAR uni 3D shaklda aniqlaydi va ogohlantirish yuboradi.
Stansiya xavfsizligi	Stansiya platforma yo'llaridan yo'lovchilar xavfli hududga tushib qolsa (masalan, rels ustiga yiqilsa), LiDAR tizimi tezda ogohlantiradi.
Avtomatlashtirilgan poyezdlar	O'zini-o'zi boshqaruvchi poyezdlar uchun asosiy tizim bo'lib xizmat qiladi.
Texnik nazorat	Temir yo'l relslari, ko'priklar va tunnellar bo'ylab 3D skanerlash orqali deformatsiyalarni aniqlash.



1-rasm. Poyezd bortiga o'rnatilgan LiDAR asosidagi harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqni aniqlash tizimi 2D sxemasi

Poyezd kabinasiga o'rnatilgan LiDAR texnologiyasi orqali yaratilgan harakatdagi tarkib oldidagi to'siqlarni aniqlash tizimining 2D ko'rinishi, ya'ni x, y o'qlari orqali yon va uzunlik masofalari bilan tasvirlangan (1-rasm). Bunda tizimning to'siqni aniqlash chegara diapazonlarini ko'rishimiz mumkin. Yon yo'nalishda 20 metrgacha, oldingi yo'nalish bo'yicha 200 metrgacha bo'lgan masofada joylashgan to'siqni aniqlay oladi hamda uni 3D shaklini yaratib qisqa vaqt ichida poyezd mashinistini ogohlantiradi yoki avtomatik tormozlash tizimini ishga tushuradi.

3. Natijalar

Temir yo'l satnsiyalari, stansiya oralig'idagi yo'llar va temir yo'l kesishmalarida xavfsizlikni ta'minlash eng ustuvor vazifa hisoblanadi. Temir yo'lida harakat xavfsizligini ta'minlash uchun turli tizimlar yaratilgan. Bunga misol qilib stansiyadagi elektr markazlashtirish tizimlari, peregondagi harakatni boshqarish tizimlari: avtoblokirovka, yarim avtoblokirovka, temir yo'l kesishmasida harakat xavfsizligini ta'minlovchi tizimlar va

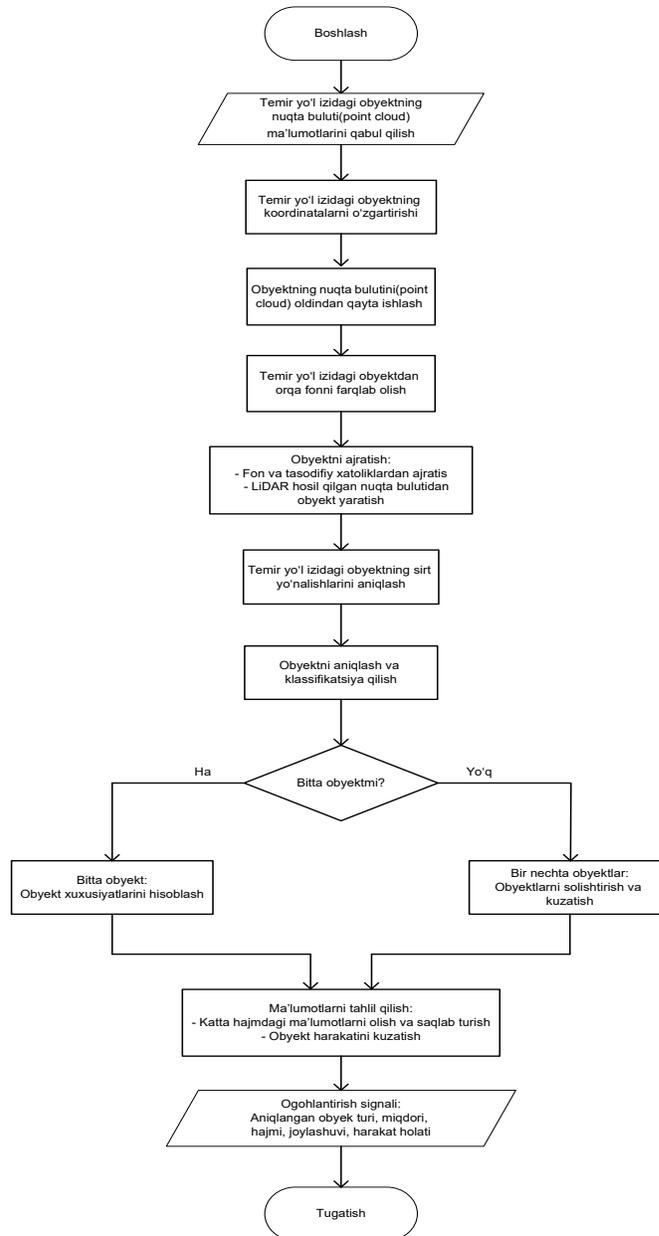


boshqa tizimlarni keltirishimiz mumkin. Har bir tizimning harakat xavfsizligini ta'minlovchi o'z vazifalari mavjud.

Hozirgi kunda temir yo'l hududlarida poyezdlar bilan turli to'qnashuvlar miqdori ortib bormoqda. Bunga yechim sifatida ushbu taklif etilayotgan yangi LiDAR texnologiyasiga asoslangan harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqni aniqlovchi tizim eng maqbul yechim bo'la oladi. Oddiy kameralar orqali temir yo'lni nazorat qiluvchi hududlarni taashkil qilsa bo'ladi, lekin bu nazorat tizimi bir qator noqulayliklarni keltirib chiqaradi. Bulardan kamera tasvirlarini kuzatib turuvchi alohida nazoratchi monitor qarshisida o'tirishiga to'g'ri keladi. Kamera uzatgan tasvirlardan biror xavfni sezgani bilan tezkor

reaksiya bildira olmaydi. Ushbu holat baxtsiz hodisalar yuzaga kelishini keltirib chiqarishi mumkin.

Bu holatlarni hisobga olgan holda harakat tarkibi oldidagi to'siqlarni aniqlovchi LiDAR asosidagi yangi tizim inson omilisiz to'liq avtomatlashtirilgan tizim hisoblanadi. Ushbu tizim poyezdlar oldidagi xavfni juda tez vaqtda aniqlash orqali to'qnashuvlarning oldini oladi. Ushbu tizimni stasionar ustunlarga o'rnatish orqali ham temir yo'l izlaridagi odamlar, turli jismlarni 3D shaklini yaratilgan dastur orqali aniqlab stansiyada harakatni boshqaruvchi dispetcherga va yaqinlashib kelayotgan poyezd mashinistini tezkor ogohlantirish orqali turli xavflarni oldini oladi.



2-rasm. Harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqlarni aniqlashning LiDAR texnologiyasiga asoslangan tizim algoritmi

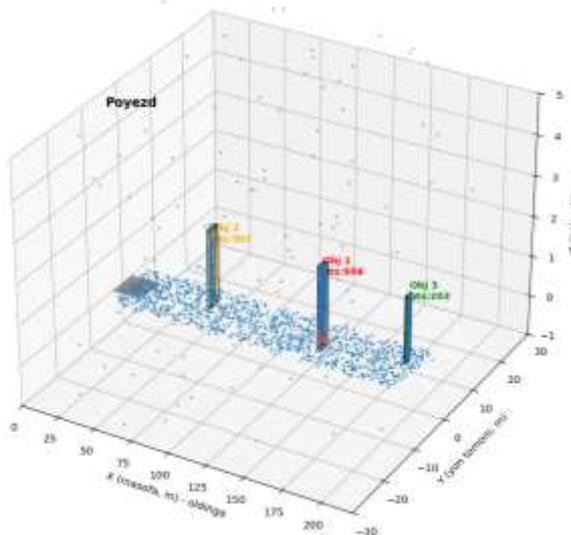


Yuqoridagi 2-rasmda harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqlarni aniqlashning LiDAR texnologiyasiga asoslangan tizim algoritmi ishlab chiqilgan. Quyida ushbu algoritmi uchta qismga bo'lib tahlil qilamiz:

1-qismda: LiDAR yo'ldagi ma'lumotlarni qabul qilib oladi, tizmda nuqta bulutini qayta ishlash, obyektning orqa fonga nisbatan to'g'ri ajratish va faqat obyektning ajratib olish sirt yo'nalishlarini bir xilda ushlab turuvchi algoritmi ishga tushiradi va aniq obyekt sifatida ajratib oladi. Shundan so'ng obyektning holatini hisoblash bloki orqali obyektning nechtaligi aniqlanadi bitta obyekt bo'lsa aniq alohida obyekt sifatida ajratib oladi;

2-qismda: Obyektlar soni bittadan ko'p bo'lsa bir nechta obyektning aniqlash blokiga o'tadi. Undan ma'lumotlarni vaqtinchalik saqlab turish xotirasi blokiga va Katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish blokiga o'tadi ular bilan birga obyektning kuzatish algoritmi hamda obyekt harakatini kuzatib tahlil qilish bloklari ishlaydi. LiDAR texnologiyasi orqali tizim obyektning bitta yoki bir nechtaligini aniqlagandan so'ng nuqta buluti(point)larini na'munaviy obyekt bilan solishtirib obyektning aniqlash blokiga ishlaydi. Ushbu blokda aniqlangan yangi obyekt oldindan dastur orqali kiritilgan na'munaviy obyekt(odam, poyezd vagoni, turli mavjud jismlar) bilan solishtiriladi va obyekt turi aniqlanadi;

3-qismda Obyekt turi aniqlagandan so'ng obyekt ma'lumotlarini taqqoslash blokiga obyekt ma'lumotlarini taqqoslab agar to'g'riligini aniqlansa ogohlantirish signali blokiga yuboriladi bunda ogohlantirish signali beriladi: to'siq turi, miqdori, hajmi, joylashuvi, harakat holati haqida.



3-rasm. Harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqlarni aniqlashning LiDAR texnologiyasiga asoslangan tizim algoritmi asosida Python dasturlash tilida yozilgan bir nechta obyektning 3D ko'rinishi.

Yuqoridagi 3-rasmda harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqlarni aniqlashning LiDAR texnologiyasiga asoslangan tizim algoritmi asosida tuzilgan dasturning Python dasturlash muhiti Plots oynasida shakllangan 3D vizual tasviri yaratilgan. Ushbu holatda LiDAR texnologiyasi asosida, harakatlanayotgan poyezd oldidagi bir nechta obyektning tuzilishi generatsiya qilingan.

4. Xulosa

LiDAR texnologiyasi asosida yaratilgan harakatdagi poyezdlar oldidagi to'siqlarni aniqlovchi tizim temir yo'l stansiyalari, peregonlari, temir yo'l kesishmalari hududlarida harakat xavfsizligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu tizim yordamida temir yo'l hududida biror to'siq paydo bo'lganda uni tezda aniqlash va poyezd mashinistiga zaruriy choralarni ko'rish uchun ogohlantirish signali beradi va real vaqt rejimida obyektning aniqlaydi. Yaratilgan tizim inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi va temir yo'l transportida favqulodda hodisalar xavfini sezilarli ravishda kamaytiradi. LiDAR nurlari millimetrgacha bo'lgan aniqlikda masofa o'lchash imkonini beradi. Bu poyezd oldida eng kichik to'siqni ham aniqlashga yordam beradi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Kosimova, Q.A., Valiyev, S.I., & Boltayev, S.T. (2022). Method and Algorithm of the Automatic Warning System of Train Approaches to Railways. In Proceedings - 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2022 (pp. 532–538). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM54945.2022.9787181>.
- [2] Muhiddinov, O., & Boltayev, S. (2023). Route management modeling of high-speed trains on the train dispatcher section. In E3S Web of Conferences (Vol. 376). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337604033>.
- [3] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Joniqulov, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.
- [4] E.Nateghinia, F.Luis, "Development of an unsupervised 3D LiDAR-based methodology for automated safety monitoring of railway facilities", <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2025.01.011>.
- [5] Boltayev, ST, Abdullaev, RB, Ergashov, BG, & Hasanov, BQ (2022). Simulation of a Safe Train Traffic Management System at the Stations. In Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022 (pp. 566–571). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755616>.
- [6] Boltayev, S.T., & Kosimova, Q.A. (2022). Railway Point Machine Control Automation Methods. In Proceedings - International Ural Conference on Measurements, UralCon (Vol. 2022-September, pp. 290–294). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/UralCon54942.2022.9906687>.
- [7] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Joniqulov, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.
- [8] Boltaev S T., Rakhmonov B.B., Muhiddinov O.O., Saitov A.A., Toshboyev Z. B. Development of a block model for intelligent control of the position of the switches



operating apparatus in the electrical interlocking system. CONMECHYDRO 2021 № 365.

[9] Boltayev, ST, Valiyev, SI, & Kasimova, QA (2022). Improving the Method of Sending Information about the Approach of Trains to Railway Crossings. In Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022 (pp. 558–565). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755564>.

[10] Yingying Yang, Cheng Wang, Xiaoqi Liu, “Railway Engineering Science (2025) 33(1):79-93, “High-precision laser monitoring system with enhanced non-uniform scanning for railway safety”, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-024-00351-7>.

[11] Boltayev S.T., Toshboyev Z.B., Yo‘ldashev I.A. “Temir yo‘l stansiyalarida harakatlanuvchi piyodalarga tarkibning yaqinlashishi to‘g‘risida xabar berish tizimlari”. “Yosh ilmiy tadqiqotchi - 2025” IV xalqaro ilmiy-texnikaviy anjuman.

[12] Boltayev S.T., Toshboyev Z.B., Yo‘ldashev I.A. “Harakatdagi poyezdlar oldidagi to‘siqlarni aniqlash usulini zamonaviy lidar texnologiyasi asosida mahalliyashtirish”. Ilm, fan va innovatsion rivojlanish xalqaro ilmiy-texnikaviy jurnal. 8-jild / 4-2025.

Mualliflar to‘g‘risida ma‘lumot/ Information about the authors

Boltayev Sunnatillo Tuymurodovich / Sunnatillo Boltaev	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası mudiri. t.f.n. professor E-mail: sunnat_3112@list.ru Tel.: +998909571088 https://orcid.org/0000-0001-7289-7820
Toshboyev Zohid Baxron o‘g‘li / Zohid Toshboev	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası PhD, dotsent E-mail: toshboyevzohid1991@gmail.com Tel.: +998909790105 https://orcid.org/0000-0003-0555-7776
Yo‘ldashev Ijodbek Anvarjon o‘g‘li / Ijodbek Yuldashev	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası tayanch doktoranti. E-mail: ijodbek.yuldashev@mail.ru Tel.: +998911420949 https://orcid.org/0009-0009-6568-9906
G‘anijonov Bekzodjon Bahromjon o‘g‘li / Bekzodjon Ganijonov	Toshkent davlat transport universiteti “Avtomatika va telemexanika” kafedrası assistenti E-mail: bekzodganiyev0777@gmail.com Tel.: +998999135312 https://orcid.org/0009-0006-5485-904X



Laboratory synthesis of a plasticizer based on phthalic anhydride, ethylene glycol, and isoamyl alcohol

S.U. Soatov¹^a, E.S. Sottikulov²^b, B. Elmuradov¹^c, M.G. Ishmukhamedova³^d

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

²ChemX Tech Engineering LLC, Tashkent, Uzbekistan

³Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article reports the synthesis of a novel high-molecular-weight plasticizer based on phthalic anhydride, ethylene glycol, and isoamyl alcohol. The optimal conditions for the synthesis process were determined, and the influence of reaction time on the yield of the resulting plasticizer was investigated. Furthermore, the reaction mechanism underlying the formation of the plasticizer from phthalic anhydride, ethylene glycol, and isoamyl alcohol was proposed.

Keywords: Phthalic anhydride, Isoamyl alcohol, Ethylene glycol, Catalyst, Sorbent

Ftal angidrid, etilenglikol va izoamil spirti asosida hosil bo'ladigan plastifikatorni laboratoriya sharoitida sintezi

Soatov S.U.¹^a, Sottikulov E.S.²^b, Elmuradov B.¹^c, Ishmukhamedova M.G.³^d

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

²ChemX Tech ENGINEERING MCHJ, Toshkent, O'zbekiston

³Toshkent kimyo texnologiya institute, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada ftal angidrid, etilenglikol va izoamil spirti asosida yangi molekulyar massasi yuqori bo'lgan plastifikator sintez qilindi hamda sintez qilingan plastifikatorni optimal sharoitlari aniqlandi. Ftal angidrid, etilen glikol va izoamil spirti asosida olingan plastifikator unumiga vaqtning tasiri o'rganildi. Ftal angidrid, etilen glikol va izoamil spirti asosida olingan plastifikatorni olish reaksiya mexanizmi ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: Ftal angidrid, Izoamil spirt, etilenglikol, katalizator, sorbent

1. Kirish

Bugungi kunda jahon bozorida 100 ga yaqin plastifikatorlar turlari ishlab chiqarilsada, faqatgina 50 tasi keng qo'llaniladi va tijoratda ahamiyatli hisoblanadi. Plastifikatorlar ishlab chiqarish hajmining 90% qismi PVX va egiluvchan materiallar tayyorlashda qo'llaniladi. Ular orasida murakkab efirlar alohida o'rin tutadi, jumladan adipinatlar, azelatlar, sitratlar, benzoatlar, ortoftalatlar va boshqa turdagi efirlar. Bu moddalar polimerlarning egiluvchanligi va plastikligini oshirishda asosiy vosita sifatida xizmat qiladi [1-2].

Ishlab chiqarish hajmining oshishi va polivinilxlorid (PVX) birikmalarini qo'llash ko'lamining kengayishi yangi qo'shimchalarni ishlab chiqishga va ularni ishlab chiqarish uchun yangi xom ashyo manbalarini jalb qilishga yordam beradi. PVXni qayta ishlash uchun zarur bo'lgan eng muhim qo'shimchalar plastifikatorlardir. Plastifikatorlar bozori global qo'shimchalar bozorining eng katta segmentlaridan biridir. Plastifikatorlar polimer kompozitsiyalarni modifikatsiya qilishning eng sodda va iqtisodiy jihatdan maqbul yechimi hisoblanadi. Shu sababli, ularning polimer materiallarni qayta ishlash jarayonlaridagi ahamiyati va

qo'llanilishi yaqin yillarda keskin oshdi. Qo'llashda deyarli barcha polimerlarni, ayniqsa polivinilxloridni plastiklashtira oladigan efir plastifikatorlari eng amaliy hisoblanadi. Ayni paytda sanoatda uch yuzdan ortiq turdagi plastifikatorlar ishlab chiqarilmoqda, ularning aksariyati ftal kislotaning efirlaridir. An'anaviy ftalat plastifikatorlari butun dunyoda eng ko'p qo'llaniladigan plastifikatorlardan biri hisoblanadi[3].

Ushbu adabiyotda assimetrik adipin kislotasi diefirlarining fizik-kimyoviy xossalari bo'yicha sintez va tadqiqot ishlari natijalari, ularning efir plastifikatorlarini ishlab chiqarishdagi ahamiyatini ochib berish maqsadida keltirilgan. Assimetrik adipatlar p-nonilfenoksietanol va C₄ - C₁₀ alifatik spirtlar bilan ikki bosqichli eterifikatsiya yo'li bilan olingan. Tahlillar natijalari polivinilxlorid va loyihalashtirilgan plastifikatorlar tarkibini tayyorlash orqali ushbu birikmalardan PVXga plastifikator sifatida foydalanish imkoniyatini ko'rsatdi. Aralashmalarining xususiyatlari siqilishga bardoshlilik va rang barqarorligi GOST yordamida o'rganilgan. Xususan, efir plastifikatori bilan plastiklashtirilgan aralashmalar PVXda diizooktil ftalat (DIOF) aralashmalari bilan deyarli bir xil xususiyatlarga ega edi. Sintezlangan efirlarning barchasi

^a  <https://orcid.org/0009-0005-4410-3479>

^b  <https://orcid.org/0009-0008-2010-1905>

^c  <https://orcid.org/0009-0003-6572-4616>

^d  <https://orcid.org/0009-0002-5835-2052>



PVXda muqobil plastifikator sifatida foydalanish qobiliyatini ko'rsatdi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Polivinilxlorid kompozitsiyalari har xil turdagi mahsulotlarni olish uchun keng qo'llaniladi [4]. PVX kompozitsiyasining tarkibida plastifikator asosiy tarkibiy elementlardan biri sifatida mavjud bo'lib, uning qo'shilishi tayyor polimer materiallar va mahsulotlarning fizik-kimyoviy va texnologik xususiyatlarini modifikatsiya qilishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, plastifikatorning mavjudligi ularning qo'llanish imkoniyatlarini kengaytirishga imkon beradi. Polivinilxlorid kompozitsiyalarini qayta ishlash samaradorligi plastifikatorning fizik-kimyoviy yaroqliligi hamda iqtisodiy samaradorligi bilan belgilanadi va bu jarayonda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Zamonaviy dunyoda mahsulotlarning yuqori sifati ularning ekologik xavfsizligi bilan bevosita bog'liq. Shu munosabat bilan ishda adipin kislota va epoksidlangan butanol asosida ekologik toza plastifikatorlar ishlab chiqarish yulga quyilgan. Ularning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari o'rganilgan. Olingan qo'shimchalarning PVX kompozitlarining reologiyasiga ta'siri o'rganildi. Butil butoksietil adipat bilan plastiklashtirilgan PVX kompozitsiyalari ishlab chiqilgan eritmalarining oqim xususiyatlarining qiymatlari baholandi. Eritmalarining suyuqligi sanoat dioktilftalatini o'z ichiga olgan shunga o'xshash tarkibdagi birikmalar bilan solishtirganda, undan ham biroz yuqoriroq ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi [5-7].

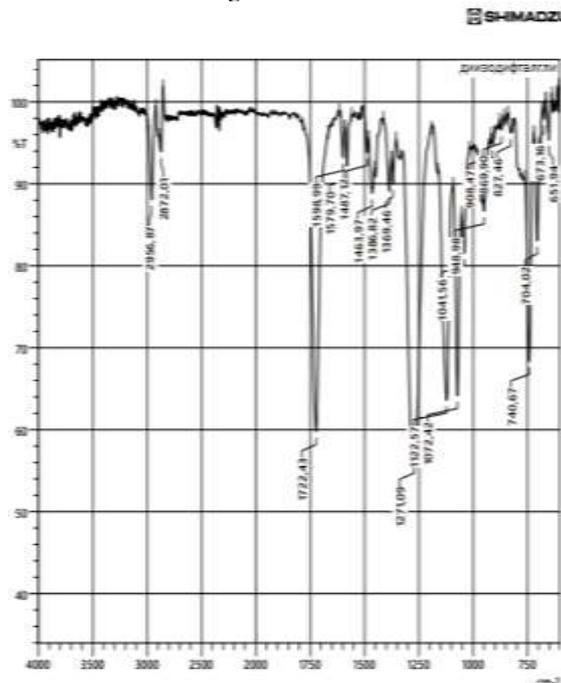
PVX pollar yuqori intensivlikdagi foydalanish sharoitida 20 yilgacha xizmat qilishi mumkin. Bunda plastifikatorlar ultrabinafsha nurlanishi va harorat o'zgarishlariga bardoshli bo'lib, materialning rang barqarorligini va moslashuvchanligini saqlab qoladi. Polivinilxlorid turli qalinlik va egiluvchanlikdagi plyonkalar shaklida ishlab chiqarilib, oziq-ovqat mahsulotlari, elektron quрилmalar, ehtiyot qismlar, gigiyena vositalari, asbob-uskunalar va o'yinchoqlar uchun qadoqlash materiallari sifatida foydalaniladi.

Yevropada qadoqlash materiallari ishlab chiqarishda yiliga 500 ming tonnadan ortiq PVXdan foydalaniladi, bu esa uning sanoat va iste'molchilar ehtiyojlarini qondirishdagi ahamiyatini ko'rsatadi [6-8].

Ftal anhidrid izoamil spirti va etilenglikol asosida olinadigan plastifikator sintezi uchun ftal anhidrid izoamil spirti va etilen glikol 2:1:2 mol nisbatlarda olindi. Qaytarma sovutgich, Dina-Stark, xarorat o'lchagich va tomchilatgich voronka bilan ta'minlangan, uch og'izli, yassi tubli kolbaga moddalar solindi va xarorat asta-sekin 140 °S gacha ko'tariladi. Reaksiyon massa magnitli aralashtirgich yordamida doimiy aralashtir turildi. Reaksiya tetrabutoksititanat (TBT) katalizator ishtirokida, 8 soat davomida olib boriladi. Reaksiya harorati 0,5 °C/min harorat ko'tarilish tezligida 140 °C dan 180 °C gacha asta-sekin o'sib boradi. Nazariy jixatdan hisoblangan reaksiyon suv ajralib chiqqandan so'ng, reaksiyon massadan namuna olinib, kislota soni aniqlanadi. Tayyor bo'lgan diizoamildiflatglikol polivinilxlorid (PVX) uchun plastifikator sifatida qo'llanishi uchun ma'lum GOST 8728-88 talabiga mos kelishi talab etiladi, GOST 8728-88 bo'yicha plastifikator rangi tiniq rangsiz bo'lishi talab etiladi, shuning uchun, plastifikatorning umumiy massaga nisbatan 5% gacha miqdorda sorbent qo'shib, 20-30 daqiqa

davomida, 90-100 °C haroratda ishlov berildi, hamda vakuum fil'tr yordamida filtrlandi.

Mahalliy xom ashyolar asosida olingan diizoamildiflatglikol plastifikatorni IQ-spektroskopiyasi tahlili 1-rasmida keltirilgan.

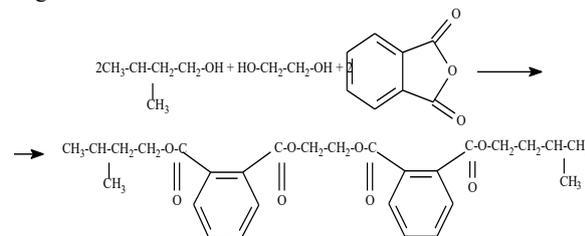


1-rasm. Izoamil spirti, ftal anhidrid va etilenglikol asosida olingan plastifikatorning IQ-spektri

Izoamil spirti, ftal anhidrid va etilenglikol asosida olingan plastifikatorning IQ-spektrida shuni ko'rishimiz mumkinku 2956-2872 cm^{-1} yutilish sohasida SN_3 - SN_2 guruhlari intensivligining oshishini ko'rsatadi. Siklik anhidrid bilan

bog'liq bo'lgan pik 1722,43 cm^{-1} sohadagi ftal anhidridning IQ-spektridagi yutilish cho'qqisi reaksiya davomida ON spirt guruhi o'rtasida bo'lganligi sababli, sintez qilingan plastifikatorning IQ-spektrida bu yutilish cho'qqisi kuzatilmadi, C-O-C bog'lari bilan bog'liq sohada 1271,09 cm^{-1} cho'qqisi namoyon bo'ldi. Shunga asoslanib, biz efir guruhlari hosil bo'lgan degan xulosaga kelishimiz mumkin.

Yuqoridagi taxlillar asosida izoamil spirti etilenglikol va ftal anhidrid asosida diizoamildiflatglikol plastifikator olish jarayoni amalga oshirildi. Ushbu jarayonni quyidagi tenglama asosida ifodalash mumkin:



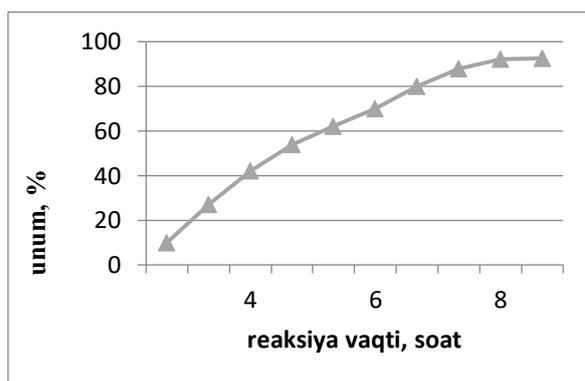
Maxalliy xom-ashyolar asosida olingan diizoamildiflatglikol plastifikatorini olish uchun bajarilgan dastlabki ishimiz reaksiya uchun olingan xomashyolarning mol nisbatlari hamda reaksiya davomiyligining mahsulot chiqish unumiga ta'sirini o'rganishdan iborat bo'ldi. Reaksiya ftal anhidrid etilen glikol va izoamil spirtining turli mol nisbatlarida va 8 soat

vaqt oralig'ida amalga oshirildi. Diizoamildiflatglikol plastifikatorini sintez qilishda o'tkazilgan reaksiya natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan, hamda jadvaldagi ma'lumotlar jadval va rasm holatida tasvirlangan.

1-jadval

Diizoamildiflatglikol plastifikatorining hosil bo'lish unumiga dastlabki xom-ashyolarni mol nisbatlari va jarayon vaqtining ta'siri

№	Mol nisbatlar	Vaqt, soat	Unum, %
1	2:2:1	6	28,1
2	2:2,2:1		45,5
3	2:2,5:1		64,3
№	Mol nisbatlar	Vaqt, soat	Unum, %
4	2:2:1	8	38,5
5	2:2,2:1		67,5
6	2:2,5:1		90,7



2-rasm. Ftal anhidrid, etilen glikol va izoamil spirti asosida olingan plastifikator unumiga vaqtning tasiri

Sintez qilib olingan natijalardan ko'rish mumkinki reaksiya 8 soatgacha davom etganda maxsulotni chiqishi unumi ortib boradi, shuningdek eng yuqori chiqish unumiga dastlabki xom-ashyolarni mol nisbatlari 1:2 nisbatda bo'lganda yuqori unumga erishildi.

3. Xulosa

Ftal anhidrid, etilen glikol va izoamil spirti asosida sintez qilingan plastifikatorning hosil bo'lish unumiga dastlabki xom-ashyolarni mol nisbatlari va jarayon vaqtining ta'siri aniqlangan. Tayyor bo'lgan diizoamildiflatglikolni PVX kompozitsiyasiga plastifikator sifatida qo'llash uchun, GOST8728 bo'yicha plastifikator rangi tiniq rangsiz bo'lishi talab etiladi, shuning uchun, plastifikatorning umumiy massaga nisbatan 5 foizgacha miqdorda sorbent qo'shib, 20-30 daqiqa davomida, 90-100 °C haroratda ishlov berildi, hamda filtr yordamida ishlov beriladi. Mahalliy xom ashyolar asosida sintez qilib olingan plastifikatorni IQ-spektroskopiya tahlil natijalari o'rganildi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Müller, N. *Plastics Additives Handbook: Stabilizers, Processing AIDS, Plasticizers, Fillers,*

Reinforcements, Colorants for Thermoplastics // Published by Hanser Gardner Publications, 1988. – 970 r.

[2] Charles, A. *Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites* // The McGrawHill, Harper Editor-in-Chief., 2002.– 884 p.].

[3] Aminova G. K. et al. Obtaining new phthalate plasticizers // *Nanotekhnologii v Stroitel'stve*. – 2021. – T. 13. – №. 6. – C. 379-385.

[4] Mazitova A. K. et al. Obtaining biodegradable plasticizer // *AIP Conference Proceedings*. – AIP Publishing, 2022. – T. 2390. – №. 1. Chaffin, M. Ayub, etc. // - Moscow: Mir. 1992. – pp. 43-45.

[5] Vixhareva I. N., Aminova G. K., Mazitova A. K. Study of the rheological properties of PVC composites plasticized with butoxyethyl adipates // *ChemEngineering*. – 2021. – T. 5. – №. 4. – C. 85.

[6] Rahman S. PVC pipe & fittings: underground solutions for water and sewer systems in North America // *2nd Brazilian PVC Congress*, Sao Paulo. – 2007. – C. 19-20.

[7] Соатов С.У., Ишмухамедова М. Г., Соттикулов Э. С., Каримов М. У. // Синтез и исследование пластификатора диоктил терефталата на основе технической терефталевой кислоты // *НамДУ илмий ахборотномаси - Научный вестник НамГУ 2021 йил 9-сон*

[8] Соатов, С. У., Джалилов, А. Т., Соттикулов, Э. С., & Ишмухамедова, М. Г. (2022). ПОЛУЧЕНИЕ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА ДИ-2-ЭТИЛГЕКСИЛМАЛЕИНАТА. *Universum: технические науки*, (12-6 (105)), 16-20.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Soatov Sirojiddin

Toshkent davlat transport universiteti "Tabiiy fanlar" kafedrasida dotsenti, t.f.f.d., PhD
E-mail: soatov.2021@mail.ru
Tel.: +998901342910
<https://orcid.org/0009-0005-4410-3479>

Elmuradov Boynazar

Toshkent davlat transport universiteti "Tabiiy fanlar" kafedrasida dotsenti, k.f.n.
Tel.: +998946575280
<https://orcid.org/0009-0003-6572-4616>

Sottiqulov Elyor / Elyor Sottikulov

ChemX Tech ENGINEERING MChJ direktori. t.f.d., dotsent
Tel.: +998973442711
<https://orcid.org/0009-0008-2010-1905>

Ishmuxamedova Muqaddam / Mukaddam Ishmukhamedova

Toshkent kimyo texnologiya instituti. YuMB kafedrasida
Tel.: +998977250360
<https://orcid.org/0009-0002-5835-2052>



Optimization of the process of delivering wagons to loading and unloading sites at railway stations using a single locomotive

O.Z. Tohirov¹^a, A.T. Bakoev¹^b, B.E. Rustamjonov¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Shunting locomotives are one of the most important links in technological processes at railway stations, and their efficient management directly affects the station's processing capacity, the rhythm and continuity of the transportation process, as well as economic performance indicators. The article provides a detailed overview of the task of optimizing the process of delivering wagons to loading and unloading sites at railway stations. In the study, taking into account the combinatorial nature of the process, all possible options for the order of wagon delivery to loading and unloading sites were identified and evaluated. As the objective function, the criterion of minimizing wagon idle time was chosen, and with the help of the developed specialized software, it became possible to determine the optimal option. The obtained results show that the optimal organization of shunting processes makes it possible to efficiently use station resources, manage the transportation process promptly, reduce idle time, and decrease economic losses. The proposed approach creates wide opportunities for improving planning and management processes in railway transport, as well as for application in modern logistics systems.

Keywords: railway station, loading and unloading sites, wagon-hours, combinatorial method, logistics, shunting, locomotive, software

Temir yo'l stansiyalarida vagonlarni bitta lokomotiv yordamida yuk ortish-tushirish joylariga yetkazib berish jarayonini optimallashtirish

Tohirov O.Z.¹^a, Baqoyev A.T.¹^b, Rustamjonov B.E.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Manyovr lokomotivlari stansiya texnologik jarayonlarining eng muhim bo'g'inlaridan biri bo'lib, ularning samarali boshqarilishi stansiyaning qayta ishlash qobiliyatini, yuk tashish jarayonlarining ritmik va uzluksizligi hamda iqtisodiy ko'rsatkichlarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Maqolada temir yo'l stansiyalarida vagonlarni yuk ortish va tushirish joylariga yetkazib berish jarayonini optimallashtirish masalasi keng yoritilgan. Tadqiqotda jarayonning kombinatorik xarakteri hisobga olinib, vagonlarning yuklash-tushirish joylariga yetkazib berilish tartiblari bo'yicha barcha ehtimoliy variantlar aniqlangan va baholangan. Maqsad funksiyasi sifatida vagonlarning turib qolish vaqtini minimallashtirish mezonini tanlangan hamda ishlab chiqilgan maxsus dasturiy ta'minot yordamida optimal variantni aniqlash imkoniyati yaratilgan. Olingan natijalar manyovr jarayonlarini optimal tashkil etish orqali stansiya resurslaridan samarali foydalanish, tashish jarayonini tezkor boshqarish, turib qolish vaqtlarini qisqartirish va iqtisodiy yo'qotishlarni kamaytirish imkonini berishini ko'rsatadi. Taklif etilgan yondashuv temir yo'l transportida rejalashtirish va boshqaruv jarayonlarini takomillashtirish hamda zamonaviy logistika tizimlarida qo'llash uchun ham keng imkoniyatlar yaratadi.

Kalit so'zlar: temir yo'l stansiyasi, ortish-tushirish joylari, vagon-soat, kombinatorika usuli, logistika, manyovr lokomotivi, dasturiy ta'minot

1. Kirish

Temir yo'l stansiyasiga bir nechta shoxobcha yo'llari va turli korxonalar tutashgan bo'lsa, ushbu infratuzilmani xizmat ko'rsatish tartibi va ketma-ketligini to'g'ri rejalashtirish alohida ahamiyat kasb etadi. Xususan, yuk ortish-tushirish joylarini xizmat ko'rsatishning optimal ketma-ketligini aniqlash, temir yo'l transporti samaradorligi oshiradi, qimmatbaho yoqilg'i va energiya resurslarini

tejaydi, logistika jarayonlarining uzluksizligi va korxonalar ishlab chiqarish faoliyati uchun muhim ahamiyatga ega.

Agar vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga olib kirib berish tartibi noto'g'ri tanlansa, ortiqcha lokomotiv harakatlari, vaqt yo'qotishlari, yoqilg'i va energiya resurslarini zaruratidan ortiq ishlatilishi, temir yo'l infratuzilmasidan samarasiz foydalanish va ortish-tushirish operatsiyalarida kechikishlar yuzaga kelishi mumkin. Aksincha, optimal belgilangan xizmat ko'rsatish ketma-ketligi bunday salbiy oqibatlarining oldini olishga va tashish

^a <https://orcid.org/0009-0006-9147-0033>

^b <https://orcid.org/0009-0003-0655-0484>

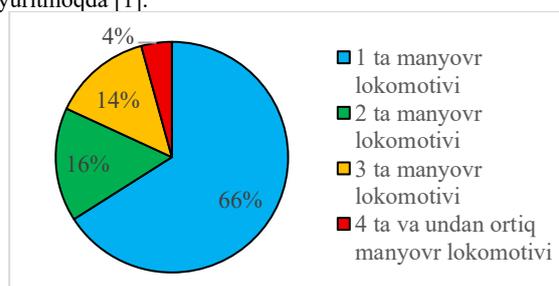
^c <https://orcid.org/0009-0007-5775-3870>



jarayonining tezkor, aniq hamda uzluksiz amalga oshirilishini ta'minlashga imkon yaratadi.

Shuningdek, stansiyaga tutashgan shoxobcha va korxonalar yo'llari sonining ortishi bilan temir yo'l infratuzilmasi murakkablashib boradi. Bu esa har bir yangi qo'shilgan shoxobcha yo'llari lokomotivlarning harakatlanish marshrutlari va vagonlarning joylashtirilishi bo'yicha qo'shimcha variantlarni yuzaga keltirishini anglatadi, natijada kombinatsion yechimlar soni keskin ortadi. Bunday sharoitda xizmat ko'rsatish tartibini aniqlash, qo'lda hisoblash usullari yordamida amaliy jihatdan imkonsiz bo'lib qoladi. Bu holat, ayniqsa yagona lokomotiv yordamida shoxobcha yo'llariga xizmat ko'rsatadigan stansiyalarda yanada murakkab masala hisoblanadi.

"Temiryo'linfratuzilma" AJ tasarrufidagi 272 ta temir yo'l stansiyasining 94 tasida manyovr lokomotivlari ishlaydi. Ularning umumiy soni 1-rasmda ko'rsatilgan tartibda taqsimlangan: 1 ta manyovr lokomotivi ishlaydigan 62 ta (66 %) stansiya, 2 ta manyovr lokomotivi ishlaydigan 15 ta (16 %) stansiya, 3 ta manyovr lokomotivi ishlaydigan 13 ta (14 %) stansiya va 4 ta va undan ortiq manyovr lokomotivi ishlaydigan 4 ta (4 %) stansiya faoliyat yuritmoqda [1].



1-rasm. "Temiryo'linfratuzilma" AJ tasarrufidagi manyovr lokomotivlarining stansiyalar kesimida taqsimlanishi

Yuqoridagilar, o'z navbatida, shoxobcha yo'llariga bitta manyovr lokomotivi bilan xizmat ko'rsatish jarayonida matematik modellash va algoritmik yondashuvlar asosida maxsus dasturiy ta'minotdan foydalanish zarurati ko'rsatadi. Bunday yondashuv nafaqat hisob-kitob ishlarini tezkor va aniq bajarishni, balki eng maqbul yechimni tanlab olish orqali temir yo'l infratuzilmasidan samarali foydalanishni va yoqilg'i-energetika resurslarini tejashni ham ta'minlaydi.

O'zbekiston va xorijda olib borilgan bir qator tadqiqotlarda yuk stansiyalarida vagonlarni ortish-tushirish joylariga yetkazish texnologiyalarini optimallashtirish, shuningdek manyovr lokomotivlardan samarali foydalanish masalalari yoritilgan. Jumladan, C. Moldenhauer va boshqalar yagona vagon yuklari (single wagon load) zanjirini optimallashtirish uchun real vaqtidagi transport modellari ishlab chiqqan [2]. Ularda vagonlarni turli frontlarga joylashtirish, poyezdlarni tuzish va lokomotiv harakatlarini optimallashtirish masalalari yoritilgan. Qiu J. va boshqalar katta yuk stansiyalarida manyovr operatsiyalari rejasini optimallashtirish uchun DQN (Deep Q-Network) algoritmidan foydalangan. Ularda manyovr lokomotivining harakat traektoriyalari, qayta yurishlar soni va ish vaqtini qisqartirish masalalari o'rganilgan [3]. Guo Goods Operation Stations (GOS) misolida vagonlarni yetkazish va olib kelish operatsiyalarini optimallashtirishni taklif qilgan. Ushbu tadqiqotda lokomotiv yo'l xarajatini kamaytirish va ish vaqtini tejash bo'yicha modellar berilgan [4]. Li vagonlarni yetkazish va qaytarib olish operatsiyalarini bir

vaqtda rejalashtirish masalasini ko'rib chiqqan. Muallif xarajatlarni kamaytirish va lokomotiv yo'llaridan oqilona foydalanishni nazarda tutuvchi modellarni taklif qilgan [5]. S.B. Sattorov mahalliy yuk tashish jarayonlarini tashkil etishda stansiya imkoniyatlari va tranzit oqimlar ta'siriga e'tibor qaratgan hamda vagonlarning stansiyalarda to'xtashi, manyovr operatsiyalariga ta'sir etuvchi omillar yoritilgan [6].

Ye.D. Pserovskaya yuk stansiyalarining qayta ishlash qobiliyatiga asosiy parametrlarning ta'sirini o'rgangan va frontlarga vagonlarni yetkazishdagi infratuzilma cheklovlarini aniqlagan [7]. Shuningdek, P.S. Grigorev [8] va O.R. Xamidovlar [9] manyovr lokomotivlari konstruksiyasi va ularning xizmat muddatini baholash bo'yicha tadqiqotlar olib borgan bo'lib, lokomotivning ortish-tushirish joylariga xizmat ko'rsatishida ishonchligini ta'minlashda muhim nazariy yechimlar ishlab chiqqan.

Manyovr lokomotivi yordamida yuk ortish-tushirish joylariga optimal xizmat ko'rsatish navbatini tanlashga doir ilmiy ishlarda vagon-soat ko'rsatkichlarini minimallashtirish mezonini yetarli darajada yoritilmagan. Jumladan, Li H., Chen H., Wang Y. o'z ishlarida daraxtsimon maxsus temir yo'l tarmoqlaridan vagonlarni olib kirish, olib chiqish va joylashtirish jarayonini optimallashtirish masalasini ko'rib chiqqan. Mualliflar manyovr lokomotivi harakatlari ketma-ketligini belgilash orqali umumiy talab etiladigan manyovr vaqtini kamaytirishga qaratilgan genetik va muravey algoritmlari asosidagi modellarni taklif qilgan [10]. Qiu J. va boshqalar yuk poyezdlari deposida manyovr operatsiyalari rejalashtirish masalasini tadqiq etgan. Ular manyovr lokomotivining harakat traektoriyasini optimallashtirish, saralash operatsiyalari sonini kamaytirish va vaqt samaradorligini oshirish yechimlarini ishlab chiqqan [11]. Chen H. va boshqalar avtomatlashtirilgan konteyner terminallarida poyezdlarni yuklash va tushirish operatsiyalarini rejalashtirish va konteynerlar navbatini tanlash masalasini ko'rib chiqqan. Mualliflar sinxron yuklash-tushirish usuli va MILP (Mixed Integer Linear Programming) modellari hamda ALNS (Adaptive Large Neighborhood Search) algoritmlarini qo'llab, xizmat ko'rsatish vaqtini qisqartirish va texnik vositalardan samarali foydalanishni ta'minlashga erishgan [12]. Han P. va boshqalar manyovr lokomotivlari yordamchi stansiyalarda poyezd tarkibini shakllantirish va resurslardan foydalanish masalasini kompleks optimallashtirishga qaratilgan ish olib borgan. Mualliflar matematik dasturlash va Constraint programming yondashuvlarini birlashtirib, manyovr ishlarini logik asosli dekompozitsiya orqali hal qilish usulini taklif qilgan [13]. Zhang Q. stansiyalarda yuk ortish-tushirish resurslarini taqsimlash masalasini o'rgangan. Uning ishidan asosiy maqsad uskunalarining ish vaqtini va poyezdlarning stansiyada turish vaqtini minimallashtirish hisoblanadi. Muallif maxsus modellari va optimallashtirish usullari orqali xizmat ko'rsatish samaradorligini oshirishga erishgan [14].

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, mavjud ilmiy ishlarda ortish-tushirish joylariga xizmat ko'rsatish navbatini tanlashda mumkin bo'lgan viraantlar to'g'ridan-to'g'ri kombinatorik yondashuv asosida amalga oshirilmagan, chunki vagonlar va frontlar soni ortishi bilan kombinatsiyalar geometrik o'sadi. Shuning uchun mualliflar evristik va metaevristik usullarni qo'llab, kombinatsiyalar sonini qisqartirish orqali nazariy yechimlar taklif qilgan.



2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot obyekti sifatida bir yo'li uchatkada joylashgan shartli "N" yuk stansiyasi tanlab olindi (2-rasm). Ushbu infratuzilmada "N" yuk stansiyasiga tortuv yo'llari bilan tutashgan 10 ta yuk ortish tushirish fronti mavjud. Stansiyaga tutashgan frontlarga xizmat ko'rsatuvchi muhim vosiya bo'lgan manyovr lokomotivlar soni 1 ta. Ushbu murakkab infratuzilmaga xizmat ko'rsatish, yuk ortish tushirish joylariga tayinlangan vagonlarni olib kirib berish ketmaketligini tanlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Ortish-tushirish joylariga vagonlarni ketma-ket olib kirishning variantlar soni kombinatorika usuli bo'yicha quyidagi formula orqali aniqlanadi:

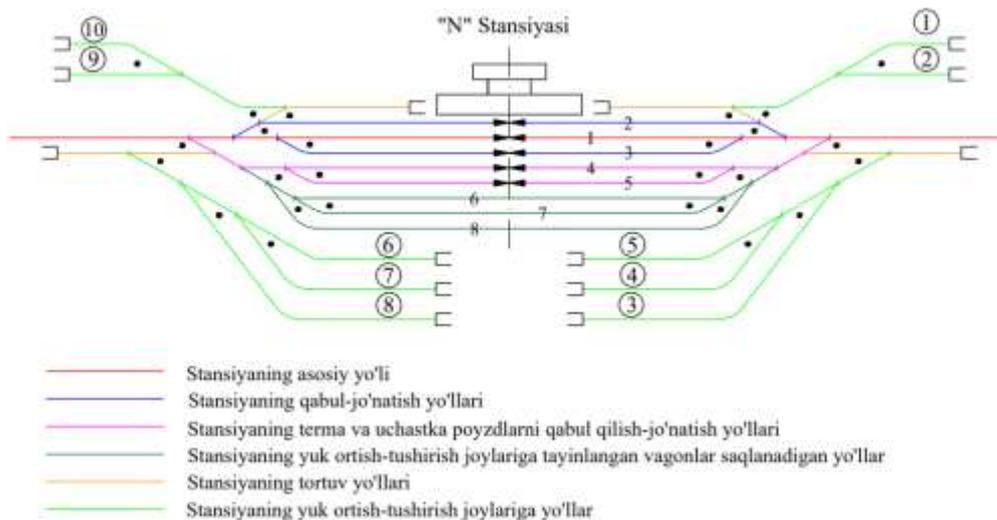
$$k = n! \quad (1)$$

bunda: n – xizmat ko'rsatiladigan yuk ortish-tushirish joylari soni

Masalan, 10 ta yuk ortish tushirish joylari uchun:

$$k = 10! = 3628800$$

Lekin shoxobcha yo'llarining joylashuvi va stansiyaga ulanish tarmog'idan kelib chiqib, ketma-ket tanlov asosida



2-rasm. Shartli "N" yuk stansiyasi va unga tutashgan ortish-tushirish joylari sxemasi

Tadqiqot o'tkazilayotgan "N" yuk stansiyasining infratuzilmasi va shoxobcha yo'llarining joylashuv holati uchun vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga olib kirib berish variantlari soni 3456 tani tashkil qiladi:

$$k = 4! \cdot (2! \cdot 3! \cdot 3! \cdot 2!) = 3456$$

Shunday qilib, 10 ta ortish-tushirish joylari stansiyaga 4 ta bog'lovchi yo'l bilan ulanganligi tufayli variantlar soni 3456 tani tashkil etadi. Ushbu mumkin bo'lgan variantlar kesimida vagonlarni yuk ortish tushirish joylariga olib kirib berishning ketma-ketligini ko'rib chiqamiz.

Dastlab vagonlarni yuk ortish tushirish joylariga olib kirib berishning mumkin bo'lgan 3456 ta variantlaridan ixtiyoriy bittasini tanlab olaylik

$$N \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow N \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow N \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow N \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow N$$

Shunday qilib, mumkin bo'lgan variantlar orasidan eng optimalini aniqlash masalasi paydo bo'ladi. Yuqorida keltirilgan vagonlarni ketma-ket olib kirish variantidan kutib qolishlarning eng kam vagon-soat tashkil etishini aniqlashning maqsadli funksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

(1)-formulaga quyidagicha qo'shimchalar kiritib, variantlar sonini aniqroq ifodalash mumkin:

$$k = i! \cdot (k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_n) = i! \cdot \prod_{i=1}^n k_i \quad (2)$$

bunda: i – yuk ortish-tushirish joylari bilan stansiyani bog'lovchi yo'llar soni $i = 4$.

O'z navbatida (2)-formulaning har bir elementi bo'lgan k_n ni quyidagicha ifodalaymiz:

$$k_n = (C_p^m)! = \left(\frac{p!}{(p-m)!} \right)! \quad (3)$$

bunda: p – har bir stansiyaga ulangan tarmoqda tanlanishi mumkin bo'lgan yuk ortish-tushirish joylari soni;

m – olib kirib berish amalga oshirilishi mumkin bo'lgan obyektlar soni ($m=1$).

$$k_n = (C_p^m)! = \left(\frac{p!}{(p-m)!} \right)! = \left(\frac{p!}{(p-1)!} \right)! = \left(\frac{p \cdot (p-1)!}{(p-1)!} \right)! = p! \quad (4)$$

Ko'rilayotgan "N" stansiyaning infratuzilmasi uchun vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga uzatish variantlari sonini (4)-formulaga asosan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$k = i! \cdot (p_1! \cdot p_2! \cdot p_3! \cdot \dots \cdot p_n!) = i! \cdot \prod_{i=1}^n p_n! \quad (5)$$

$$B = \sum_{i=1}^n u_i \cdot t_i \rightarrow \min \quad (6)$$

bunda: u – ortish-tushirish joylariga olib kirib beriladigan vagonlar soni, vagon.;

t – ortish-tushirish joylariga vagonlarni olib kirib berishdagi vaqt me'yori, soat.

Bunda quyidagi chegaralar mavjud bo'ladi:

$$0 < u_i \leq u_{max}^{fr}; \quad t_{min}^{fr} \leq t_i \leq t_{max}^{fr}$$

bunda: u_{max}^{fr} – bitta uzatishda ortish-tushirish joylariga olib kirib berilishi mumkin bo'lgan vagonlarning maksimal soni, vagon;

t_{min}^{fr} va t_{max}^{fr} – mos ravishda ortish tushirish joylarida vagonlarni olib kirib berishning minimal va maksimal vaqti, soat.

Ko'rilayotgan ketma-ketlik varianti uchun sarflanadigan vagon-soat ko'rsatkichi quyidagi 1-jadvalda keltirilgan shakldagi matritsa yordamida hisoblanadi.



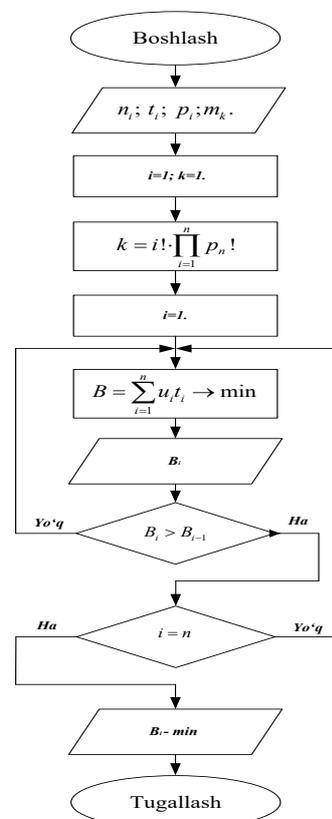
Ortish-tushirish joylariga xizmat ko'rsatishda vagon-soatlarni hisoblashning ko'rilayotgan ixtiyoriy variant matritsasi

u \ t	1,24	2,58	1,73	2,15	1,45	2,72	1,85	2,34	1,66	2,85	variant
5	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
4	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2
6	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	3
3	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	4
4	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	5
2	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	6
5	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	8
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	9
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10

$$B = 5 \cdot 1,24 + 4 \cdot (1,24 + 2,58) + 6 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73) + 3 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15) + 4 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45) + 2 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45 + 2,72) + 5 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45 + 2,72 + 1,85) + 8 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45 + 2,72 + 1,85 + 2,34) + 4 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45 + 2,72 + 1,85 + 2,34 + 1,66) + 6 \cdot (1,24 + 2,58 + 1,73 + 2,15 + 1,45 + 2,72 + 1,85 + 2,34 + 1,66 + 2,85) = 529,6 \text{ vagon-soat}$$

Ko'rinib turibdiki, o'rganilayotgan ixtiyoriy variant asosida vagonlarni yuk ortish tushirish joylariga olib kirib berish jarayonida 529,6 vagon-soat miqdorida kutib qolish kuzatiladi. Lekin hali optimal variant aniqlangani yo'q. Optima variant 3456 ta variant orasidagi vagon-soat ko'rsatkichi eng minimum bo'lgani hisoblanadi. Vagonlarni uzatishning 3456 ta variantlarning barchasi uchun vagon soat ko'rsatkichining har birini qo'lda hisoblash deyarli imkonsiz va juda ko'p vaqt talab etadi, hisoblash jarayonida xatolik qilish ehtimoli yuqori. Shu sababli ushbu muammoni samarali hal etish maqsadida [15] tadqiqotning davomi sifatida maxsus dasturiy ta'minot ishlab chiqildi [16]. Mazkur dastur barcha mumkin bo'lgan variantlarni avtomatik tarzda shakllantiradi va ularni birma-bir tahlil qiladi. Har bir kombinatsiya bo'yicha vagon-soat ko'rsatkichi hisoblanadi, natijada umumiy yig'indi qiymatlari aniqlanadi. So'ngra dastur olingan barcha natijalarni taqqoslaydi va ichidan eng minimal vagon-soat ko'rsatkichini ta'minlaydigan tartibni ajratib oladi. Bu yondashuv nafaqat vaqtni tejaydi, balki hisoblash jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan insoniy xatoliklarni ham bartaraf etadi.

Dastur yuqorida keltirilgan nazariy formulalar va matritsalar asosida ishlab chiqilgan maxsus algoritim bo'yicha ishlaydi. Ushbu algoritim hisoblash jarayonini bosqichma-bosqich amalga oshiradi, kiritilgan dastlabki ma'lumotlar matritsalar ko'rinishida tartiblanadi, so'ng ular yordamida barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalar hosil qilinadi. Har bir kombinatsiya bo'yicha (5)-formula qo'llanib, (6)-formula yordamida vagon-soat ko'rsatkichlari aniqlanadi. Olingan natijalar esa 3-rasmda ko'rsatilgan algoritim asosida solishtirib chiqiladi va eng kichik vagon-soat qiymatga ega bo'lgan optimal tartib tanlab olinadi.



3-rasm. Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan dasturning ishlash algoritmi

3. Natijalar

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan dasturning maqsadi: vagonlarni yuk ortish tushirish frontlarga optimal tartibda yetkazib berish orqali umumiy vagon-soatlarning yig'indisini minimallashtirishdan iborat.

Foydalanuvchi quyidagi ma'lumotlarni kiritadi:

- bog'lovchi yo'llar soni;
- har bir bog'lovchi yo'ldagi yuk ortish tushirish frontlar soni;
- har bir yuk ortish tushirish frontiga boradigan vagonlar soni;
- har bir yuk ortish tushirish frontiga xizmat ko'rsatish vaqti.

Dasturni muayyan stansiyada ishlatish sharoitida yuqoridagi ma'lumotlarni bir marta kiritish yetarli. Dastur bog'lovchi yo'llarning o'zaro tartibini aniqlash uchun



barcha mumkin bo'lgan variantlarni hosil qiladi. Bog'lovchi yo'llar ichida joylasgan yuk ortish-tushirish joylari tartibini ham, yo'llarning o'zaro tartiblari ham kombinatsiya qiladi. Shundan so'ng dastur barcha mumkin bo'lgan variantlar sonini (5)-formula yordamida hisoblab chiqadi. Shu tarzda vagonlarni yetkazib berishning to'liq variantlar to'plami shakllantiriladi.

Har bir variant ketma-ketligi uchun dastur quyidagilarni hisoblaydi:

- umumiy vagonlar soni;
- ularning ketma-ketligi bo'yicha umumiy xizmat ko'rsatish vaqti;
- har bir tartib uchun umumiy vagon-soatlar ko'rsatkichini (6-formula asosida).

Dastur hisoblangan barcha variantlar ichidan umumiy vagon-soatlarning eng minimum qiymatini ta'minlaydiganini tanlaydi. Natijada, dastur optimal tartibni va unga mos keluvchi umumiy vagon-soat qiymatini chiqaradi. Bu tartib – optimal vagonlarni yetkazib berish tartibi hisoblanadi.

Dasturning qay tartibda ishlashini va qanday natijalar olish mumkinligini amalda ko'rilayotgan "N" yuk stansiyasi misolida ko'rib chiqaylik:

Ishlab chiqilgan dasturning dastlabki ma'lumoti sifatida har bir yur ortish tushirish frontiga olib kiriladigan vagonlar soni va ularga xizmat ko'rsatish vaqti kiritiladi.

$u_1=5$	$t_1=1,24$
$u_2=4$	$t_2=2,58$
$u_3=6$	$t_3=1,73$
$u_4=3$	$t_4=2,15$
$u_5=4$	$t_5=1,45$
$u_6=2$	$t_6=2,72$
$u_7=5$	$t_7=1,85$
$u_8=8$	$t_8=2,34$
$u_9=4$	$t_9=1,66$
$u_{10}=6$	$t_{10}=2,85$

Ushbu ma'lumotlarni dasturga 3-rasmda ko'rsatilgan tartibda kiritish zarur.

```

Введите количество соединительных путей: 4
Введите номер фронтов в пути 1 через пробел (например: 1 2): 1 2
Введите количество вагонов для 1: 5
Введите время подачи/возврата для 1: 1.24
Введите количество вагонов для 2: 4
Введите время подачи/возврата для 2: 2.58
Введите номер фронтов в пути 2 через пробел (например: 1 3): 3 4 5
Введите количество вагонов для 3: 6
Введите время подачи/возврата для 3: 1.73
Введите количество вагонов для 4: 3
Введите время подачи/возврата для 4: 2.15
Введите количество вагонов для 5: 4
Введите время подачи/возврата для 5: 1.45
Введите номер фронтов в пути 3 через пробел (например: 1 3): 6 7 8
Введите количество вагонов для 6: 2
Введите время подачи/возврата для 6: 2.72
Введите количество вагонов для 7: 5
Введите время подачи/возврата для 7: 1.85
Введите количество вагонов для 8: 8
Введите время подачи/возврата для 8: 2.34
Введите номер фронтов в пути 4 через пробел (например: 1 3): 9 10
Введите количество вагонов для 9: 4
Введите время подачи/возврата для 9: 1.66
Введите количество вагонов для 10: 6
Введите время подачи/возврата для 10: 2.85

```

4-rasm. Dastlabki ma'lumotlarni dasturga kiritish fragmenti

Ishlab chiqilgan dasturdan foydalanish vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga yetkazib berishning optimal ketma-ketligini samarali aniqlash imkonini beradi (5-rasm). Optimal tartibni qo'llash umumiy vagon-soat ko'rsatkichini minimallashtirishni ta'minlaydi va natijada vagonlarning turish vaqtini qisqartirish hamda manyovr operatsiyalari sonini kamaytirishga sabab bo'ladi.

Общее количество возможных вариантов подачи вагонов: 3456

Оптимальный порядок подачи групп:

3 → 5 → 4 → 1 → 2 → 9 → 10 → 8 → 7 → 6

Минимальные вагоно-часы: 492,13

Process finished with exit code 0

5-rasm. Hisob-kitoblar natijalari va vagonlarni optimal ketma-ketlikda olib kirib berishning tahlili

Dastur taqdim etgan ma'lumotga ko'ra vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga olib kirib berishning eng optimal varianti:

$N \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow N \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow N \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow N \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow N$

Vagonlarni yuk ortish-tushirish joylariga yetkazib berishni vagon-soat ko'rsatkichining minimal qiymati mezoni asosida optimallashtirish algoritmining iqtisodiy samaradorligini baholash uchun ixtiyoriy hisoblangan variant va dastur taqdim etgan natjalarni solishtirish yetarli bo'ladi.

2-jadval

Ortish-tushirish joylariga xizmat ko'rsatishda vagon-soatlarni hisoblash natijalarining qiyosiy tahlili

Ixtiyoriy	Optimal
$N-1-2-N-3-4-5-N-6-7-8-N-9-10-N$	$N-3-5-4-N-1-2-N-9-10-N-8-7-6-N$
529,6 vagon-soat	492,13 vagon-soat

4. Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yuk stansiyalarida vagonlarni ortish-tushirish joylariga olib kirib berish jarayonida variantlar soni juda ko'p bo'lib, ularni samarali tanlash transport jarayonining umumiy ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. "N" yuk stansiyasi misolida ko'rib chiqilgan infratuzilma sharoitida (10 ta yuk ortish-tushirish joylari) kombinatorik yondashuv va qo'shimcha matematik formulalardan foydalanish natijasida vagonlarni uzatishning 3456 ta varianti mavjudligi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy natijalari yuk ortish-tushirish joylariga bitta lokomotiv yordamida vagonlarni yetkazib berishni optimallashtirishga mo'ljallangan ishlab chiqilgan dastur hisoblanib, u vagonlarning umumiy kutib qolish vaqtini samarali tarzda minimallashtiradi hamda manyovrlar ketma-ketligining optimal variantini aniqlash imkonini beradi. Vagonlarni ketma-ket olib kirib berish jarayonida optimal variantni tanlash vagon-soat ko'rsatkichini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa, mazkur masalani optimallashtirish zarurligini va ishlab chiqilgan matematik yondashuv va dasturiy ta'minotning amaliy ahamiyatini isbotlaydi. Dastur bergan natijalarga ko'ra xizmat ko'rsatishning optimal varianti $N-3-5-4-N-1-2-N-9-10-N-8-7-6-N$ hisoblanadi va ushbu tartibda yuk ortish tushirish joylariga xizmat ko'rsatishda kutib qolishlar 492,13 vagon-soatni tashkil etadi.



Ishlab chiqilgan dasturni amaliyotda qo'llash manyovr jarayonlarini yanada mukammal rejalashtirish va muvofiqlashtirish imkonini yaratadi, bu esa stansiyaning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish hamda lokomotiv resurslaridan ratsional foydalanishga zamin yaratadi. Ushbu yondashuv yuk stansiyalarida temir yo'l transporti faoliyati samaradorligini oshirish, ortiqcha kutish vaqtlarini qisqartirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Kelgusida tizimni ikki va undan ortiq lokomotivlar bilan ishlash sharoitlarini ham hisobga olish imkoniyatlarini kengaytirish rejalashtirilmoqda. Bunday yondashuv ishlab chiqarish samaradorligi va boshqaruv jarayonlarining moslashuvchanligini yanada oshirish bilan birga, murakkab transport infratuzilmasi sharoitida resurslarni aniq va oqilona taqsimlashga erishish imkonini beradi

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Najenov D.Ya. Qo'shimcha manyovr lokomotivini jalb etish asosida temir yo'l transportining asosiy foydalanish ko'rsatkichlarini yaxshilash / Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan dissertatsiya. Toshkent: TDTU. – 2025. – 148 b.

[2] Moldenhauer C., Germann P., Heimhofer C., Spieckermann C., Andresen A. Real-time Optimization of Transport Chains for Single Wagon Load Railway Transport // arXiv. – 2025. – № 2507.06621. – URL: <https://arxiv.org/abs/2507.06621> (дата обращения: 19.09.2025).

[3] Qiu J., Xu S., Tang M., Liu J., Song H. Optimization of shunting operation plan in large freight train depot based on DQN algorithm // PLoS ONE. – 2025. – Vol. 20, № 8. – DOI: 10.1371/journal.pone.0320762.

[4] Guo C. Optimization of delivering and fetching wagons at goods operation stations // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Article ID 8803209. – DOI: 10.1155/2022/8803209.

[5] Li B. Optimization of simultaneous delivery and pickup wagon flows // Journal of Advanced Transportation. – 2022. – Article ID 6713617. – DOI: 10.1155/2022/6713617.

[6] Сатторов С.Б. Организация перевозок местных грузов на железных дорогах Республики Узбекистан в условиях увеличения транзитного грузопотока: дис. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2022. – 163 с.

[7] Псеровская Е.Д. Оценка влияния основных параметров грузовой станции на её перерабатывающую способность // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2017. – № 6. – С. 75–82.

[8] Григорьев П.С. Оценка ресурса несущей конструкции маневрового локомотива ТЭМ2 железных дорог Республики Узбекистан // Вестник науки и образования. – 2025. – № 3. – С. 41–48.

[9] Хамидов О.Р. Прогнозирование остаточного ресурса главной рамы и продление сроков службы маневровых локомотивов на АО «УТЙ» // Наука и образование сегодня. – 2022. – № 12. – С. 60–67.

[10] Li H., Chen H., Wang Y. The Sequence Optimization of the Railway Tree-Shaped Special Line's Shunting for Taking-out and Placing-in of Wagons // Technical Gazette. – 2023. – Vol. 30, № 5. – P. 1404–1410.

[11] Qiu J., Xu S., Tang M., Liu J., Song H. Optimization of shunting operation plan in large freight train depot based on DQN algorithm // PLoS ONE. – 2025. – Vol. 20, № 8. – DOI: 10.1371/journal.pone.0320762. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11978120>

[12] Chen H., Liu W., Oldache M., Pervez A. Research on Train Loading and Unloading Mode and Scheduling Optimization in Automated Container Terminals // Journal of Marine Science and Engineering. – 2024. – Vol. 12, № 8. – Article 1415. <https://www.mdpi.com/2077-1312/12/8/1415>

[13] Han P., Meng L., Luan X., Bešinović N., Miao J., Wang Y., Liao Z. Integrated Optimization of Train Makeup Problem and Resource Scheduling in Railway Shunting Yards: A Hybrid MILP-CP Approach with Logic-Based Benders Decomposition // SSRN. – 2024. <https://ssrn.com/abstract=5018458>

[14] Zhang Q. Loading and Unloading Resource Scheduling Minimization of Working Time of Equipment and Stay Time of Trains in Station // Journal of Advanced Transportation. – 2020. DOI: 10.1155/2020/6972123. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2020/6972123>

[15] Baqoyev A.T., Yusupov A.Q., Rustamjonov B.E. Vagonlarni yuk ortish-tushirish frontlariga olib kirib berish va olib chiqish ketma-ketligini tanlash // Journal of Transport. – 2025. – №2. – 172-176-b.

[16] Toxirov O.Z., Baqoyev A.T., Rustamjonov B.E., Po'latova M.J. Vagonlarni bitta lokomotivdan foydalangan holda yuk ortish-tushirish joylariga olib kirib berish ketma-ketligini tanlash / O'zbekisto Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi tomonidan berilgan guvohnoma. DGU 52271. 03.06.2025-y.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Tohirov Og'abek Zohidjon o'g'li / Ogabek Tohirov	Toshkent davlat transport universiteti "Transport tizimlari boshqaruvi" fakulteti talabasi E-mail: ogabektohirov2002@gmail.com Tel.: +998 95 015 15 15 https://orcid.org/0009-0006-9147-0033
--	--

Baqoyev Alisher Tel'mon o'g'li / Alisher Bakoyev	Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasida magistranti E-mail: baqoyeva08@gmail.com Tel.: +998 94 006 62 00 https://orcid.org/0009-0003-0655-0484
--	---

Rustamjonov Boburjon Erkinjon o'g'li / Boburjon Rustamjonov	Toshkent davlat transport universiteti "Temir yo'ldan foydalanish ishlarini boshqarish" kafedrasida tayanch doktoranti E-mail: rustamjonov27071996@gmail.com Tel.: +998 97 708 23 27 https://orcid.org/0009-0007-5775-3870
---	--



Improvement of the strength properties of the restored wheel set rack using the chemical-thermal method of carbonitriding

M.Z. Ubaydullaev¹, R.R. Gizatulin¹, E.I. Ruklinskaya¹, U.D. Kosimov² ^a

¹Branch of the National University of Science and Technology MISIS in the city of Almalyk, Almalyk, Uzbekistan

²Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article discusses existing methods for restoring wheel pair flanges, such as mechanical sharpening, slag surfacing, and plasma hardening, along with their advantages and disadvantages. Particular attention is paid to chemical-thermal hardening, in particular the carbonitriding process, as an effective way to increase the hardness and wear resistance of restored elements. Carbonitriding is a process in which carbon and nitrogen are applied to the surface of steel, resulting in the formation of a hardened layer that increases the strength and durability of parts without increasing the brittleness of the material.

A technology has been proposed for restoring the wheel pair crest followed by carbonitriding, which significantly improves the operational characteristics of the wheels. During the experiment, changes in hardness and microstructure after carbonitriding were investigated. The results showed an increase in the hardness of the restored samples, confirming the effectiveness of the proposed method. It is expected that the use of chemical-thermal hardening will significantly extend the service life of wheel sets, reduce the frequency of maintenance, and increase the reliability of transport operations.

This work may be useful for the development of new technologies for the restoration and strengthening of railway transport components, as well as for improving its economic efficiency and reliability at various stages of operation.

Keywords: wheel pair, wheel rim, carbonitriding, chemical-thermal hardening, wear resistance, hardness

Повышение прочностных свойств восстановленного гребня колесной пары с помощью химико-термического метода карбонитрации

Убайдуллаев М.З.¹, Гизатулин Р.Р.¹, Руклинская Е.И.¹, Косимов У.Д.² ^a

¹АФ НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык, Алмалык, Узбекистан

²Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Annotatsiya: В статье рассматриваются существующие методы восстановления гребня колесной пары, такие как механическая заточка, наплавка под шлаком и плазменное упрочнение, с их преимуществами и недостатками. Особое внимание уделено химико-термическому упрочнению, в частности процессу карбонитрации, как эффективному способу повышения твердости и износостойкости восстановленных элементов. Карбонитрация представляет собой процесс, в ходе которого на поверхность стали наносятся углерод и азот, что приводит к формированию упрочненного слоя, увеличивающего прочность и долговечность деталей без повышения хрупкости материала.

Предложена технология восстановления гребня колесной пары с последующим проведением карбонитрации, что позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики колес. В ходе эксперимента были исследованы изменения твердости и микроструктуры после карбонитрации. Результаты показали увеличение твердости восстановленных образцов, что подтверждает эффективность предложенной методики. Ожидается, что использование химико-термического упрочнения позволит существенно продлить срок службы колесных пар, снизить частоту технического обслуживания и повысить надежность транспортных операций.

Данная работа может быть полезна для разработки новых технологий восстановления и упрочнения компонентов железнодорожного транспорта, а также для повышения его экономической эффективности и надежности на различных этапах эксплуатации.

Kalit so'zlar: стеклопластик, отверждение, кинетика нагрева, механизмы теплопередачи, конвекция, теплопроводность

1. Введение

Современное железнодорожное сообщение является важной составляющей транспортной инфраструктуры,

особенно с учетом роста потребностей в перевозке промышленных товаров и материалов. Одним из ключевых элементов железнодорожных составов является колесная пара, которая подвергается

 <https://orcid.org/0009-0000-5681-524X>



интенсивному износу, особенно в ходе эксплуатации на крупных предприятиях, таких как горнодобывающие и обогащательные фабрики. Одним из наиболее уязвимых элементов колесной пары является реборда, который быстро изнашивается из-за постоянных нагрузок и воздействия высокой температуры, что требует применения технологий восстановления.

Самая оптимальная технология, которая включает в себя хорошую производительность, малый процент затрат на покупку и обустройство помещения, малую токсичность активных веществ, является карбонитрация. Карбонитрация – это процесс упрочнение поверхности стали с помощью расплава цианата калия (KOCN) и соли карбоната калия (K₂CO₃) при температуре 570-580°C и с выдержкой около одного часа [1]. Происходит насыщение поверхности стали азотом и углеродом образуя упрочненный слой [2]. Глубина упрочненного слоя зависит от времени выдержки, но после одного часа, проникновение диффундирующих веществ замедляется. Это связано с насыщением кристаллической решетки стали легирующими элементами (углеродом и азотом) во время карбонитрации. Максимальная глубина упрочнения для высоколегированных инструментальных сталей составляет 0,05–0,12 мм, для углеродистых 0,1–0,6 мм. С помощью карбонитрации можно добиться повышения твердости, прочности, износостойкости без увеличения хрупкости детали [3].

Целью данной работы является исследование изменения твердости и микроструктуры поверхности металлического бруска стали 3 и образца восстановленного гребня из высокоуглеродистой качественной стали, до и после химико-термического упрочнения методом карбонитрации.

2. Методология исследования

После проведения восстановления гребня колесной пары с помощью наплавки и механической обработки поместить в электропечь с выкатным подом колесную пару и произвести нагрев до температуры 450-500°C для снятия напряжений после обработки и максимального удаления влаги с её поверхности. Затем колесную пару поместить в ванну карбонитрации (температура ванны 570°C) с выдержкой на 1,5 часа. После карбонитрации поместить в ванну с маслом для медленного охлаждения и произвести очистку от сажи водой с помощью аппарата высокого давления [4].

Основная задача заключалась в приготовление химико-активного расплава солей на основе карбамида (CO(NH₂)₂), пищевой соды (NaHCO₃), гидроксида натрия (NaOH), хлорида натрия (NaCl) с целью провести карбонитрацию поверхности макрошлифа гребня колесной пары вагона и произвести замеры твердости. Проверить насколько изменились значения твердости до и после химико-термического упрочнения [5].

Для того, чтобы приготовить расплав с необходимыми пропорциями и химическими реагентами была взята информация из источника [6]. Масса взятых компонентов и химические реакции приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Вещественный состав		
Состав расплава		
Название компонентов	Количество, гр	Пропорция, %
CO(NH ₂) ₂	90	42,86
NaHCO ₃	80	38,1
NaOH	20	9,52
NaCl	20	9,52
ВСЕГО	210	100

Таблица 2

Химические реакции	
№	Взаимодействие компонентов в расплаве
1	$3CO(NH_2)_2 \rightarrow (CHNO)_3 + 3NH_3 \uparrow$
2	$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$
3	$2(CHNO)_3 + 3Na_2CO_3 = 6NaOCN + 3H_2O \uparrow + 3CO_2 \uparrow$
5	$2NaOCN + O_2 = Na_2CO_3 + CO + 2N \downarrow$
6	$2CO \rightarrow CO_2 + C \downarrow$

На первом этапе было произведено приготовление расплава и замеры твердости макрошлифа на твердомере по шкале HRC. Все реагенты были точно взвешаны на лабораторных веса и перемешаны в керамической посуде, смотреть рисунок 1.



Рис. 1. Процесс приготовления расплава

На втором этапе смесь веществ была пересыпана в стальной тигель и помещена в муфельную печь для начала процессов расплавления. Вместе с тигелем в печь был помещен макрошлиф гребня колесной пары для нагрева и удаления влаги с поверхности. Предварительно печь была включена, и температура ее камеры составляла 580°C

На третьем этапе произошло расплавление смеси солей, ровно после одного часа нахождения в муфельной печи. В получившийся расплав был помещен нагретый образец макрошлифа на 2 часа. На рисунке 2 показан стальной тигель с расплавом и образец. На рисунке 3 показан как выглядит расплав сверху, внутри находятся другие образцы, которые в дальнейшем планируется проверять на ударную вязкость. Температура печи также составляла 580°.





Рис. 2. Образец и стальной тигель в муфельной печи



Рис. 3. Вид расплава сверху с разными образцами

На четвертом этапе после прохождения 2 часов, тигель был убран из печи и образец направили на охлаждение в масле, процесс показан на рисунке 4, затем промыли водой и отшлифовали поверхность, чтобы убрать образовавшуюся сажу.



Рис. 4. Процесс охлаждения в масле

На пятом этапе были произведены замеры твердости и исследована микроструктура. Данные были занесены в таблицу 3, микроструктура показана на рисунках 5-7.

Таблица 1

Показатель твердости (среднее значение)					
До карбонитрации			После карбонитрации		
Образец	Шкала HRC	Шкала HB	Образец	Шкала HRC	Шкала HB
Наплавленная часть	13,15	190	Наплавленная часть	17,25	208
Основной металл	25,4	250	Основной металл	27,8	262

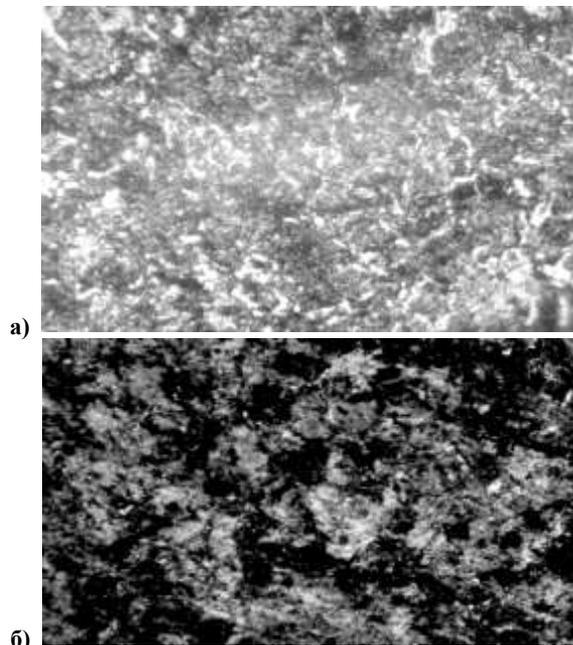
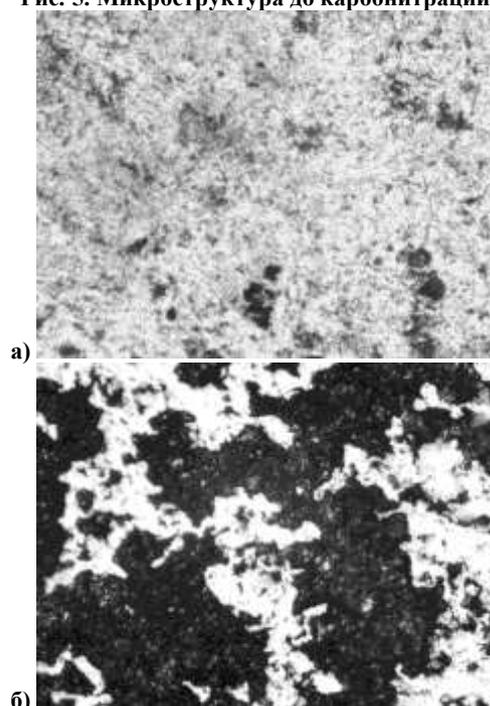
а – наплавленная часть, б – основной металл
Рис. 5. Микроструктура до карбонитрацииа – наплавленная часть, б – основной металл
Рис. 6. Микроструктура после карбонитрации



Рис. 7. Исследование микроструктуры

Также было произведено испытание на растяжение трех образцов: 1) без карбонитрации, 2) карбонитрация с выдержкой образца в расплаве 1 час, 3) карбонитрация с выдержкой образца в расплаве 2 часа. Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4

Испытание на растяжение				
Номер образца	Максимальная нагрузка, кН	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость, HRC(HB)
1	21,22	530	51,28	5,8(166)
2	22,97	574	46,57	14,4(191)
3	30,58	581	50,97	21(229)

3. Результаты и обсуждение

В процессе разложения карбамида на изоциановую кислоту и летучий аммиак при температуре 160°C, происходит взаимодействие кислоты с карбонатом натрия, являющейся продуктом распада NaHCO_3 при 200°C, и образуется цианат натрия (NaOCN), который участвует в карбонитрации [7]. Во время окисления цианата натрия при 580°C происходит выделение атомов азота и частичное выделение атомов углерода, которые диффундируют на поверхность стали упрочняя её и увеличивая механические характеристики. NaCl и NaOH добавляют для того чтобы стабилизировать температуру получаемого расплава, так как карбамид после 160°C начинает быстро разлагаться [8].

Изначальная структура поверхности макрошлифа, показанная на рисунке 5, представлена в виде феррито-перлита у наплавленной части и перлита с ферритными включениями у основного металла. Структура наплавленной части отличается от основного металла меньшим содержанием углерода, поэтому больше преобладают ферритные зерна, это часть более мягкая, пластичная и больше поддается износу. После карбонитрации, показанные на рисунке 6, обе структуры представляют зоны, состоящие из ϵ - карбонитрида $[\text{Fe}]_{-3}(\text{N,C})$ и располагающейся под ней γ^{\wedge} - фазы $[\text{Fe}]_{-4}(\text{N,C})$ общая толщина которых составляет ≈ 11 мкм, а глубина упрочненного слоя $\approx 0,3$ мм [9].

4. Выводы

Незначительное повышение твердости связано с использованием менее активных солей по сравнению с основной технологией карбонитрации, т.е. основным источником азота и углерода являлся цианат натрия, а не цианат калия.

Применение химико-термического упрочнения позволит увеличить срок службы и надежность реборды колесной пары, что в свою очередь приведет к росту количества своевременных доставок ресурсов на фабрики или на другие предприятия железнодорожным транспортом, что в свою очередь приведет к росту производительности и экономической составляющей многих компаний.

Список использованной литературы / References

- [1] Прокошкин Д. А. Химико-термическая обработка металлов – карбонитрация., М.: «Металлургия», «Машиностроение», 1984. 240 с.
- [2] Коротков В.А. Технично-экономическая эффективность карбонитрации // Вестник машиностроения: электрон. журн. 2017г. – 68с. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30598724_16676614.pdf. Дата обращения: 17.04.2025.
- [3] Цих С.Г., Лисицкий В.Н., Глбова Ю.А., Гришин В.И. Современные технологии химико-термической обработки в машиностроении. М.: Технологии производства, 2010г. – 66с.
- [4] Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. Материаловедение. — М.: Машиностроение, 1990.
- [5] Шевчук Е.П., Плотноков В.А. Формирование боридных упрочняющих покрытий обширной диффузионной зоной на углеродистой стали. АГУ, Барнаул. 2023г. – 136 с.
- [6] Могиленец М.В. Карбонитрация в расплаве солей // Оборудование и инструмент для профессионалов: электрон. журн. 2018г. – 52с. URL: https://www.informdom.com/uploads/metal/18_2/52_KARBAZ_2018_2.pdf. Дата обращения: 18.04.2025.
- [7] Наука в движении: от отражения к созданию реальности: материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов и учащихся с международным участием – М.: Издательство ООО "Конверт". 2020. – 269 с. 3 Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. М: «Машиностроение», 1976. 256 с.
- [8] Опыт химико-термической обработки пищевой нержавеющей стали, путем карбонитрации / рассказывает Сергей Вальтман. Видео материал. 1:47 (время воспроизведения) URL: <https://www.youtube.com/watch?v=g91tC6n7jTw> / (дата обращения: 15.04.2025). Доступно на: YouTube: видео платформа.
- [9] Гордей А.Э., Гришин В.И. Технология химико-термической обработки: карбонитрация. Структура и эксплуатационные свойства карбонитридных слоев стали 25X2M1Ф. М: Машиностроительные технологии. 2012г. – 8с.

Информация об авторах / Information about the authors

Убайдуллаев
Музаффар
Зайнулла угли/
Muzaffar
Ubaydullaev

Ассистент кафедры
«Металлургия» АФ НИТУ
«МИСИС» в г. Алма-ты
Тел.: +998 93 391 49 79



	E-mail: muzaubaydullaev@gmail.com	Игоревна / Elena Ruklinskaya	Тел.: +998939190281 E-mail: ruklinskayaelena97@yandex.ru
Гизатулин Руслан Радиевич / Ruslan Gizatulin	Магистрант кафедры «Металлургия» АФ НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык Тел.: +998 93 586 04 52 E-mail: gizatulinruslan928@gmail.com	Косимов Умидбек Дилшод угли / Umidbek Kosimov	Ассистент кафедры «Авиационный инжиниринг» Ташкентского государственного транспортного университета E-mail: umidbek.k@yandex.ru Тел.: +99897 761 99 16 https://orcid.org/0009-0000-5681-524X
Руклинская Елена	Ассистент кафедры «Металлургия» АФ НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык		



Requirements for attachments for sliding rail lashes of seamless track

U.E. Ergashev¹ 

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article is devoted to the determination of the technical parameters of the design of attachments for the production of works on laying rail lashes of a seamless track. The goal is set and the task of the study is formulated. The problem is solved by the simulation method. In the Femap with NX Nastran software package, a finite element model of a rail string was developed, which makes it possible to assess the stress-strain state of the rail strings when they are pushed onto the under-rail supports. During calculations, the model of the rail string is loaded in accordance with the data of the technological process (lifting and shifting of the rail string), as a result, the reaction forces at the points of load application are determined. Based on the reaction forces, technical requirements for attachments are established. Validation calculations were made to check the reliability of the model.

Keywords: jointless track, rail string, hinged equipment, technical requirement, modeling

Uloqsiz yo‘lning rels pletlarini surishda ishlatiladigan osma moslamalariga qo‘yiladigan talablar

Ergashev U.E.¹ 

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqola uloqsiz yo‘lning rels pletlarini yotqizish ishlarini bajarish uchun osma moslamalar konstruksiyasining texnik parametrlarini aniqlashga bag‘ishlangan. Tadqiqotning maqsadi qo‘yilgan va vazifasi shakllantirilgan. Qo‘yilgan masala modellashtirish usuli bilan yechilgan. Femap with NX Nastran dasturiy majmuasida rels pletlarini rels osti tayanchlariga surishda ularning kuchlanganlik-deformatsiya holatini baholash imkonini beruvchi rels pletining chekli elementli modeli ishlab chiqilgan. Hisoblashlarda rels pletining modeli texnologik jarayon (rels pletining ko‘tarilishi va siljishi) ma‘lumotlariga muvofiq yuklanadi, natijada yuklama qo‘yilgan nuqtalardagi reaksiya kuchlari aniqlanadi. Reaksiya kuchlari asosida osma moslamalarga texnik talablar qo‘yilgan. Modelning ishonchligini tekshirish uchun validatsion hisob-kitoblar amalga oshirilgan.

Kalit so‘zlar: uloqsiz yo‘l, rels plet, osma moslama, texnik talab, modellashtirish

1. Kirish

Chet el temir yo‘llarida yo‘lni elementma-element yotqizishda kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorlar keng qo‘llaniladi. Har xil osma uskunalar (osma moslamalar) bilan jihozlangan bu turdagi mexanizatsiya har xil turdagi yo‘l ishlari uchun, shu jumladan rels pletlarini yotqizish uchun ham qo‘llanilishi mumkin. So‘nggi yillarda O‘zbekiston [1] va Rossiya [2] temir yo‘llarida rels pletlarini almashtirish uchun shunga o‘xshash texnologiyalarni joriy etish boshlandi. Joriy etishning dastlabki natijalari bunday texnologiyani qo‘llashning yuqori samaradorligini ko‘rsatdi. Uning qo‘llanilish sohasini kengaytirish uchun inventar relslarni payvandlangan rels pletlariga almashtirish imkonini beruvchi ikkitali g‘ldirakli rels ushlagich konstruksiyasi [3] taklif etilgan. Me‘yoriy adabiyotlarni tahlil qilish natijasida uloqsiz yo‘lning rels pletlarini yotqizish ishlarini bajarishda moslamaning xavfsiz ishlashini ta‘minlaydigan texnik talablar aniqlanmagan.

Ushbu ishning maqsadi inventar relslarni payvandlangan rels pletlariga almashtirishni amalga oshiradigan osma

moslamalar konstruksiyalariga texnik talablarni belgilashdan iborat.

Qo‘yilgan maqsadga erishish uchun ishlarni bajarish jarayonida rels va osma moslamalarga ta‘sir etuvchi kuchlarni aniqlash lozim.

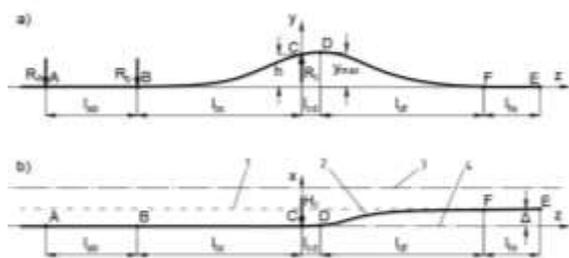
2. Tadqiqot metodologiyasi

Osma moslama bilan jihozlangan kombinatsiyalashgan yurishdagi ekskavatorni qo‘llagan holda rels pletlarini yotqizish texnologiyasi quyidagicha amalga oshiriladi: ekskavator strelasini oldinga yo‘naltirgan holda harakatlanib, avval bitta rels ipini, so‘ngra (yo‘l bo‘ylab qayta teskari yo‘nalishda o‘tganda) ikkinchi rels ipini yotqizadi. Yotqizishdan oldin inventar relslar oldindan olib tashlanadi (siljiriladi), avval bitta ip bo‘yicha, keyin esa ikkinchisi bo‘yicha, ya‘ni inventar relslar olib tashlangandan so‘ng, darhol ularning o‘rniga bitta ip bo‘yicha rels pletlari joylashtiriladi, keyin xuddi shunday ish ikkinchi rels ipi bo‘yicha amalga oshiriladi [4]. Ishlarni bajarishning

 <https://orcid.org/0000-0002-1537-5919>



tavsiflangan texnologiyasiga mos keladigan hisoblash sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Hisoblash sxemasi:

a - rels pletining vertikal tekislikdagi egilishi; b - rels pletining gorizontaal tekislikdagi egilishi;

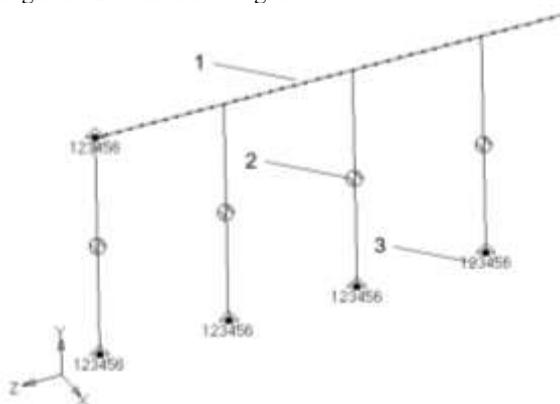
1 - rels pletining surilishgacha bo'lgan holati; 2 - rels pletining surilishdan keyingi holati; 3 - yo'l o'qi; 4 - rels ipining o'qi

Yuk qo'yilish nuqtasidagi R_C va H_C reaksiya kuchlarini aniqlash zarur.

Rels pletlarini yuklash va tushirishda yuk qo'yilgan nuqtadagi reaksiya kuchlarini aniqlash bilan bog'liq masalalar V.Ya. Shulga [5], S.P. Pershin [6], V.P. Shramenko [7] va V.V. Yershov [8] tomonidan yechilgan. [5] ishda R50 relslaridan payvandlangan rels pletlarini ma'lum balandlikka ko'tarishda tajriba yo'li bilan, [6] ishda R50 relslari uchun hisoblash yo'li bilan, [7] ishda R65 relslari uchun hisoblash va tajriba yo'li bilan, [8] ishda R65 rels uchun hisoblash yo'li bilan aniqlangan.

Masalani yechish uchun Femap with NX Nastran dasturiy majmuasida rels pletining chekli elementli modeli modellashtirildi.

Femap with NX Nastran dasturiy majmuasida rels pletini modellashtirishda Beam chekli element turi tanlangan. Modelning uzunligi 147,4 metrni tashkil qiladi. Modelda rels pletlari va shpalla orasidagi kontakt Spring/Damper elementi yordamida amalga oshirildi, ularning o'ziga xos xususiyati qo'yilgan kuchlarga nisbatan ko'chishlarning chiziqli bo'lmagan funksional bog'liqliklarini oltita erkinlik darajasi bo'yicha berish imkoniyati hisoblanadi: o'qlar bo'yab uchta yo'nalish va o'qlarga nisbatan burchakli ko'chishlarning uchta bog'liqligi. Femap with NX Nastran dasturiy majmuasida rels pletining chekli elementli modeli fragmenti 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Rels pletining chekli elementli modeli fragmenti:

1 - relsni modellashtiruvchi Beam turidagi element; 2 - rels va shpalla orasidagi kontaktni modellashtiruvchi Spring/Damper turidagi element; 3 - erkinlik darajalarini mahkamlash

Yuklar model tugunlariga kuchlar va belgilangan siljish shaklida uzatildi.

Hisoblash uchun nochiziqli statik tahlil (Nonlinear Static) usuli qabul qilingan.

3. Natija va muhokamalar

Hisoblarni bajarish dastlabki ma'lumotlar sifatida quyidagilar qabul qilindi:

- 1) ko'tarilish balandligi: 0,1, 0,15, 0,2 va 0,25 m;
- 2) strelaning qulochi: 5,32, 5,82, 6,32 va 6,82 m;
- 3) siljish kattaligi $\Delta = 0,57$ m.

Hisoblash natijasida olingan yuklama qo'yilgan nuqtadagi reaksiya kuchlari 1 va 2-jadvallarda keltirilgan.

1-jadval

Yuk qo'yilgan nuqtadagi R_C reaksiya kuchlari

Strela qulochi, m	Ko'tarilish balandligidagi reaksiya kuchi, kg			
	0,10 m	0,15 m	0,20 m	0,25 m
5,32	3280	3859	4324	4711
5,82	2992	3552	3988	4362
6,32	2744	3287	3713	4061
6,82	2549	3052	3457	3798

2-jadval

Yuk qo'yilgan nuqtadagi H_C reaksiya kuchlari

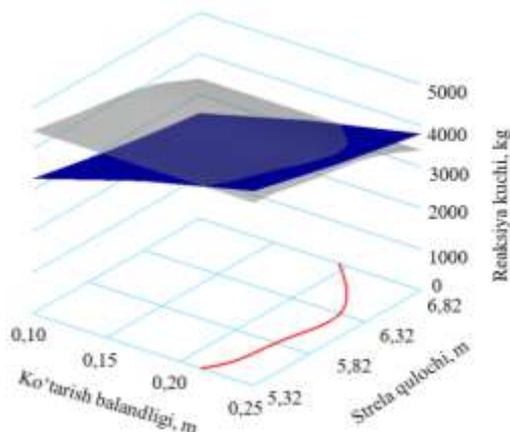
Strela qulochi, m	Ko'tarilish balandligidagi reaksiya kuchi, kg			
	0,10 m	0,15 m	0,20 m	0,25 m
5,32	503	515	526	496
5,82	473	489	484	466
6,32	448	468	470	465
6,82	426	445	455	450

Reaksiya kuchlarining vertikal tekislikdagi qiymatlari R_C (1-jadval) yuk qo'yilgan nuqtada ko'tarilish balandligi ortishi bilan ortadi, strelaning qulochi ortishi bilan esa, aksincha, kamayadi. Reaksiya kuchlarining maksimal qiymati kran strelasining eng yuqori ko'tarilish balandligida va strela qulochining minimal qiymatida erishiladi, hamda bu qiymat 4711 kilogrammga teng. 1-jadval ma'lumotlari asosida grafik qurilgan (3-rasm).

Gorizontaal tekislikdagi reaksiya kuchlarining (H_C) qiymatlari (2-jadval) ko'tarilish balandligi 0,1 m dan 0,2 m gacha ortishi bilan ortadi, ko'tarilish balandligi 0,2 m dan oshishi bilan kamayadi va strelaning qulochi ortishi bilan ko'tarilishning barcha qiymatlarida kamayadi. Bunda reaksiya kuchlarining qiymati 426-526 kg oralig'ida bo'ladi.

Yuk qo'yilgan nuqtadagi reaksiya kuchlari va 1,15 zaxira koeffitsiyentini hisobga olgan holda kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorning yuk ko'tarish qobiliyati 3-rasmda ko'rsatilgan [9]. Grafikdan ko'rinish turibdiki, strelaning qulochi 5,32, 5,82 va 6,32 metr bo'lganda ko'tarilish balandligi 0,2 metrdan ohsa, hamda qulochi 6,82 metr va ko'tarilish balandligi 0,2 metr bo'lganda, reaksiya kuchining qiymati kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorning yuk ko'tarish qobiliyatidan oshib

ketadi. Grafikning asosiga ikki sirtning kesishish chizig'i proyeksiyalangan. Grafik asosida proyeksiyalangan chiziq rels pletlarini almashtirish ishlarini xavfsiz bajarish uchun strelaning ko'tarish balandligi va qulochining nominal qiymatlarini aniqlash imkonini beradi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, yuk ko'tarish qobiliyatining eng katta zaxirasi 0,2-6,32 (ko'tarish balandligi va strelaning qulochi) konfiguratsiyalarda kuzatiladi.



3-rasm. Yuk qo'yilgan nuqtadagi reaksiya kuchlari grafigi: (ko'k - reaksiya kuchlari, kulrang - ekskavatorning yuk ko'tarish qobiliyati)

Ko'tarish balandligining nominal qiymatini bilgan holda osma moslamaning yuk ko'tarish qobiliyati va massasi aniqlanadi. Grafikdan (3-rasm) ko'rinib turibdiki, ko'tarish balandligi 0,2 m bo'lganda yuk ko'tarish qobiliyati bo'yicha eng kichik zaxira strela qulochi 5,32 m bo'lganda kuzatiladi. Shunga ko'ra, bu holatda reaksiya kuchi 4324 kilogrammni tashkil etadi. Yuk ko'tarish mexanizmlari uchun ishonchlilik koeffitsiyenti 1,34 [10] ni hisobga olgan holda, osma moslamaning yuk ko'tarish qobiliyati 5794 kg dan kam bo'lmasligi kerak. [11] talablarini hisobga olgan holda osma moslamaning yuk ko'tarish qobiliyatining nominal qiymati 6300 kg ga teng deb qabul qilinadi. Xuddi shu konfiguratsiya uchun kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorning [9] reaksiya kuchi va yuk ko'tarish qobiliyati o'rtasidagi farq 126 kg ni tashkil etadi, shundan kelib chiqqan holda, osma uskunaning massasi 126 kg dan oshmasligi kerak.

Modelni validatsiya qilish, shuningdek, hisoblash natijalarini tekshirish uchun ishlab chiqilgan rels pletining modeli [7] ishda keltirilgan rels pletlarini harakatlanuvchi tarkibdan tushirish jarayonida ularning kuchlanganlik-deformatsiya holati ma'lumotlariga muvofiq yuklandi. Hisoblash natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Hisoblash natijalarini solishtirish

№	Yuklash bosqichlari*	Reaksiya kuchlari, kg		Farq, %
		[7] bo'yicha	hisob bo'yicha	
1	1.b-rasm, R_0	2334	2288	2,0
2	1.b-rasm, R_b	355	360	1,4
3	1.b-rasm, R_a	620	724	16,8

Izoh: yuklanish bosqichlari [7] bo'yicha rasmlarning raqamlanishiga mos keladi

Ishlab chiqilgan modelni tekshirish jarayonida olingan qiymatlarni taqqoslash (3-jadval) shuni ko'rsatadi, [7] bo'yicha reaksiya kuchlarining qiymatlari va hisoblangan qiymatlar bir-biriga mos keladi. Reaksiya kuchlari qiymatlari orasidagi maksimal og'ish 16,8% dan oshmaydi.

4. Xulosa

Amalga oshirilgan hisob-kitoblar natijasida osma moslamaning nominal yuk ko'tarish qobiliyati va massasi aniqlandi. Bu ma'lumotlar uning konstruksiyasini ishlab chiqishda e'tiborga olinishi lozim.

Chekli elementli modellashtirish muhitida olingan natijalarni analitik tenglamalar asosida bajarilgan o'xshash hisob-kitoblar bilan qiyosiy tahlil qilish shuni ko'rsatadi, natijalar qoniqarli darajada o'zaro mos keldi. Bu esa ishlab chiqilgan modelning yetarlicha to'g'ri ekanligini va uni qo'llash doirasini kengaytirish mumkinligini tasdiqlaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Расулев А.Ф., Кузнецов И.И., Эргашев У.Э. Рельсовый роликовый захват для укладки плетей бесстыкового пути / Сб. науч. труд. «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент. – 2018. С. 127-130.

[2] Михайлова М. Экскаватор в помощь [Электронный ресурс]. URL: <https://gudok.ru/zdr/179/?ID=1493596> (дата обращения: 19.02.2022).

[3] Эргашев У.Э. Двойной роликовый рельсовый захват [Текст] / У.Э. Эргашев // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – №3 – С. 37-39.

[4] Суслов О.А., Эргашев У.Э. Применение экскаваторов на комбинированном ходу при укладке плетей бесстыкового пути / Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Десятой Междунар. науч.-практ. конф., 21 – 24 мая 2019 г. Иркутск: в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2019. – Т.1. – с. 390-394.

[5] Шульга В.Я., Кондратьев А.А. Напряженное состояние рельсовых плетей при их погрузке методом зацепления / Сб. науч. тр. под ред. Г.М. Шахуняца. – М., 1962. вып. 147. С. 98-106.

[6] Першин С.П. Напряжения в рельсовой плети при выгрузке её с платформ [Текст] / С.П. Першин // Путь и путевое хозяйство. – 1971. – №11 – С. 30-31.

[7] Шраменко В.П., Хвостик Г.С. Напряженно-деформированное состояние рельсовых плетей при вертикальном изгибе в процессе выгрузки их с подвижного состава. В кн.: Повышение эффективности бесстыкового пути: Сб. науч. тр. под ред. Е.М. Бромберга. – М.: Транспорт, 1983. – С. 69-76.

[8] Ершов В.В., Шабанов Л.А., Беляев Г.П. Напряженно-деформированное состояние рельсовых плетей при их погрузке-выгрузке на перегоне [Текст] / В.В. Ершов, Л.А. Шабанов, Г.П. Беляев // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – №1 – С. 15-19.

[9] KGT-4RS экскаватор-погрузчик на комбинированном ходу / Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. 2012. – 203 с.



[10] ГОСТ 32579.1-2013 Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Часть 1. Общие положения.

[11] ГОСТ 1575-87 Краны грузоподъемные. Ряды основных параметров.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Ergashev	Toshkent davlat transport universiteti,
Ulug'bek	“Temir yo‘l muhandisligi” kafedrasi
Erkinjon	dotsenti, texnika fanlari nomzodi
o‘g‘li /	E-mail: ergashev_u@tstu.uz
Ulugbek	Tel.: +998900105525
Ergashev	https://orcid.org/0000-0002-1537-5919



Technology for replacing inventory rails with rail bundles using attachments

U.E. Ergashev¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article discusses the issue of laying rail tracks using attachments for excavators on combined travel. The disadvantages of existing roller rail grippers are described. A technology is proposed for replacing inventory rails with tracks using attachments with extended functionality. The sequence of work using the proposed technology is described in detail. The proposed technology for replacing rail tracks reduces the duration of work and ensures that the rail tracks are fixed at the optimum temperature without the need for additional resources associated with forcing them to the optimum fixing temperatures, which ensures a higher level of safety in the operation of continuous welded rail.

Keywords: continuous welded track, rail strands, inventory rails, suspended equipment, replacement technology, fixing temperature

Osma moslamalarni qo‘llagan holda inventar relslarni pletlar bilan almashtirish ishlarini bajarish texnologiyasi

Ergashev U.E.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorlar uchun osma moslamalarni qo‘llagan holda rels pletlarini yotqizish masalasi ko‘rib chiqilgan. Mavjud g‘ildirakli rels ushlagichlarning kamchiliklari bayon etilgan. Funktsional imkoniyatlari kengaytirilgan osma moslamalarni qo‘llagan holda inventar relslarni pletlar bilan almashtirish texnologiyasi taklif etilgan. Taklif etilayotgan texnologiya bo‘yicha ishlarni bajarish ketma-ketligi batafsil bayon etilgan. Taklif etilayotgan rels pletlarini almashtirish texnologiyasi ishlarni bajarish davomiyligini qisqartiradi. Bu esa rels pletlarini majburiy ravishda optimal mahkamlash haroratiga keltirish bilan bog‘liq qo‘shimcha qo‘shimcha resurslarni jalb etmasdan optimal haroratda mahkamlashni ta‘minlaydi. Natijada, uloqsiz yo‘ldan foydalanishning xavfsizlik darajasi yanada yuqori bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: uloqsiz yo‘l, rels pletlari, inventar relslar, osma moslamalar, almashtirish texnologiyasi, mahkamlash harorati

1. Kirish

Temir yo‘l xo‘jaligini rivojlantirishning zamonaviy bosqichi yuqori unumli yo‘l mashinalaridan foydalangan holda, temir yo‘llarni ta‘mirlash va texnik xizmat ko‘rsatishning ilg‘or resurs tejoychi texnologiyalari tobora keng tarqalayotgani bilan tavsiflanadi. Bu jarayonda samarali yo‘l konstruksiyalari joriy etilmoqda, ular qatoriga uloqsiz yo‘l ham kiradi. Uloqsiz yo‘lning me‘yoriy ishlashi va poyezdlar harakatining xavfsizligini ta‘minlash jarayoni uloqsiz yo‘l rels pletlarini yotqizishdan boshlanadi. Mavjud uloqsiz yo‘l konstruksiyasi, uni yotqizish va ekspluatatsiya qilish usullari ularning samaradorligini yanada oshirish maqsadida ko‘p jihatdan takomillashirilishi mumkin [1, 2].

Chet el temir yo‘llarida yo‘lni elementma-element yotqizishda kombinatsiyalashgan yurishli ekskavatorlar keng qo‘llaniladi. Rels pletlarini yotqizish uchun g‘ildirakli rels ushlagich bilan jihozlangan ekskavatorlar qo‘llaniladi. So‘nggi yillarda O‘zbekiston [3] va Rossiya [4] temir yo‘llarida rels pletlarini almashtirish uchun shunga o‘xshash texnologiyalarni joriy etish boshlandi.

[3, 4] da qo‘llanilgan g‘ildirakli ushlagichlar konstruksiyasining kamchiligi shundaki, ularning

qo‘llanilish sohasi cheklangan. Bu cheklanganlik relslardagi ulanma qo‘ymalarining mavjudligi bilan bog‘liq bo‘lib, ular ushlagichning rels bo‘ylab uzluksiz harakatlanishiga to‘siq bo‘ladi. Relslar ulanmasi qo‘ymasini o‘tish uchun ushlagich eng pastki holatga tushirilishi va rels bo‘ylab qo‘yma chegarasidan tashqariga siljirilishi lozim. Bu ishlar majmuasining samaradorligini pasaytirib, yo‘l ishlarini olib borishdagi “darcha”larning davomiyligini oshishiga olib keladi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Yuqoridagi kamchilikni bartaraf etish uchun ikkitali g‘ildirakli rels ushlagich konstruksiyasi taklif etilgan [5]. Taklif etilayotgan texnik yechimning vazifasi relslarni almashtirish ishlarini kompleks mexanizatsiyalashda, shu jumladan ulanma qo‘ymalar bilan, ulanma qo‘ymalarni demontaj qilmasdan, bir vaqtning o‘zida asosiy yeyiladigan ushlagich elementlarining resursini oshirish bilan ushlagichning texnologik imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirishdan iborat.

Ikkitali g‘ildirakli rels ushlagich bilan jihozlangan kombinatsiyalashgan yurishdagi ekskavatorni qo‘llagan

 <https://orcid.org/0000-0002-1537-5919>



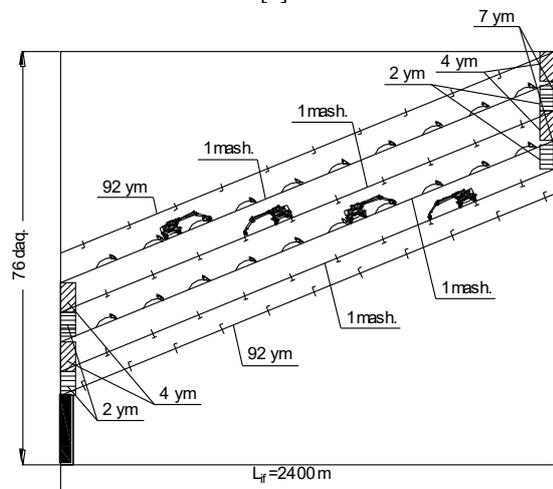
holda uloqsiz yo'l pletlari bilan inventar relslarni almashtirish quyidagi texnologiya bo'yicha amalga oshiriladi. Kombinatsiyalashgan yurishdagi ekskavator yordamchi ushlagich yordamida inventar relslar bilan rels ipini ko'tarishni amalga oshiradi. Ekskavator harakatlanishidan oldin rels ipining ko'tarilishi yordamchi ushlagichdan asosiy ushlagichga o'tkaziladi. Asosiy ushlagich rels ipining inventar relslarning ulangan joyidan o'tish uchun rels tagiga o'rnatiladi. Ekskavator harakatlanishni boshlaydi. U ish fronti bo'ylab strelasini orqaga qilib harakatlanganda, inventar relsli rels ipi rels osti asosidan ballast prizmaning yelkasiga ko'ndalangiga silliq ravishda ko'chiriladi. Ekskavator ish frontining oxiriga yetgach to'xtatiladi va yordamchi ushlagichga o'tiladi. Rels ipining oxirgi qismi yordamchi ushlagich bilan suriladi. Inventar relsli rels ipi ballast prizma yelkasiga to'liq surilgandan so'ng, olib tashlangan inventar relslari o'rniqa rels pletini yotqizish boshlanadi. Bunda ekskavator yordamchi ushlagich bilan rels pletini ko'taradi va uni rels osti asosiga siljitadi. Rels ko'tarilgandan keyin asosiy ushlagich tizimiga qaytiladi va ekskavator harakatlanishni boshlaydi. Ekskavator yo'l bo'ylab harakatlanishi davomida rels ipi butun uzunligi bo'yicha loyihaviy holatga izchil ravishda siljitiladi.

Almashtirish ishlarini bitta, ikkita va to'rtta ekskavator yordamida bajarish mumkin. To'rtta ekskavator qo'llanilganda maksimal samaraga erishiladi. Bunda birinchi va uchinchi ekskavatorlar strelasini orqaga yo'naltirib harakatlanib, inventar relsli o'ng va chap rels ipilarini olib tashlaydi, ikkinchi va to'rtinchi ekskavatorlar esa strelasini oldinga yo'naltirib harakatlanib, rels pletlarini ish holatiga suradi. To'rtta ekskavatorni qo'llagan holda inventar relslarni rels pletlariga almashtirish bo'yicha "darcha" dagi asosiy ishlar grafigi 1-rasmida keltirilgan. Texnologik jarayonning asosiy ko'rsatkichlari quyida keltirilgan:

- ish fronti - 2400 m;
- yo'l tuzilishi:
 - almashtirishdan oldin - zvenoli, BF70 turidagi shpallar, Pandrol Fastclip maxkamlagichlar, shpallar epyurasi 1840 dona/km;
 - almashtirishdan so'ng - 2400 m uzunlikdagi rels pletlari yotqizilgan uloqsiz yo'l;
 - uloqsiz yo'l pletlarini payvandlash stasionar sharoitda rels payvandlash poyezdida 800 m gacha uzunlikda amalga oshiriladi;
 - uloqsiz yo'lning rels pletlari yotqizish joyiga maxsus tarkib bilan olib boriladi. Bu tarkib pletlarni tortish va tushirish qurilmalari bilan jihozlanadi.
 - 800 metr uzunlikdagi rels pletlarini 2400 metr uzunlikkacha payvandlash, ular tushirilgandan so'ng, maxsus payvandlash yo'l mashinalari yordamida amalga oshiriladi;
 - asosiy ishlar o'tkaziladigan kunda, peregon yopilishidan oldin, Pandrol Fastclip mahkamlash klemmlarining 50 foizi ish holatidan "kutish" holatiga o'tkaziladi. Qolgan 50 foiz mahkamlash klemmlari peregon yopilgandan so'ng "kutish" holatiga o'tkaziladi. Almashtirish ishlari yakunlangandan keyin mahkamlash klemmlarini o'rnatish xuddi shu tartibda amalga oshiriladi: peregon ochilishidan oldin 50 foiz mahkamlash klemmlari, ochilgandan so'ng esa qolgan 50 foizi ish holatiga o'rnatiladi [6].

Grafikdan ko'rinib turibdiki (1-rasm), 2400 metrlik ish fronti uchun "darcha" davomiyligi 76

daqiqani tashkil etadi. Bunda almashtirish bilan bog'liq ishlarda 4 nafar mashinist va 8 nafar yo'l montyori qatnashmoqda. "Darcha" da ishtirok etayotgan yo'l montyorlarining umumiy soni 195 kishini tashkil etadi. Yo'l montyorlarning ko'p qismi Pandrol Fastclip mahkamlash klemmlarini yechish va o'rnatish bilan bog'liq ishlarga jalb qilingan. Bu sonni mahkamlash klemmlarini yechish va o'rnatish uchun mexanizatsiyalashtirilgan komplekslarni joriy etish orqali minimallashtirish mumkin [7].



Shartli belgilar

- — — Pandrol Fastclip mahkamlash klemmlarini "kutish" holatidan ishchi holatga (50%) o'rnatish
- — — Pletlarni ish holatiga surish
- — — Inventar relslari bo'lgan rels ipini ballast prizma yelkasiga surish
- ▶ Uchastkaning oxirida katta relslarni tayyorlash va yotqizish
- ▨ Rels pletlarining boshlang'ich (oxirgi) qismlarini tenglashtiruvchi relslar bilan bog'lash; rels pletini suruvchi ekskavatorni zaryadlash (razryadlash)
- ▤ Qo'yimlarni yechib, ulanmalarini ochish; inventar relsli rels ipini suruvchi ekskavatorni zaryadlash (razryadlash)
- — — Pandrol Fastclip mahkamlash klemmlarini ishchi holatdan "kutish" (50%) holatiga o'rnatish
- Peregonni yopishni rasmiylashtirish, mashinalarning ish joyiga borishi va kontaktar mog'ildan kuchlanishni o'chirish

1-rasm. "Darcha" da ishlarni bajarish grafigi

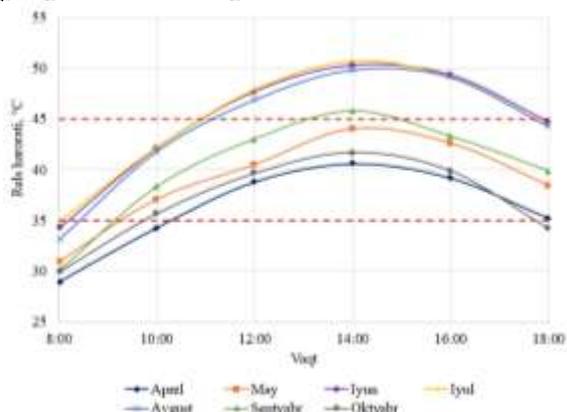
3. Natija va muhokamalar

Uloqsiz yo'ldan foydalanishning ishonchliligi va xavfsizligini belgilovchi eng muhim shart optimal haroratda pletning mahkamlanishini ta'minlashdir. Ushbu shartning bajarilishi "O'zbekiston temir yo'llari" AJ yo'l xo'jaligi uchun uzunligi oshirilgan (blok-uchastka yoki peregon uzunligigacha) rels pletli uloqsiz yo'l konstruksiyasiga rejali o'tish masalasini hal qilishda ayniqsa muhimdir. Buning sababi shundaki, uzaytirilgan uloqsiz yo'l rels pletlarini mahkamlash ishlari, uzunligi 800 metrgacha bo'lgan qisqa rels pletlar bilan ishlashga nisbatan ancha ko'p vaqt talab etadi. Ishlarning butun majmuasi sutkaning qat'iy belgilangan vaqtida boshlanishi va tugallanishini ta'minlash kerak, bu vaqt davomida ishlarni bajarish uchastkasida relslarning harorati pletlarni mahkamlashning optimal haroratiga mos keladi. "O'zbekiston temir yo'llari" AJning barcha temir yo'l masofalarida rels pletlarini



mahkamlashning optimal harorati +40°C ni tashkil etadi, faqat Qoraqalpog'iston temir yo'l masofasidan tashqari, u yerda optimal mahkamlash harorati +35°C hisoblanadi. Bunda pletlarni mahkamlash +35°C dan +45°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida amalga oshirilishi lozim (Qoraqalpog'iston temir yo'l masofasi uchun esa +30°C dan +40°C gacha) [8].

Yilning turli oylarida optimal haroratda uluqsiz yo'l pletlarini mahkamlash ishlarini bajarish usullari va texnologiyasini asoslash, shuningdek, ushbu ishlarni bajarish uchun yilning eng oqilona davrlarini aniqlash uchun Toshkent davlat transport universitetining "Yo'l va yo'l xo'jaligi" ilmiy-tadqiqot laboratoriyasi mutaxassislari tomonidan "O'zbekiston temir yo'llari" AJ yo'l masofalari bo'yab relslar haroratining o'zgarishi bo'yicha tadqiqotlar o'tkazilgan [9]. Tadqiqotlar [9] "O'zbekiston temir yo'llari" AJ yo'l masofasi xodimlari tomonidan o'tkazilgan relslar haroratini o'lchash ma'lumotlariga asoslangan. Olib borilgan tadqiqotlar asosida uluqsiz yo'l pletlarini temir yo'l masofalari bo'yicha mahkamlash ishlarini bajarishning optimal vaqt oralig'ini aniqlangan. Qarshi temir yo'l masofasi bo'yicha relslarning o'rtacha oylik haroratlari grafigi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Qarshi temir yo'l masofasi bo'yicha relslarning o'rtacha oylik haroratlari grafigi

Grafik (2-rasm) tahlili shuni ko'rsatadiki, yozda yo'l ishlarini bajarishning qulay davri 2,5-3,0 soat davom etadi. Ishlarni bajarishda aynan shu vaqt oralig'ida ulgurish zarur.

4. Xulosa

"O'zbekiston temir yo'llari" AJda kombinatsiyalashgan yurishli to'rtta ekskavatorni qo'llagan holda rels pletlarini almashtirishning taklif etilayotgan texnologiyasini joriy etish quyidagilarni ta'minlaydi:

✓ rels pletlarini majburiy ravishda optimal mahkamlash haroratiga kiritish bilan bog'liq qo'shimcha resurslarni jalb qilmasdan, ularni optimal haroratda mahkamlash;

✓ mehnat sarfi va ishlarni bajarish davomiyligini, shu jumladan yo'l ishlarini bajarish uchun "darcha"lar davomiyligini qisqartirish;

✓ qo'l mehnati ulushini sezilarli darajada kamaytirish orqali yo'l ishlarini bajarish sharoitlarini yaxshilash, O'zbekistonning issiq iqlimi sharoitida bu ayniqsa muhimdir;

✓ Pandrol Fastclip oraliq mahkamlash ankerlarining sinishini oldini olish va bunday buzilishlar yuz berganda BF70 turidagi temirbeton shpalalarni almashtirish xarajatlarini bartaraf etish.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Новакович В.И. Бесстыковой путь со сверхдлинными рельсовыми плетями: Учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 144 с.

[2] Крейнис З.Л., Селезнева Н.Е. Бесстыковой путь. Ч. 1. Как устроен и работает бесстыковой путь: Учебное пособие / Под ред. проф. З.Л. Крейниса. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 84 с.

[3] Расулев А.Ф., Кузнецов И.И., Эргашев У.Э. Рельсовый роликовый захват для укладки плетей бесстыкового пути / Сб. науч. труд. «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент. – 2018. С. 127-130.

[4] Михайлова М. Экскаватор в помощь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gudok.ru/zdr/179/?ID=1493596> (дата обращения: 19.02.2022).

[5] Эргашев У.Э. Двойной роликовый рельсовый захват [Текст] / У.Э. Эргашев // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – №3 – С. 37-39.

[6] Типовой технологический процесс №3 по замене инвентарных рельсов длиной 25 м на плети бесстыкового пути на шпалах типа BF70 со скреплением Pandrol Fastclip / введенный в действие с приказом АО «УТЙ» №359-Н от 29.12.2005 г. – Т., 2005. – 16 с.

[7] 800 meters of track distressed in 2,5 hours [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pandrol.com/ru/800-meters-of-track-distressed/> (дата обращения: 23.02.2022).

[8] Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути. – Ташкент, 2017. – 112 с.

[9] Исследование работы бесстыкового пути в условиях АО «УТЙ». Отчет о НИР (промежточ.) / Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ); Руководитель К.С. Лесов. – Т., 2017. – 194 с.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Ergashev
Ulug'bek
Erkinjon
o'g'li /
Ulugbek
Ergashev

Toshkent davlat transport universiteti,
"Temir yo'l muhandisligi" kafedrasida
dotsenti, texnika fanlari nomzodi,
dotsent
E-mail: ergashev_u@tstu.uz
Tel.: +998900105525
<https://orcid.org/0000-0002-1537-5919>



Evaluating the effectiveness of regional investment activity: evidence from Kashkadarya region

Kh.J. Ruziev¹

¹University of Economics and Pedagogy, Karshi, Uzbekistan

Abstract: In this article, the effectiveness of regional investment activity was statistically analyzed using the example of Kashkadarya region. The study examined the volume of investments in fixed capital and the growth of Gross Regional Product (GRP) based on time series, index methods, and correlation-regression analysis. The results revealed that both the scale and structure of investments significantly influence regional economic growth. Furthermore, an analysis of investment efficiency across regional sectors indicated that funds allocated to agriculture, industry, and services play a crucial role in economic performance. At the same time, the uneven distribution of investments across the region was shown to contribute to weak development in certain economic areas.

Based on the findings, the study emphasizes the necessity of supporting innovative projects, attracting more foreign investment, modernizing infrastructure, and increasing funds directed towards human capital in order to enhance the effectiveness of investment activity. The results of the article can serve as a scientific and practical basis for accelerating regional economic development.

Keywords: Investment activity, investment efficiency, statistical analysis, gross regional product (GRP), regional economic development

Hududiy investitsion faoliyat samaradorligini baholash: qashqadaryo viloyati tajribasi

Ruziyev X.J.¹

¹Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada Qashqadaryo viloyati misolida hududiy investitsion faoliyat samaradorligi statistik tahlil qilindi. Tadqiqotda asosiy kapitalga investitsiyalar hajmi va yalpi hududiy mahsulot (YHM) o'sishi ko'rsatkichlari dinamik qatorlar, indekslar hamda korrelyatsion-regression tahlil usullari asosida o'rganildi. Natijalarda investitsiyalarning hajmi hamda tarkibi hududiy iqtisodiy o'sishga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatayotgani aniqlandi. Shuningdek, hududiy tarmoqlar kesimida investitsiyalar samaradorligi tahlil qilinib, qishloq xo'jaligi, sanoat va xizmat ko'rsatish sohaslariga yo'naltirilgan mablag'larning iqtisodiy samaradorlikda muhim o'rin tutishi qayd etildi. Shu bilan birga, investitsiyalarning hudud bo'yicha teng taqsimlanmagani ayrim iqtisodiy yo'nalishlarda sust rivojlanishga olib kelayotgani ko'rsatildi.

Tadqiqot natijalari asosida investitsion faoliyat samaradorligini oshirish uchun innovatsion loyihalarni qo'llab-quvvatlash, xorijiy investitsiyalarni keng jalb qilish, infratuzilmani modernizatsiya qilish va inson kapitaliga yo'naltiriladigan mablag'larni ko'paytirish zarurligi ta'kidlandi. Maqola natijalari hududiy iqtisodiy rivojlanishni jadallashtirishda ilmiy-amaliy asos sifatida foydalanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: Investitsiya, samaradorlik, statistik tahlil, yalpi hududiy mahsulot, hududiy rivojlanish

1. Kirish

Bozor iqtisodiyoti sharoitida investitsiyalar mamlakatning iqtisodiy o'sishi va ijtimoiy rivojlanishida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Investitsion faoliyat samaradorligi bevosita ishlab chiqarishning kengayishi, yangi ish o'rinlarining yaratilishi hamda hududiy rivojlanish ko'rsatkichlariga ta'sir etadi. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti qarorlarida investitsion muhitni yaxshilash, xorijiy sarmoyalarni jalb qilish va ularning samaradorligini oshirish ustuvor vazifa sifatida belgilab berilgan.

Qashqadaryo viloyati iqtisodiy salohiyati, tabiiy resurslari, qishloq xo'jaligi va sanoat imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Shu bois hududda investitsiyalardan oqilona foydalanish masalasi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga

ega. Ushbu maqolada investitsiyalarning samaradorligini baholashda statistik tahlil usullaridan foydalanish hamda hududiy iqtisodiy rivojlanishga ta'sirini aniqlash masalalari ko'rib chiqiladi.

Adabiyotlar tahlili. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi" farmoni mazkur hujjatda mamlakat iqtisodiy siyosatining ustuvor yo'nalishlari belgilab berilgan bo'lib, unda hududiy investitsion muhitni yaxshilash, xorijiy kapitalni jalb etish va ichki resurslardan samarali foydalanish masalalari alohida ta'kidlanadi. Strategiya doirasida Qashqadaryo viloyatining sanoat, qishloq xo'jaligi va infratuzilma tarmoqlarini modernizatsiya qilishga qaratilgan investitsion dasturlar ishlab chiqilgan[3].



Hujjat investitsion faoliyat samaradorligini oshirishda davlatning tartibga soluvchi roli, jumladan, imtiyozlar, kafolatlar va moliyaviy rag'batlantirish mexanizmlarini takomillashtirishga alohida urg'u beradi. Ayniqsa, hududiy iqtisodiyotda investitsion muhitni yaxshilash orqali mahalliy va xorijiy tadbirkorlar uchun qulay shart-sharoit yaratish vazifalari qo'yilgan.

Shunday qilib, mazkur strategiya investitsiyalardan foydalanish samaradorligini oshirishning normativ-huquqiy asosini tashkil etadi. U Qashqadaryo viloyati misolida amalga oshirilayotgan islohotlarni nazariy jihatdan asoslash va ularning amaliy samaralarini tahlil qilish uchun tayanch hujjat sifatida qaralishi mumkin.

"Hududlar ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi ko'rsatkichlari" statistik to'plamda davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlari hududiy investitsion jarayonlarni ilmiy asosda tahlil qilishda muhim manba hisoblanadi. Statistik to'plamda Qashqadaryo viloyati bo'yicha yalpi hududiy mahsulot, asosiy kapitalga yo'naltirilgan investitsiyalar, sanoat ishlab chiqarishi, qishloq xo'jaligi hajmi hamda bandlik ko'rsatkichlari aks ettirilgan.

Mazkur ma'lumotlar yordamida investitsiyalar hajmining yillik o'sish dinamikasi, ularning tarmoqlar bo'yicha taqsimlanishi va hududiy iqtisodiy rivojlanish ko'rsatkichlariga ta'siri aniqlanadi. Masalan, so'nggi yillarda viloyatga kiritilgan investitsiyalar hajmining ortishi bilan bir vaqtda YHM hajmi ham sezilarli darajada oshgani kuzatiladi.

Shuningdek, statistik to'plam investitsiyalar samaradorligini baholashda qo'llaniladigan indekslar, regressiya tahlillari va boshqa matematik-statistik usullar uchun asosiy axborot bazasini yaratadi. Shu jihatdan, u hududiy investitsion faoliyatning ilmiy tahlilida bevosita qo'llaniladigan eng muhim manbalardan biridir.

A. Abdullaevning "Investitsiya faoliyati va uning samaradorligini oshirish yo'llari" nomli monografiyada investitsiya faoliyatining nazariy asoslari, uning iqtisodiy o'sishdagi o'rni va samaradorlikni oshirishning metodologik yondashuvlari batafsil bayon etilgan. Muallif investitsiyalarni faqat kapital qo'yilmalar sifatida emas, balki iqtisodiy resurslarni samarali taqsimlash vositasi sifatida ham talqin qiladi, shuningdek investitsiya samaradorligini baholashning statistik ko'rsatkichlari, jumladan, yalpi mahsulotga ta'siri, bandlik darajasiga qo'shgan hissasi va texnologik modernizatsiyaga xizmat qilishi keng yoritilgan. Muallifning fikricha, samaradorlikni oshirishda innovatsion texnologiyalarning joriy etilishi asosiy omillardan biridir. Mazkur asar Qashqadaryo viloyatida investitsion faoliyat samaradorligini baholash jarayonida nazariy va metodologik asos bo'lib xizmat qiladi. Ayniqsa, investitsion loyihalarni tahlil qilishda muallif taklif qilgan statistik usullardan foydalanish samarali natijalar beradi[6].

Sh. Xudoyqulovning "Hududiy iqtisodiy rivojlanishda investitsiyalarning roli" nomli maqolasida investitsiyalarning hududiy iqtisodiyotdagi o'rni va ular orqali ishlab chiqarish hajmini oshirish, yangi ish o'rnlari yaratish hamda infratuzilmani modernizatsiya qilish jarayonlari tahlil qilinadi. Muallif hududiy rivojlanishda investitsiyalarning ijtimoiy va iqtisodiy samaradorligini alohida ko'rsatib o'tadi. Asarda Qashqadaryo viloyati kabi agrar-sanoat salohiyatiga ega hududlar uchun investitsion siyosatning o'ziga xos jihatlari ko'rsatib berilgan. Jumladan, qishloq xo'jaligiga yo'naltirilgan investitsiyalar oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash, sanoatga yo'naltirilgan sarmoyalar

esa eksport salohiyatini oshirishga xizmat qilishi ta'kidlangan. Mazkur tadqiqot hududiy investitsion faoliyat samaradorligini tahlil qilishda ijtimoiy-iqtisodiy ko'rsatkichlarning birgalikda o'rganilishi zarurligini ko'rsatadi. Bu jihati bilan maqola mavzuga metodologik va amaliy asos bo'lib xizmat qiladi[8].

Smith. A ham o'zining tadqiqotlarida investitsiyalar samaradorligi va hududiy rivojlanish o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik nazariy hamda amaliy jihatdan yoritilgan. Muallif iqtisodiy o'sishda investitsiyalarning o'rni, ularning resurslarni qayta taqsimlashdagi ta'siri va hududiy tengsizliklarni kamaytirishdagi ahamiyatini alohida ta'kidlaydi, investitsiyalarning samaradorligini baholashda statistik modellardan foydalanish usullari keltirilgan[7].

Jumladan, investitsiya hajmi bilan yalpi hududiy mahsulot (YHM), bandlik darajasi va ishlab chiqarish samaradorligi o'rtasidagi korrelyatsion bog'liqlik tahlil qilingan. Ushbu manba Qashqadaryo viloyatida investitsion faoliyat samaradorligini o'rganishda nazariy asos bo'lib xizmat qiladi. Chunki muallif ilgari surgan konseptual yondashuvlar hududiy tahlil uchun universal ahamiyatga ega.

Smith.J. T. o'zining asarlarida asosan, neft va gaz sohasi uchun mo'ljallangan bo'lsa-da, unda investitsiyalarning texnologik samaradorligini baholash masalalari ham yoritilgan. Muallif sanoat va resurslardan foydalanishda zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy qilish investitsion samaradorlikni oshirishning muhim omili ekanini ko'rsatadi.

Qashqadaryo viloyati yoqilg'i-energetika majmuasining katta salohiyatga ega hudud bo'lgani uchun mazkur tadqiqot aynan ushbu sohadagi investitsion loyihalarni tahlil qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki u yirik kapital talab qiladigan loyihalarning natijadorligini baholashga metodologik yondashuv beradi. Shu bois, mazkur asarni Qashqadaryo viloyati misolida investitsion faoliyat samaradorligini baholashda tarmoqlar kesimidagi ilmiy asos sifatida qo'llash mumkin.

Davlat investitsiya qo'mitasi hisobotlarida respublika va hududlar kesimida amalga oshirilayotgan investitsion loyihalar to'g'risida batafsil ma'lumotlar keltirilgan. Ular investitsiyalarning moliyaviy hajmi, tarmoqlar bo'yicha taqsimlanishi va iqtisodiy samaradorlik darajasi haqida aniq ko'rsatkichlarni beradi. Qashqadaryo viloyati misolida ushbu hisobotlarda neft-gaz sanoati, qishloq xo'jaligi va transport infratuzilmasiga yo'naltirilgan yirik loyihalar qayd etilgan. Bu ma'lumotlar hududiy investitsion faoliyat samaradorligini amaliy jihatdan baholashda asosiy manba hisoblanadi. Bundan tashqari, hisobotlarda loyiha amalga oshirilishi jarayonidagi muammolar va ularning yechimlari ham ko'rsatib o'tilgan. Shu bois ular ilmiy maqolada empirik dalillarni asoslashda bevosita qo'llanishi mumkin.

Murodov.B o'z asarlarida investitsiya samaradorligini baholashda qo'llaniladigan statistik usullar - indekslar, dinamik qatorlar, korrelyatsion-regression tahlillar batafsil yoritilgan. Muallifning yondashuvi investitsion jarayonlarni matematik-statistik modellarda ifodalashga qaratilgan. Ushbu tadqiqot Qashqadaryo viloyatida investitsion faoliyat samaradorligini aniqlashda metodologik asos sifatida foydalanilishi mumkin. Chunki investitsiyalar hajmi va YHM o'sishi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash aynan regression tahlil orqali samarali amalga oshiriladi. O'z maqolalarida statistik tahlilni asoslash, uslubiy jihatdan mustahkamlash hamda amaliy ko'rsatkichlarni ilmiy xulosalar bilan bog'lash imkonini beradi.



2. Tadqiqot metodologiyasi

Investitsiyalarning samaradorligi ko'p qirrali tushuncha bo'lib, u ishlab chiqarish samaradorligi, ijtimoiy samaradorlik, moliyaviy natijadorlik kabi yo'nalishlarni qamrab oladi. Statistik tahlilda samaradorlik ko'rsatkichlari quyidagi asosiy mezonlar orqali o'lchanadi:

- yalpi hududiy mahsulot (YHM)ning o'sish sur'ati;
- asosiy kapitalga investitsiyalar hajmi va ularning tarkibi;
- yangi yaratilgan ish o'rinlari soni;
- sanoat va qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi hajmining o'sishi;
- byudjet daromadlarining ortishi.

Investitsiyalar samaradorligini baholashda dinamik qatorlar, indekslar va korrelyatsion-regression tahlil usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Birinchidan, dinamik qatorlar investitsion faoliyatning vaqt bo'yicha o'zgarishini o'rganishga imkon beradi. Masalan, Qashqadaryo viloyatida so'nggi 10 yil davomida jalb qilingan investitsiyalar hajmini vaqt kesimida tahlil qilish orqali ularning o'sish yoki pasayish tendensiyasini aniqlash mumkin. Bu usul investitsiya jarayonlarining barqarorligi, mavsumiylik yoki keskin o'zgarishlarini baholashda yordam beradi. Shuningdek, kelgusidagi prognozlarini tuzishda dinamik qatorlar asosiy manba bo'lib xizmat qiladi.

Ikkinchidan, indekslar usuli investitsiyalarning samaradorligini solishtirma shaklda baholashda keng qo'llanadi. Masalan, umumiy investitsiyalar hajmiga nisbatan sanoatga yoki qishloq xo'jaligiga yo'naltirilgan investitsiyalarning ulushini aniqlash uchun indekslar hisoblanadi. Bundan tashqari, indeks tahlili yordamida hududlar yoki tarmoqlar bo'yicha investitsiyalarning samaradorligi taqqoslanadi. Bu esa resurslarning qaysi yo'nalishda samaraliroq ishlatilayotganini ko'rsatadi.

Uchinchidan, korrelyatsion-regression tahlil investitsiyalar hajmi bilan hududiy iqtisodiy ko'rsatkichlar (masalan, YaIM, bandlik, sanoat ishlab chiqarish hajmi) o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash imkonini beradi. Agar korrelyatsiya koeffitsienti yuqori bo'lsa, bu investitsiyalarning iqtisodiy rivojlanishga kuchli ta'sirini ko'rsatadi. Regression model esa investitsiyalarning qancha hajmga oshirilishi iqtisodiy o'sishni qanday tezlashtirishini miqdoriy shaklda ifodalab beradi.

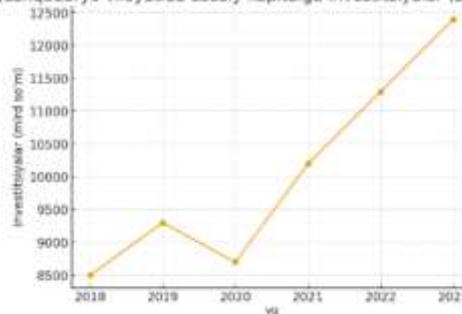
Shunday qilib, ushbu statistik usullarni qo'llash investitsiyalar samaradorligini chuqurroq va asosliroq tahlil qilishga, ularning iqtisodiy natijalarga ta'sirini aniqlashga hamda kelgusidagi rivojlanish prognozlarini ishlab chiqishga imkon yaratadi. Bu orqali investitsiyalar hajmi va iqtisodiy natijalar o'rtasidagi bog'liqlik aniqlanadi.

Qashqadaryo viloyati O'zbekistonning iqtisodiy salohiyatli hududlaridan biri bo'lib, investitsion faoliyat ko'proq neft-gaz sanoati, qishloq xo'jaligi va qayta ishlash tarmoqlariga yo'naltirilgan. So'nggi yillarda hududda investitsiyalarning hajmi sezilarli darajada oshgan bo'lsa-da, ularning samaradorligi masalasi hamisha dolzarbligicha qolmoqda. Chunki har qanday investitsiya o'zining iqtisodiy natijasi, ya'ni ishlab chiqarish hajmining kengayishi, yangi ish o'rinlarining yaratilishi va aholining turmush darajasi oshishida namoyon bo'lishi zarur.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, so'nggi besh yilda Qashqadaryo viloyatida umumiy asosiy kapitalga kiritilgan investitsiyalar hajmi izchil o'sish tendensiyasini ko'rsatmoqda. Dinamik qatorlar asosida o'tkazilgan tahlil investitsiyalarning yildan-yilga o'sish sur'ati ijobiy ekanini

aniqlash imkonini beradi. Shu bilan birga, ba'zi yillarda tashqi iqtisodiy sharoitlar, xomashyo narxlaridagi o'zgarishlar va global inqirozlar sababli investitsiya oqimlarida pasayish holatlari ham kuzatilgan[2].

Qashqadaryo viloyatida asosiy kapitalga investitsiyalar (2018–2023)

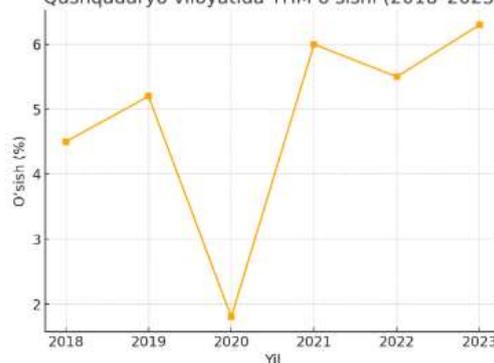


1-rasm. Qashqadaryo viloyatida asosiy kapitalga investitsiyalar dinamikasi (2018–2023 yillar)

Qashqadaryo viloyati iqtisodiyoti asosan yoqilg'i-energetika resurslari, qishloq xo'jaligi va qayta ishlash sanoatiga tayangan holda rivojlanmoqda. Shu bois investitsiyalarning hududiy taqsimoti ham, avvalo, ushbu tarmoqlarga yo'naltirilmoqda. Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, so'nggi besh yilda viloyatga jalb qilingan to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar hajmi o'sib borgan bo'lsa-da, ularning tarmoq bo'yicha taqsimoti notekis bo'lib qolmoqda. Jumladan, neft-gaz sohasi ulushi umumiy investitsiyalarning yarmidan ortig'ini tashkil etmoqda, qishloq xo'jaligi va xizmat ko'rsatish sohasining ulushi esa nisbatan past.

Dinamik qatorlar asosida tahlil shuni ko'rsatadiki, 2018–2023 yillar oralig'ida Qashqadaryo viloyatida asosiy kapitalga kiritilgan investitsiyalar hajmi yiliga o'rtacha 9–11 foiz atrofida o'sib kelgan[2]. Biroq, ayrim yillarda tashqi omillar – xomashyo narxlarining keskin o'zgarishi va pandemiya oqibatlarini sabab investitsiyalar hajmida qisqarish kuzatilgan. Bu esa hududiy investitsiya oqimlari barqarorligini ta'minlash uchun diversifikatsiya siyosatini kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi.

Qashqadaryo viloyatida YHM o'sishi (2018–2023)



2-rasm. Qashqadaryo viloyatida yalpi hududiy mahsulot o'sishi (2018–2023 yillar)

Indeks usuli yordamida o'tkazilgan hisob-kitoblar esa investitsiyalarning ishlab chiqarish samaradorligi bilan har doim ham bevosita bog'liq emasligini ko'rsatadi. Masalan, qishloq xo'jaligiga yo'naltirilgan investitsiyalar hajmi past bo'lsa-da, uning iqtisodiy samaradorligi yuqori bo'lib, viloyat yalpi hududiy mahsulotida salmoqli ulushni tashkil etmoqda. Aksincha, sanoat sohasidagi ayrim yirik loyihalar katta miqdordagi investitsiyalar talab qilganiga qaramay, kutilgan iqtisodiy natijani bermagan.



Korrelyatsion-regression tahlil natijalari investitsiya hajmi bilan YHM o'sishi o'rtasida kuchli bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. Hisob-kitoblarga ko'ra, investitsiyalarning 1 foizga oshirilishi YHMning o'rtacha 0,7 foizga o'sishiga olib kelgan. Bu esa hudud iqtisodiy rivojlanishida investitsion omilning yetakchi rolini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, regressiya modelida xizmatlar sohasi investitsiyalari iqtisodiy o'sishga nisbatan yuqori ta'sir ko'rsatayotgani aniqlangan, bu esa ushbu sohani rivojlantirish istiqbollari katta ekanini ko'rsatadi.

Yuqoridagi tahlillar asosida shuni aytish mumkinki, Qashqadaryo viloyatida investitsion faoliyatning umumiy ko'rsatkichlari ijobiy bo'lsa-da, samaradorlikni oshirish uchun bir qator chora-tadbirlarni amalga oshirish lozim. Jumladan, resurslarni faqat xomashyo qazib olishga emas, balki yuqori qo'shilgan qiymat yaratadigan qayta ishlash va xizmatlar sohasiga yo'naltirish, shuningdek, kichik biznes va innovatsion loyihalarga ko'proq investitsiya jalb etish talab etiladi.

Indekslar tahlili shuni ko'rsatadiki, Qashqadaryo viloyatida investitsiyalarning katta qismi sanoat tarmoqlariga, xususan neft-gaz qazib olish va qayta ishlash sohasiga yo'naltirilmoqda. Bu esa hudud iqtisodiyoti tarmoqlarining diversifikatsiya qilinish darajasi yetarli emasligini anglatadi. Ya'ni, qishloq xo'jaligi va xizmat ko'rsatish sohalari hali ham yetarlicha investitsiyalarni jalb etmagan. Natijada ayrim tarmoqlarda ishlab chiqarish hajmi kutilgan darajada tez o'smasligi kuzatilmoqda[5].

Korrelyatsion-regression tahlil natijalari esa investitsiyalar hajmi bilan viloyatning yalpi hududiy mahsuloti (YaHM) o'sishi o'rtasida ijobiy bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. Masalan, investitsiyalarning 1 foizga oshirilishi YaHMning o'rtacha 0,6–0,8 foizga o'sishiga olib kelishi mumkinligi aniqlanadi. Bu natija investitsiyalarning hududiy iqtisodiy rivojlanishdagi asosiy drayverlardan biri ekanini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, statistik tahlillar shuni ko'rsatmoqdaki, investitsiyalar hajmi o'sayotgan bo'lsa-da, ularning samaradorlik darajasi hududiy iqtisodiyotning barcha sohalarida bir xil emas. Ayrim yirik sanoat loyihalari yuqori iqtisodiy natija bergan bo'lsa, qishloq xo'jaligi va xizmat ko'rsatish sohalarida resurslardan foydalanish samaradorligi past bo'lib qolmoqda. Bu esa investitsion siyosatni qayta ko'rib chiqishni, tarmoqlar bo'yicha investitsiya oqimlarini muvozanatlashtirishni talab qiladi.

Amaliy-statistik tahlil shuningdek, investitsiyalarning ijtimoiy samaradorligini ham ko'rsatadi. Ya'ni, yangi korxonalar ishga tushishi bilan bir qatorda hududda bandlik darajasi oshmoqda, infratuzilma obyektlari barpo etilmoqda va aholi farovonligi yaxshilanmoqda. Shu ma'noda, investitsiyalarning faqat iqtisodiy emas, balki ijtimoiy samaradorligini ham hisobga olish muhimdir.

Umuman olganda, Qashqadaryo viloyati misolida o'tkazilgan amaliy-statistik tahlil shuni ko'rsatadiki, investitsion faoliyat hudud iqtisodiy rivojlanishining muhim omili bo'lsa-da, samaradorlikni oshirish uchun diversifikatsiya, innovatsion texnologiyalarni jalb qilish va resurslardan oqilona foydalanish zarur. Faqat shundagina investitsiyalardan kutilgan natija to'liq amalga oshadi.

Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, Qashqadaryo viloyatida so'nggi yillarda investitsiyalarning umumiy hajmi izchil ortib bormoqda. Xususan, sanoat tarmoqlariga yo'naltirilayotgan investitsiyalar 25–30 foizga, qishloq xo'jaligi sohasiga kiritilayotgan mablag'lar esa 20 foizga yaqin ulushni tashkil etmoqda.

Hududiy tahlillar shuni ko'rsatadiki, investitsiyalarning asosiy qismi yoqilg'i-energetika majmuiga yo'naltirilmoqda. Bu esa hudud iqtisodiyotini diversifikatsiya qilish zarurligini taqozo etadi. Bundan tashqari, kichik biznes va xususiy tadbirkorlikka yo'naltirilgan investitsiyalar hajmi yetarli darajada yuqori emas.

Statistik ma'lumotlar asosida o'tkazilgan tahlil natijalariga ko'ra, oxirgi 5 yil ichida Qashqadaryo viloyati YHM hajmi o'rtacha yillik 6–7 foizga oshib borgan. Shu bilan birga, investitsiyalar va YHM o'sishi o'rtasida yuqori korrelyatsiya mavjudligi aniqlangan[2].

Investitsiyalardan foydalanish samaradorligini oshirishning muammolari jumladan, hududiy iqtisodiy rivojlanishda investitsiyalar samaradorligini pasaytiruvchi bir qator omillar mavjud:

- ba'zi tarmoqlarda eskirgan texnologiyalar va ishlab chiqarish vositalarining ustunligi;
- investitsion loyihalarni amalga oshirishda byurokratik to'siqlar;
- hududda investitsion infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi;
- xorijiy investorlarga qulay muhit yaratishda mavjud cheklovlar.

Bu muammolar investitsion loyihalarning kechikishiga va kutilgan samaradorlik darajasiga erishilmasligiga sabab bo'lmoqda.

Investitsiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

- Tarmoqlarni diversifikatsiya qilish – faqat neft-gaz sohasiga emas, balki sanoatning boshqa tarmoqlariga ham investitsiyalarni kengaytirish.
- Innovatsion texnologiyalarni joriy etish – zamonaviy ishlab chiqarish liniyalari va raqamli texnologiyalarni keng qo'llash.
- Mahalliy va xorijiy investorlar uchun kafolatlarini kuchaytirish – investitsiyalar xavfsizligini ta'minlash orqali investitsion jozibadorlikni oshirish.
- Statistik monitoringni takomillashtirish – investitsiyalar samaradorligini baholashda xalqaro metodikalardan keng foydalanish.
- Kichik biznesni qo'llab-quvvatlash – hududda yangi ishlab chiqarish korxonalarini ochish uchun kredit va imtiyozlar berish.

Yuqorida keltirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, Qashqadaryo viloyatida investitsiyalarning iqtisodiy samaradorligi ijobiy bo'lib, YHM va ishlab chiqarish hajmining o'sishiga sezilarli hissa qo'shmoqda. Biroq mavjud muammolarni bartaraf etish va investitsion siyosatni yanada takomillashtirish zarur.

Investitsiyalardan samarali foydalanish hudud iqtisodiyotini diversifikatsiya qilish, yangi ish o'rinlarini yaratish hamda aholining turmush darajasini oshirishga xizmat qiladi.

3. Xulosa

Hududiy iqtisodiy rivojlanishda investitsiyalarning samarali yo'naltirilishi va ulardan oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Qashqadaryo viloyati misolida olib borilgan statistik tahlillar shuni ko'rsatadiki, so'nggi yillarda asosiy kapitalga investitsiyalar hajmi barqaror o'sib bormoqda. Bu esa viloyatda ishlab chiqarish quvvatlarini kengaytirish, yangi texnologiyalarni joriy etish



va ijtimoiy infratuzilmani rivojlantirish imkoniyatlarini kengaytirmoqda.

Investitsiyalarning o'sishi bilan bir qatorda Yalpi hududiy mahsulot (YHM)ning ham dinamik tarzda ortib borishi kuzatilmoqda. Bu holat investitsion faoliyat bilan hududiy iqtisodiy o'sish o'rtasida sezilarli bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. Dinamik qatorlar tahlili shuni isbotlaydiki, investitsiyalarning hajmi yildan-yilga oshgani sari YHMning o'sish sur'atlari ham yuqori bo'lib bormoqda.

Indeksli baholash natijalari esa hududdagi investitsiya oqimlari va iqtisodiy samaradorlik o'rtasidagi nisbatlarni aniq ko'rsatib berdi. Xususan, ayrim yillarda investitsiyalarning keskin oshishi YHM o'sishi sur'atlariga ijobiy ta'sir ko'rsatgan bo'lsa, pandemiya davrida investitsiyalar pasayishi iqtisodiy o'sishning sekinlashuviga olib kelgan. Bu esa investitsion jarayonlarning hududiy rivojlanish uchun qanchalik muhimligini asoslaydi.

Korrelyatsion-regression tahlil natijalari ham investitsiyalar bilan YHM o'rtasidagi kuchli ijobiy bog'liqlikni tasdiqlaydi. Bu esa kelgusida hududiy investitsiya siyosatini shakllantirishda ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish zarurligini ko'rsatadi. Investitsiyalarning hajmi, tarkibi va yo'nalishlarini to'g'ri boshqarish orqali hududiy iqtisodiyotning samarali rivojlanishini ta'minlash mumkin.

Amaliy-statistik tahlillar shuni ko'rsatadiki, Qashqadaryo viloyati iqtisodiyotida qishloq xo'jaligi, sanoat va xizmat ko'rsatish tarmoqlari investitsiyalarning asosiy yo'nalishlari hisoblanadi. Ushbu tarmoqlarga jalb qilingan mablag'lar o'z natijasini bermoqda va YHM o'sishida muhim rol o'ynamoqda. Shu bilan birga, investitsiyalarning hudud bo'yicha teng taqsimlanmagani ayrim sohalarda iqtisodiy samaradorlikning sust bo'lishiga olib kelmoqda.

O'tkazilgan tadqiqotlar asosida shuni ta'kidlash mumkinki, Qashqadaryo viloyatida investitsion faoliyat samaradorligini yanada oshirish uchun innovatsion loyihalarni qo'llab-quvvatlash, xorijiy investitsiyalarni jalb etish, infratuzilmani rivojlantirish hamda inson kapitaliga yo'naltiriladigan mablag'larni kengaytirish lozim. Shu tarzda hududiy iqtisodiy o'sishning barqarorligi va samaradorligi ta'minlanadi.

Umuman olganda, investitsiyalarning samaradorligini statistik tahlil qilish ularning hududiy rivojlanishga qo'shayotgan hissasini aniq baholash imkonini beradi. Qashqadaryo viloyati misolida o'tkazilgan tadqiqot natijalari investitsiyalarni to'g'ri boshqarish orqali iqtisodiy o'sishni ta'minlash mumkinligini ko'rsatdi. Bu esa nafaqat hududiy, balki respublika miqyosida ham iqtisodiy siyosatni takomillashtirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining investitsion siyosatga oid qaror va farmonlari.

[2] O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlari.

[3] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni. — Toshkent, 2022.

[4] O'zbekiston Respublikasi Investitsiyalar, sanoat va savdo vazirligi rasmiy hisobotlari (2020–2024 yillar). — www.miit.uz

[5] O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. Hududiy iqtisodiy ko'rsatkichlar to'plami (2020–2024). — www.stat.uz

[6] Abdullaev A., "Investitsiya faoliyati va uning samaradorligini oshirish yo'llari", Toshkent, 2021.

[7] Smith A., "Investment Efficiency and Regional Development", Cambridge University Press, 2019.

[8] Xudoyqulov Sh., "Hududiy iqtisodiy rivojlanishda investitsiyalarning roli", Ilmiy maqolalar to'plami, 2022.

[9] Soliyeva D. Hududiy investitsiya siyosati samaradorligini baholash usullari. // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar jurnali. — 2021. №2.

[10] Nazarov N. Investitsiyalarning YHM o'sishiga ta'siri: Qashqadaryo viloyati misolida. // O'zbekiston iqtisodiy axborotnomasi. — 2022. №4.

[11] Abdullayev S. Innovatsion investitsiya loyihalarining samaradorligini baholash masalalari. // O'zbekiston moliya jurnali. — 2023. №1.

[12] Jalolov I. Hududiy investitsion faoliyatni rivojlantirishda xorijiy kapitalning roli. // TDIU ilmiy jurnali. — 2021. №3.

[13] OECD. Investment Policy Review: Uzbekistan 2020. — Paris: OECD Publishing, 2020.

[14] Rahmanov K., Tursunov A. Digital iqtisodiyot sharoitida investitsion samaradorlikni oshirish yo'llari. // Fan va innovatsiyalar jurnali. — 2023. №2.

[15] Karimova M. Hududiy rivojlanishda barqaror investitsiya siyosati. // Yosh olimlar ilmiy jurnali. — 2024. №1.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Ruziyev Xamroqul Jurayevich / Ruziev Khamroqul Juraevich	Iqtisodiyot va Pedagogika Universiteti, "Iqtisod" kafedrasini v.b dotsenti, i.f.f.d., (PhD), E-mail: xamroqul.ruziyev@mail.ru Tel.: +99884550708
--	--



Optimal bridge parameter selection and earthquake-resistant design based on real earthquake records for seismic risk mitigation in transportation structures within active seismic zones

U.Z. Shermukhamedov¹^a, A.B. Karimova¹^b, A.R. Abdullaev¹^c, Sh.Sh. Tayirov²^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

²LLC “Project consulting technologies systems”, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The article highlights the issues of enhancing seismic resistance of transportation structures located in seismically active regions of Uzbekistan. Based on real earthquake records, the methodology for selecting optimal bridge parameters and performing structural analysis is examined. The study applies the Timoshenko beam model, spectral analysis, and time-history methods, with a case study of a reinforced concrete overpass in Jizzakh. Results indicate that post-tensioned tendons significantly improve seismic performance. Within the framework of Presidential Decree PQ-161, the relevance of scientifically grounded approaches to mitigating seismic risk in transport infrastructure is substantiated.

Keywords: seismic hazard, seismic risk, transportation structures, bridge, earthquake-resistant design, real earthquake records, Timoshenko beam model, time-history analysis

Seysmik faol zonalarda joylashgan transport inshootlarida seysmik xatarni (riskni) kamaytirish/boshqarish uchun haqiqiy zilzila yozuvlaridan foydalangan holda ko‘priklarning optimal parametrlarini tanlash va zilzilabardosh loyihalash

Shermuxamedov U.Z.¹^a, Karimova A.B.¹^b, Abdullayev A.R.¹^c, Tayirov Sh.Sh.²^d

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

²“Project consulting technologies systems” MChJ, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Maqolada O‘zbekiston seysmik faol hududida joylashgan transport inshootlarining zilzilabardoshligini oshirish masalalari yoritilgan. Haqiqiy zilzila yozuvlari asosida ko‘priklarning optimal parametrlarini tanlash va hisoblash metodologiyasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda Timoshenko balkasi modeli, spektral va vaqt bo‘yicha hisoblash usullari qo‘llanib, Jizzaxdagi yo‘l o‘tkazgich misolida natijalar tahlil qilingan. Natijalarga ko‘ra, armatura trossining tarangligi zilzilabardoshlikni sezilarli oshirishi aniqlangan. Prezidentning PQ-161 qarori doirasida transport inshootlarida seysmik xavfni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuvlarning dolzarbligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: seysmik xavf, seysmik xatar, transport inshootlari, ko‘prik, zilzilabardosh loyihalash, haqiqiy zilzila yozuvlari, Timoshenko balkasi modeli

1. Kirish

O‘zbekiston hududi geologik tuzilishi jihatidan Yer sharining seysmik faol zonalaridan biridir. Respublikamizning Toshkent, Farg‘ona vodiysi, Samarqand va Surxondaryo viloyatlarida 7–9 ballgacha bo‘lgan kuchli zilzilalar sodir bo‘lish xavfi mavjud. Tarixiy ma‘lumotlar shuni ko‘rsatadiki, oxirgi bir necha yuz yillikda Markaziy Osiyo hududida bir necha o‘nlab yirik zilzilalar ro‘y bergan, ulardan ayrimlari odamlar hayoti va iqtisodiyotga, xususan transport infratuzilmasiga katta zarar yetkazgan.

Transport inshootlari – ko‘priklar, yo‘l o‘tkazgichlar va estakadalar – nafaqat kundalik transport qatnovini ta‘minlaydi, balki favqulodda vaziyatlarda aholining xavfsiz evakuatsiyasi, tez tibbiy yordam va moddiy resurslarni yetkazib berishda ham hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Shu bois

ularning zilzilabardoshligini ta‘minlash masalasi davlat miqyosidagi eng muhim strategik vazifalardan biridir.

Aynan shu dolzarb masalalarni hal etish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-son qarori “Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qabul qilingan. Ushbu qarorning 14-bandida “Avtomobil yo‘llaridagi uzluksiz temirbeton ko‘prik va yo‘l o‘tkazgichlarning zilzilabardoshligi bo‘yicha ilmiy-tadqiqotlar olib borish va dasturiy majmua yaratish” vazifasi belgilangan. Eng muhim jihati shundaki, 14-bandning 5-bandida “Seysmik faol zonalarda joylashgan transport inshootlarida seysmik xatarni kamaytirish va boshqarish uchun haqiqiy zilzila yozuvlaridan foydalangan

^a <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

^b <https://orcid.org/0009-0008-2010-1905>

^c <https://orcid.org/0009-0003-6572-4616>

^d <https://orcid.org/0009-0002-5835-2052>



holda ko'priklarning optimal parametrlarini tanlash va zilzilabardosh loyihalash" zarurligi aniq ko'rsatib o'tilgan.

Mazkur maqola aynan shu talabni bajarishga qaratilgan bo'lib, unda seysmik faol zonalarda joylashgan transport inshootlarida xatarni kamaytirish va boshqarishning ilmiy asoslari, xalqaro tajriba va O'zbekiston sharoitida qo'llanilishi mumkin bo'lgan yondashuvlar bayon qilinadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Seysmik xavf va xatar tushunchalari

Ilmiy adabiyotlarda "seysmik xavf" va "seysmik xatar" tushunchalari farqlanadi. Seysmik xavf – ma'lum hududda ma'lum vaqt ichida kuchli zilzila sodir bo'lish ehtimoli. Seysmik xatar esa – ushbu zilzila oqibatida odamlar, inshootlar va infratuzilmaga yetkazilishi mumkin bo'lgan zarar darajasidir.

Demak, xavf – tabiiy jarayonning o'zi, xatar esa – uning oqibati. Transport inshootlarini zilzilaga tayyorlashda asosiy vazifa xatarni kamaytirish, ya'ni zilzila sodir bo'lganda odamlar hayoti, iqtisodiy jarayonlar va transport tizimiga yetadigan zararlarni imkon qadar cheklashdir.

Seysmik xatarni kamaytirish va boshqarishning ikki darajasi

1. Inshoot darajasida – ko'priklarning konstruktiv parametrlarini shunday tanlash va loyihalash kerakki, ular kuchli zilzilalarda ham qulamasligi, odamlar hayotini saqlab qolishi va minimal ta'mir bilan qayta ishlatilishi mumkin bo'lsin.

2. Davlat darajasida – transport inshootlarini xavf darajasi bo'yicha tasniflash, ustuvor ko'priklarni mustahkamlash dasturlarini ishlab chiqish, seysmik monitoring tarmog'ini kengaytirish va favqulodda vaziyatlarda boshqaruv tizimini yo'lga qo'yish zarur.

Shunday qilib, xatarni kamaytirish nafaqat bitta ko'priklarni yoki yo'ltkazgichni mustahkamlashni, balki butun transport tizimining barqaror ishlashini ta'minlashni nazarda tutadi.

Haqiqiy zilzila yozuvlaridan foydalanishning zarurati

Ko'priklarni loyihalashda uzoq vaqt davomida faqat nazariy statik va spektral modellar qo'llanib kelingan. Ammo real zilzilalar ko'pincha bu modellar bilan to'liq mos kelmaydi. Chunki har bir zilzila o'zining noyob tezlanish amplitudasi, chastota diapazoni va davomiyligiga ega.

Masalan:

- 1966-yilgi Toshkent zilzilasi yozuvlari ko'priklarni tayanchlari uchun gorizontal tebranishlarning ustunligini ko'rsatgan.
- 1995-yilgi Kobe zilzilasi (Yaponiya) ko'plab ko'priklar gorizontal kuchlanishdan emas, balki tayanchlarning past elastikligi tufayli qulagan.
- 2008-yilgi Sichuan zilzilasi (Xitoy) esa vertikal komponentlarning ham inshootlarga katta zarar yetkazishini isbotlagan.

Shuning uchun bugungi kunda ilg'or davlatlarda transport inshootlarini loyihalashda haqiqiy zilzila yozuvlari asosida vaqt bo'yicha hisoblash majburiy tartibda qo'llanmoqda. Bu yondashuv ko'priklarning tabiiy tebranish shakllarini, rezonans chastotalarini va energiya yutilishini aniq baholash imkonini beradi.

O'zbekiston sharoitida ham aynan shunday yondashuvni joriy etish zarur. Respublika bo'yicha mavjud seysmografik stansiyalar tomonidan yig'ilayotgan ma'lumotlarni yagona bazaga to'plash va transport inshootlari uchun maxsus spektral yozuvlar to'plamini shakllantirish lozim.

Seysmik xatarni kamaytirishning ilmiy asoslari

Seysmik xatarni kamaytirish quyidagi uch asosiy yo'nalishda olib boriladi:

1. Xavfni aniqlash

- Hududiy seysmik xavf xaritalarini tuzish.
- Loyihaviy tezlanish (PGA) va tezlik (PGV) qiymatlarini aniqlash.

2. Inshoot javob reaksiyasi baholash

- Spektral tahlil orqali dastlabki kuchlanishlarni hisoblash.
- Haqiqiy yozuvlar asosida vaqt bo'yicha hisoblash.
- Shikastlanish ehtimoli egri chiziqlarini qurish orqali turli intensivlikdagi zilzilalarda ko'priklarning shikastlanish ehtimolini baholash.

3. Xatarni kamaytirish va boshqarish

- Konstruktiv parametrlarning eng maqbulini tanlash.
- Mavjud inshootlarni qayta mustahkamlash (armatura kuchaytirish, tolali polimer materiallar bilan o'rash).
- Davlat miqyosida seysmik monitoring va ustuvor ko'priklar dasturini amalga oshirish.

Metodologiya va hisoblash usullari

Transport inshootlarining zilzilabardoshligini ta'minlash uchun nafaqat konstruktiv tajriba, balki ilmiy asoslangan hisoblash metodlari ham zarur. Chunki zilzilalar tabiati murakkab va o'zgaruvchan bo'lib, ularning ta'sirini faqat nazariy modellar yordamida baholash yetarli emas. Shu sababli bugungi kunda dunyoda haqiqiy zilzila yozuvlari asosida hisoblash usullaridan foydalanish keng tarqalgan.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-son "Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"dagi qarori ham aynan shu yondashuv belgilab qo'yilgan. Qarorning 14-band, 5-kichik bandida seysmik faol zonalarda joylashgan transport inshootlarida seysmik xatarni kamaytirish uchun haqiqiy zilzila yozuvlaridan foydalangan holda ko'priklarning optimal parametrlarini tanlash zarurligi ta'kidlangan.

Demak, hisoblash metodologiyasini to'g'ri belgilash – xatarni kamaytirishning eng muhim sharti hisoblanadi.

Seysmik yozuvlar bilan ishlash metodikasi

1. Ma'lumotlarni yig'ish

- Zilzilalardan keyin seysmografik stansiyalar tomonidan qayd etilgan tezlanish yozuvlari (accelerogrammalar) yig'iladi.
- O'zbekiston hududidagi stansiyalar bilan bir qatorda, qo'shni mamlakatlar (Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston) tarmoqlaridagi yozuvlardan ham foydalanish mumkin.
- Har bir yozuv bo'yicha quyidagi ko'rsatkichlar aniqlanadi: zilzila magnitudasi, markazdan masofa, asos gruntining turi, yozuvning davomiyligi va eng yuqori tezlanish qiymati (PGA).

2. Yozuvlarni qayta ishlash

- Yozuvlarda mavjud shovqinlar maxsus filtrlar yordamida chiqarib tashlanadi.
- Yozuvlar loyihaviy tezlanish spektriga moslashtiriladi (skalalash).



- Bir inshootni hisoblash uchun kamida 7–10 ta yozuv tanlanadi va ular bo'yicha o'rtacha natija olinadi.

Hisoblash usullari

Spektral tahlil

Bu usulda zilzilaning umumlashtirilgan spektri olinadi va ko'prik elementlaridagi kuchlanishlar hisoblanadi. Spektral tahlil tezkor va oddiy usul hisoblanadi, lekin unda real zilzilaning barcha nozik jihatlari aks etmaydi.

Vaqt bo'yicha zilzila ta'sirini hisoblash

Haqiqiy yozuvlar asosida olib boriladigan bu usul eng ishonchli natijalarni beradi. Unda zilzila davomiyliги mobaynida ko'priknin siljishi, tezligi va tezlanishi hisoblab chiqiladi. Bu metod yordamida quyidagi masalalar aniqlanadi:

- Ko'priknin qaysi qismi eng katta zo'riqishga duch keladi;
- Qaysi chastotalarda rezonans holati yuzaga keladi;
- Energiya qanchalik yutiladi yoki uzatiladi;
- Qaysi konstruktiv yechim xavfni kamaytiradi.

Shikastlanish ehtimoli egri chiziqlari

Har bir ko'prik uchun turli intensivlikdagi zilzilalar qo'llanib, shikastlanish ehtimoli baholanadi. Masalan, 0,2g tezlanishda 10% shikastlanish ehtimoli bo'lsa, 0,4g tezlanishda 60% gacha oshishi mumkin. Shu orqali inshootning zaif joylari aniqlanadi va ularni mustahkamlash bo'yicha qarorlar qabul qilinadi.

Optimallashtirish usullari

Ko'priklarning eng maqbul parametrlarini aniqlash uchun quyidagi omillar tahlil qilinadi:

- **Oraliq uzunligi:** juda uzun bo'lsa, og'irlik ortadi; juda qisqa bo'lsa, rezonans xavfi kuchayadi. Eng samarali diapazon 25–40 metr oraliq'ida deb hisoblanadi.
- **Tayanch balandligi:** baland tayanchlar seysmik kuchlarni kuchaytiradi. Shu sababli 12 metrdan yuqori tayanchlarda seysmik izolyatsiya vositalarini qo'llash zarur.
- **Deformatsion choklar:** ular uchun yetarli rezerv berilmasa, oraliqlar bir-biriga urilib katta shikastlanish yuzaga keladi. Amaliyotda ± 250 –300 millimetr zaxira mos keladi.
- **Izolyatsiya vositalari:** laminatsiyalangan rezina podshipniklar yoki sferik sirpanma tayanchlar (FPS) energiyani so'ndirishda samarali hisoblanadi.
- **Material tanlovi:** yuqori mustahkam beton va qo'shimcha armatura xavfni kamaytirishda katta rol o'ynaydi.

Davlat darajasida boshqaruv metodlari

Seysmik xatarni faqat muhandislik choralar bilan emas, balki boshqaruv tizimi orqali ham kamaytirish mumkin. Bunda quyidagi bosqichlar muhim:

1. Transport inshootlarini xavf darajasi bo'yicha tasniflash (ustuvor, o'rta, ikkinchi darajali).
2. Ustuvor ko'priklar uchun majburiy seysmik monitoring tizimini o'rnatish.
3. Favqulodda vaziyatlarda zaxira yo'llar va ko'priklardan foydalanish rejalarini ishlab chiqish.

Amaliy misol

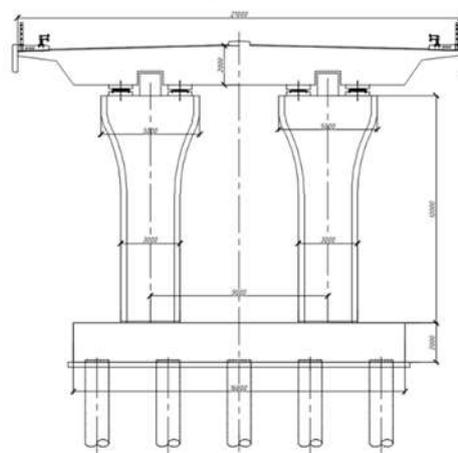
Masalani ishlash jarayonida Jizzax shahrida Islom Karimov ko'chasidan M39 Toshkent-Termiz avtomobil yo'ligacha bo'lgan yangi 4K-253a avtomobil yo'li bo'yab

o'tadigan uzluksiz temirbeton yo'lo'tkazgichni ko'rib chiqamiz (1-rasm).

Jizzax shahrida joylashgan uzunligi 120 m va kengligi 21 m bo'lgan uch oraliqli temirbeton monolit yo'lo'tkazgichni ko'rib chiqamiz, oraliq qurilma yo'lo'tkazgich bo'yab o'zgaruvchan qalinlikka ega, individual loyihalashning 35+50+35m uzluksiz monolit temirbeton hisoblash sxemasi bilan bajarilgan. Fasad bo'yab oraliq qurilma o'zgaruvchan balandlikdagi plita bilan bajarilgan - oraliqda 1,35 m va oraliq tayanch ustida 2,0 m. Yo'lo'tkazgichning konstruktiv elementlari (oraliq qurilma va taranglikdan keyingi armatura Trosslari) cho'zilish-siqilish, ikki yo'nalish bo'yicha siljish deformatsiyasini hisobga olgan holda egilish (Timoshenko balkasi) va buralishga ishlaydigan yakuniy element ko'rinishida modellashtiriladi. Timoshenko balkasining chekli elementi matritsalarini [19] da keltirilgan. Oraliq tayanchlar ikki ustunli bo'lib, o'lchamlari: balandligi 12 m, fasad bo'yab kengligi 2 m, yon tomon yo'nalishi bo'yicha balandligi 3 m dan 5 m gacha o'zgaruvchan o'lchamga ega. Monolit yo'lo'tkazgichning sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Oraliq tayanchning umumiy ko'rinishi 2-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Monolit yo'lo'tkazgich sxemasi



2-rasm. Oraliq tayanchning umumiy ko'rinishi

Yo'lo'tkazgichning konstruktiv elementlari ikki yo'nalishda kesish deformatsiyasini (Timoshenko balkasi) va buralishni hisobga olgan holda egilib, kuchlanish-siqilish ostida ishlaydigan chekli element sifatida modellashtirilgan. Grunt Vinkler modeli yordamida inersiyasiz viskoelastik modellashtirilgan. 1980 yilda Seysmologiya instituti tomonidan tuzilgan seysmik mikrorayonlashtirish xaritasiga ko'ra Jizzax shahri hududining seysmikligi 7 va 8 ballga baholangan. Rejalashtirilgan qurilish uchastkasi 8 ball zonasida joylashgan.

KMK 2.01.03-19 ning 1.1-jadvaliga muvofiq, seysmik xususiyatlar bo'yicha Grunt toifasi III (uchinchi) - g'ovaklik koeffitsienti $e < 0,8$ bo'lgan qumli Gruntli oraliq qatlamlari bo'lgan lyoessga o'xshash qumloqlar). Shuni inobatga olgan holda, qurilishi rejalashtirilgan maydonning seysmikligini 8 ball sifatida qabul qilish tavsiya etiladi.

Seysmik ta'sir tayanchlar orqali tayanch asoslari teng siljishi ko'rinishida to'rt nuqtada konstruksiyaga uzatiladi.



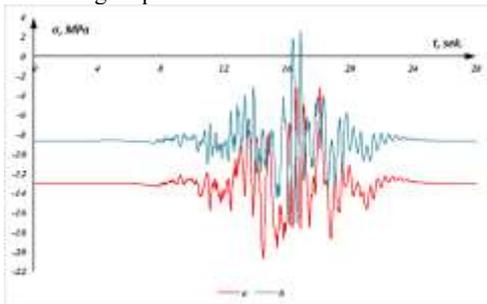
LRB - SN seriyasining rezina-metall tayanch qismlari yordamida tayanchlarga ulanadi.

17.05.1976 y. Gazli (O'zbekiston) zilzilasi real seismogrammalari yozuvlari bo'yicha monolit ko'priknin dinamik yukdan hisoblash natijalari keltirilgan, MSK-64 shkalasi bo'yicha 9 balldan yuqori, maksimal tezlanish, tezlik va ko'priknin bo'ylama o'qi yo'nalishida siljish, seysmik to'lqinning tarqalishi: 7.22 m/s²; 0,62 m/s; 0,18 m. Vertikal tezlanish 14 m/s². Zilzila yozuvlari Yevropa kuchli zilzilalar ma'lumotlar bazasidan olingan.

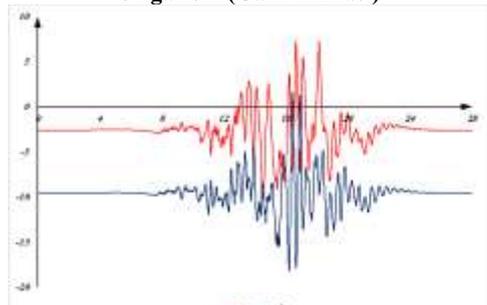
Monolit yo'lo'tkazgich oraliq qurilmasining armatura trosslari tarangligining statik va dinamik kuchlanish holatiga ta'siri uchta variantda o'rganildi:

1. taranglikdan keyingi holatdagi armatura trossi;
2. kengayish koeffitsiyenti 2 marta kichik bo'lgan taranglikdan keyingi holatdagi armatura trossi;
3. zo'riqmagan holatdagi armatura trossi;

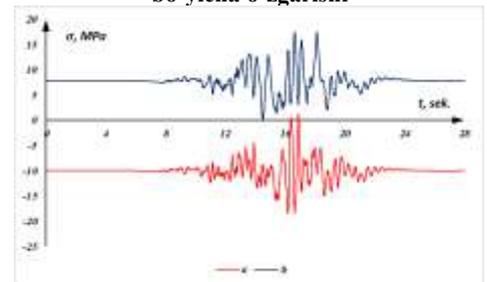
3-5 - rasmlarda yo'lo'tkazgichning o'rtasida (Gazli zilzilasi) yuqori (a) va pastki (b) qismlarida normal kuchlanishning vaqt bo'yicha kuchlanishning vaqt.



3-rasm. Taranglikning birinchi variantida yo'lo'tkazgich o'rtasidagi yuqori (a) va pastki (b) qismlarda normal kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi (Gazli zilzilasi)



4-rasm. Taranglikning ikkinchi variantida yo'lo'tkazgichning o'rtasida (Gazli zilzilasi) yuqori (a) va pastki (b) qismlarida normal kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi



5-rasm. Uchinchi variantda tarangliksiz yo'lo'tkazgichning o'rtasida yuqori (a) va pastki (b) qismlarida normal kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi (Gazli zilzilasi)

1-jadvalda Gazli zilzilasi paytida uzluksiz monolit yo'lo'tkazgich oraliq qurilmasi elementlarining yuqori va pastki qismlarida normal kuchlanishning o'zgarishini hisoblash natijalari keltirilgan.

1-jadval

Yo'lo'tkazgich o'rtasidagi yuqori (a) va pastki (b) qismlardagi kuchlanishlarning maksimal qiymatlari

№	Kombinatsiya	Trossning kengayish koeffitsiyenti	Yuqori qismidagi maksimal kuchlanish, MPa	Pastki qismidagi maksimal kuchlanish, MPa	SHNQ 2.05.03-22 bo'yicha ruxsat etilgan maksimal kuchlanish, MPa
1	Zo'riqishdan keyingi holatdagi armatura trossi	-0,00504	-3,3036	2,2516	-50,4 / 3,22
2	Kengayish koeffitsiyenti 2 marta kichik bo'lgan taranglikdan keyingi holatdagi armatura trossi	-0,00252	1,2498	6,8166	-50,4 / 3,22
3	Zo'riqmagan holatdagi armatura trossi	0	0,6797	17,372	-50,4 / 3,22

Gazli zilzilasi 9 balldan yuqori bo'lgan mavjud yozuvlari asosida uzluksiz monolit yo'lo'tkazgichning seysmik ta'siriga hisoblash natijalari SHNQ 2.05.03-22 ga muvofiq beton sinflari uchun ruxsat etilgan kuchlanish qiymatlari bilan taqqoslandi. B50 markali betondan tayyorlangan oraliq qurilma uchun cho'zilishdagi ruxsat etilgan kuchlanishlar 3,22 MPa.

Trossni oldindan zo'riqtirilmagan (zo'riqtirilmagan holatdagi tross) va zo'riqtirilgandan keyingi holatdagi tross bilan yo'lo'tkazgichni hisoblash natijalari kengayish koeffitsiyenti 2 baravar kam, hisoblangan qiymatlar cho'zilishdagi kuchlanishlarning me'yoriy hujjatlar bo'yicha ruxsat etilgan qiymatlaridan mos ravishda 5,4 va 2,11 baravar yuqori ekanligi aniqlandi. Bu shuni ko'rsatadiki, bunday hollarda oraliq qurilma MSK-64 bo'yicha 9 balldan yuqori bo'lgan zilzila ta'sirida buzilishi mumkin.

Trossning tarangligini hisobga olgan holda qiymatlar taqqoslanganda (armatura trossi taranglikdan keyingi holatda), kuchlanishlarning hisoblangan qiymatlari me'yoriy qiymatlarga mos keladi. Hisoblash natijalariga ko'ra, zilzila paytida oraliq qurilmaning yuqori qismidagi maksimal siqilish kuchlanishi **-3,3036 MPa**ga, pastki qismidagi maksimal cho'zilish kuchlanishi esa **2,2516 MPa** ga teng. Trossning keyingi tarangligi oraliq qurilmada yoriqlar paydo bo'lishining oldini oladi. Trossning keyingi tarangligini hisobga olgan holda uzluksiz monolit yo'lo'tkazgichning zilzilabardoshligini sonli hisoblash natijasida yo'lo'tkazgich intensivligi 9 balldan yuqori bo'lgan zilzilalarda ekspluatatsion xususiyatlarini saqlab qolishi aniqlandi.

4. Xulosa

O'tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

1. Timoshenko balkasi modelidan foydalanib, armatura Trossining keyingi tarangligini hisobga olgan holda uzluksiz monolit temirbeton yo'lo'tkazgichning uch o'lchamli chekli - element modeli qurildi. Zilzila akselerogrammalari berilgan dinamik masalani yechish uchun Nyumark usuli qo'llaniladi.

2. Uzluksiz oraliq qurilmali yo'lo'tkazgichlarda trosslarning tarangligi muhim rol o'ynaydi. Ko'rib chiqilgan yo'lo'tkazgich uchun po'lat trossning ishlatilgan taranglik



darajasi 9 balldan ortiq zilzilaga bardosh berish imkonini beradi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-son qarori “Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” transport inshootlarida seysmik xatarni kamaytirish masalasini davlat siyosati darajasiga olib chiqdi. Qarorda belgilanganidek, haqiqiy zilzila yozuvlariga asoslangan ilmiy yondashuvlar O‘zbekiston uchun dolzarb va zarurdir.

Transport inshootlarining barqarorligi – bu faqat muhandislik masalasi emas, balki milliy xavfsizlikning muhim tarkibiy qismi. Shunday ekan, seysmik xavf va xatarlarni chuqur o‘rganish, ularni boshqarish va kamaytirish yo‘lida ilmiy tadqiqotlar bilan bir qatorda amaliy choralarni ham keng tatbiq etish talab etiladi.

Seysmik faol zonalarda joylashgan transport inshootlarida seysmik xatarni kamaytirish uchun eng avvalo haqiqiy zilzila yozuvlaridan foydalanish zarur. Chunki aynan ular orqali inshootning haqiqiy sharoitdagi javobi aniqlanadi.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-son qarorining 14.5-bandida belgilangan vazifalarni bajarish uchun spektral tahlil, vaqt bo‘yicha hisoblash va shikastlanish ehtimoli egri chiziqlari asosida optimallashtirilgan loyihalash metodlarini keng joriy etish lozim.

Shuningdek, davlat miqyosida transport inshootlarini tasniflash, ustuvor ko‘priklarni mustahkamlash va monitoring tizimlarini kengaytirish seysmik xavfni samarali boshqarishning muhim shartidir.

Seysmik faol zonalarda transport inshootlari – bu shunchaki muhandislik inshootlari emas. Ular xalq hayoti, davlat xavfsizligi va iqtisodiy taraqqiyotning poydevoridir. Zilzila kuchini nazorat qila olmaymiz, ammo uning oqibatlarini ilmiy tafakkur, to‘g‘ri qaror va zamonaviy texnologiyalar yordamida kamaytira olamiz.

PQ-161-son qaror biz uchun yo‘l xaritasi bo‘lib, unda haqiqiy zilzila yozuvlariga asoslanib ko‘priklarning optimal parametrlarini tanlash kelajak avlodlarga xavfsiz va barqaror transport tizimini qoldirish deb belgilangan.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Jancy A., Stolarski A., Zychowicz J. Experimental and Numerical Research of Post-Tensioned Concrete Beams. *Materials*, 2023. T. 16. №. 11. p. 4141.
- [2] Baalbaki O. et al. Numerical shear of post-tensioned beams with inverted-U shaped reinforcements. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. T. 110. №. 2. p. 11006.
- [3] Dinh P. T. Numerical modeling techniques and investigation into the flexural behavior of two way posttensioned concrete slabs with profiled steel sheeting. *Structural Concrete*. 2023. T. 24. №. 2. pp. 2674-2698.
- [4] Menga A. Corrosion induced damages and failures of posttensioned bridges: A literature review. *Structural Concrete*. 2023. T. 24. №. 1. pp. 84-99.
- [5] Zaki R. I. K., Risan H. K. Systematic Review for Behavior of Post-Tensioned Concrete Members with Different Tendon Bonding Conditions. *Computational*

Engineering and Physical Modeling. 2022. T. 5. №. 1. pp. 36-49.

[6] Mohammed A. H., Taysi N. Modelling of bonded and unbonded post-tensioned concrete flat slabs under flexural and thermal loading. *Structural Engineering and Mechanics*. 2017. T. 62. №. 5. pp. 595-606.

[7] Piras S., Palermo A., Saiid Saiidi M. State-of-the-art of posttensioned rocking bridge substructure systems. *Journal of Bridge Engineering*. 2022. T. 27. №. 3. pp. 03122001.

[8] Dangol I., Pantelides C. P. Resilient posttensioned bridge bent with buckling restrained brace. *Journal of Bridge Engineering*. 2022. T. 27. №. 2. p. 04021107.

[9] Dangol I., Pantelides C. P. Seismic analysis of posttensioned and hybrid bridge bents with buckling restrained braces. *Journal of Bridge Engineering*. 2023. T. 28. №. 2. p. 04022146.

[10] Huang Y., Kang T. H. K. Modeling of sliding behavior of unbonded tendons in post-tensioned concrete members. *ACI Structural Journal*. 2018. T. 115. №. 4. p. 1153.

[11] Cheng X., Zhang W., Liu B. Vertical seismic response of a box bridge strengthened with posttensioned, prestressed CFRP sheets. *Australian Journal of Structural Engineering*. 2019. T. 20. №. 2. pp. 75-88.

[12] Shermukhamedov U., Mirzaev I., Karimova A. and Askarova D. Calculation of the stress-strain state of monolithic bridges on the action of real seismic impacts. *E3S Web of Conferences*. 2023. V. 401, p.05080. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105080>

[13] Uzdin A., Prokopovich S. Some principles of generating seismic input for calculating structures. *E3S Web of Conferences*. 2019. V. 157, p. 06021 (2020).

[14] Smirnova L., Uzdin A., Polorotova N., Freze M. Important feature of calculating bridges under seismic action. *E3S Web of Conferences*. 2020. V. 157. p. 06020

[15] Mirzaev I., Yuvmitov A., Turdiev M., Shomurodov J. Influence of the Vertical Earthquake Component on the Shear Vibration of Buildings on Sliding Foundations. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 264, p. 02022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402022>.

[16] Kosimov E., Mirzaev I., Bekmirzaev D. Comparison of the impacts of harmonic and seismic waves on an underground pipeline during the Gazli earthquake. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1030. p. 012082 doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012082.

[17] Shermukhamedov U.Z, Karimova A.B., Zakirov B.S. Calculation of continuous reinforced concrete bridges and overpasses inseismically . *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 401. p. 01078

[18] Ambraseys, N.N., Smit, P., Douglas, J., Margaris, B., Sigbjörnsson, R., Ólafsson, S., Suhadolc, P., Costa, G. Internet site for European strong-motion data. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*. 2004. Vol. 45(3).

[19] Mardonov B., Mirzaev I., Nishonov N., An E., Kosimov E. Study of the uplift of buried pipelines in liquefied soils based on the earthquake record. *E3S Web of Conference*. 2024. Vol. 515. p. 04009

[20] KMK 2.01.03-19. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah (Construction in seismic areas). Tashkent, 2019. 111 p.

[21] ShNK 2.05.03-22. Mosty i trubyy (Bridges and pipes). Tashkent, 2023.398 p.



**Mualliflar to‘g‘risida ma‘lumot/
Information about the authors**

Shermuxamedov
Ulug‘bek
Zabixullayevich
/ Ulugbek
Shermukhamedov

Toshkent davlat transport universiteti
“Ko‘priklar va tonnellar” kafedrasida
professori, t.f.d., (DSc), professor
E-mail: ulugbekjuve@mail.ru
Tel.: +998903161181
<https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

Karimova
Anora
Baxtiyarovna /
Anora
Karimova

Toshkent davlat transport universiteti
“Ko‘priklar va tonnellar” kafedrasida
dotsenti v.b., (PhD), dotsent v.b.
E-mail:
anorakarimovabaxtiyorovna@gmail.com
[m](https://orcid.org/0000-0003-1718-5331)

Tel.: +998909904443
<https://orcid.org/0000-0003-4568-4728>

Abdullayev
Abduraxim
Rovshan o‘g‘li /
Abdurakhim
Abdullaev

Toshkent davlat transport universiteti
“Ko‘priklar va tonnellar” kafedrasida
assistenti, assistent.
E-mail: abdurahim4095@gmail.com
Tel.: +998909446530
<https://orcid.org/0000-0002-8338-2053>

Tayirov
Shopulat
Shomansur
o‘g‘li / Shopulat
Tayirov

“Project consulting technologies
systems” MChJ, muhandis-loyihachi.
E-mail: shoputayirov255@gmail.com
Tel.: +998974474241
<https://orcid.org/0009-0008-1643-9292>



Analysis of methods for calculating long-span multi-span structures for seismic stresses

U.Z. Shermukhamedov¹^a, D.I. Gulomov¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The consideration of structural length when calculating seismic force effects is one of the pressing issues that interests today's engineers. Numerous studies conducted on bridges demonstrate that their supports oscillate asynchronously under seismic forces, indicating the need for a new approach in assessing earthquake forces. The asynchronous oscillations of supports lead to both changes in inertial seismic loads and the formation of quasistatic forces associated with the relative displacement of supports. This presents a critical problem for statically indeterminate structures, which are highly sensitive to support displacements. Based on the experience of past earthquakes, the building codes of most countries, including Russia, prohibit the construction of hingeless arched domes on rocky soils in seismically hazardous areas. Although the seismic loads on these domes are not significant, they are often prone to damage as a result of seismic impact. Thus, the analysis of damage in multi-span bridge structures indicates the need for specific development of calculation methods that take into account various types of support vibrations. This article analyzes research conducted specifically on this topic.

Keywords:

asynchronous oscillation, acceleration field, quasi-static displacements, calculated seismic forces, degree of correlation, coherence coefficient

Uzunligi katta bo'lgan ko'p oraliqli konstruksiyalarni seysmik kuchlanishlarga hisoblash uslublarining tahlili

Shermuxamedov U.Z.¹^a, Gulomov D.I.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya:

Inshootlarni seysmik kuchlar ta'siriga hisoblashda ularning uzunligini hisobga olish masalasi bugungi kun muhandislarini qiziqtirgan dolzarb masalalardan biridir. Ko'priklarda o'tkazilgan ko'plab tadqiqotlar ularning tayanchlari seysmik kuchlar ta'sirida nosinxron tebranishini, zilzila kuchini baholashda yangi yondashuv zarurligini ko'rsatadi. Tayanchlar tebranishlarining nosinxronligi ham inersion seysmik yuklanishlarning o'zgarishiga, ham tayanchlarni bir-biriga nisbatan siljishi bilan bog'liq kvazistatik kuchlarning hosil bo'lishiga olib keladi va bu tayanchlarning siljishiga o'ta sezgir bo'lgan statik noaniq konstruksiyalar uchun dolzarb muammo hisoblanadi. Bo'lib o'tgan zilzilalar tajribasiga asoslangan holda, aksariyat davlatlar, shu jumladan Rossiya me'yorlarida, masalan, seysmik jihatdan xavfli hududlarning qoyatoshli gruntlarida sharnirsiz ravoqli gumbazlarni qurish ta'qiqlanadi. Bu gumbazlarga tushadigan seysmik yuklanishlar katta bo'lmasa ham, ko'pincha ularning seysmik ta'sir natijasida shikastlanishi bilan bog'liq. Shunday qilib, ko'p oraliqli ko'priklarda inshootlardagi shikastlarning tahlili ularni hisoblash usullarini tayanchlarning turli xildagi tebranishlarini hisobga olgan holda o'ziga xos rivojlantirish kerakligini ko'rsatadi. Ushbu maqolada aynan shu mavzuda bajarilgan tadqiqotlar tahlil qilingan.

Kalit so'zlar:

nosinxron tebranish, tezlanishlar maydoni, kvazistatik siljishlar, hisobiy seysmik kuchlar, korrelyatsiya darajasi, kogerentlik koeffitsiyenti

1. Kirish

Inshootlar uzunligini hisobga olish bo'yicha dastlabki jiddiy tadqiqot ishlari zilzilabardoshlik nazariyasi sohasida yetakchi mutaxassislardan M.F. Barshteyn va I.L. Korchinskiylar [1, 2] tomonidan bajarilgan, o'tgan asrning 70-yillarida A.B. Grossman [3], E.F. Pak [4], A.A. Petrov [5], A.Ter-Kyuregyan [6-8], Dj.L. Bogdanov, Dj.I. Goldberg va A.Dj. Shiff [9], X.L. Vong [10] va boshqa mutaxassislar davom ettirishgan.

Massiv inshootlar uchun nosinxronlik effekti eng katta tezlanish o'rniga inshoot tagidagi tezlanishning o'rta qiyamatini hisobga olish zarurati yuzaga kelishi orqali namoyon bo'ladi. Bu holat 1-rasmda ifodalangan. Shuningdek, bunday inshootlarda buroqchi va aylantiruvchi tebranishlarning yuzaga kelishi bilan bog'liq qo'shimcha effektini ham e'tiborga olish zarur.

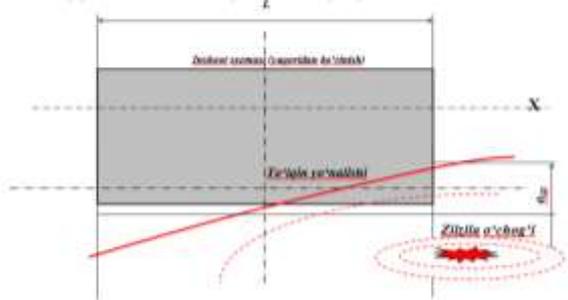
A.B. Grossman [3] va I.L. Korchinskiylarning ishlarida [11] massiv inshootdagi tezlanishlar maydoni va qo'shimcha moment yuklanishlarning o'rta qiyamati baholangan. Hozirgi vaqtda bu turga mansub baholashlarni yanada

^a <https://orcid.org/0000-0003-1718-5331>

^b <https://orcid.org/0000-0002-0894-8766>

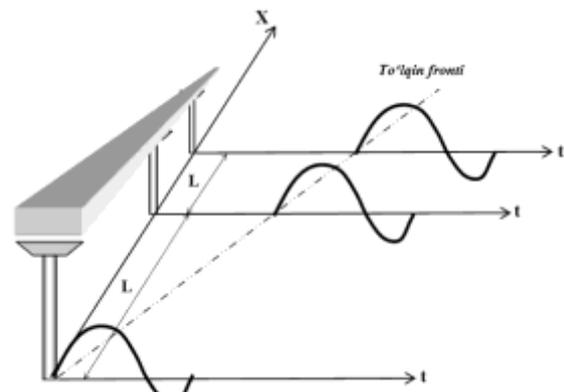


aniqlashtirish masalasiga katta e'tibor qaratilmoqda. Masalan, [12] ishda Tadotsu-Cho (Yaponiya) nomli dengiz atrofi zonasida 90×45 m o'lchamli temirbeton plitasida amalga oshirilgan tajriba bayon etilgan. Bu eksperiment natijasida poydevor tagidagi eng katta va o'rtacha tezlanishlar orasidagi farq 20 % ni tashkil etishi aniqlandi. Ushbu masalaga oid mukammal nazariy ishlanmalar Y.P. Nazarov va YE.V. Poznyaklarning ishlarida [13] keltirilgan.



1-rasm. Inshoot uzunligi bo'yicha tezlanishlar maydoni notekislik effektining namoyon bo'lish sxemasi

O'tgan asrning 70-yillaridan boshlab Sobiq Ittifoq va MDH olimlari (Gruziyada K.S. Zavriyev, O'zbekistonda V.T. Rasskazovskiy, Armanistonda E.Y. Xachiyannarning ilmiy maktablari, V.A.Kucherenko nomidagi SNIISK, A.P. Sinitsin, A.A. Petrov, V.T. Rasskazovskiy, A. Ter-Kyurigyan, V.M. Fomin, A.M.Uzdin va L.N. Gimannlarning, chet el olimlari M.F. Barshteyn, E.F. Pak va boshqa ko'plab atoqli olimlarning amalga oshirgan ishlari natijasida zilzilabardoshlik nazariyasida to'liq yo'nalishi rivojlantirilmoqda. Xususan, Tehron universiteti olimlari G.R. Nouri, M. Shahrouzi va E. Farhadi tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida [14] uzun inshootlar tayanchlari ostidagi gruntlarning differensial to'liqlar natijasida nosinxron ko'chishi ko'prik tayanchlaridagi bo'ylama kuch, ko'ndalang kuch va eguvchi moment qiymatlarining mos ravishda 1,87; 1,8 va 1,97 marta ortishiga; bundan tashqari, qurilish maydonchasidagi grunt qatlamining turli jinsli ekanligi ko'prik tayanchlaridagi bo'ylama kuch miqdorining 55 % ga ortishiga sabab bo'lishi aniqlangan. [15-16] ishlarda ko'p tayanchli sanoat va transport inshootlarining tebranishlari ko'rib chiqilgan. Jumladan, [17] ishda bir qavatli ko'p tayanchli sanoat binosining tebranish tenglamalari ishlab chiqilgan, [15] ishda esa quvuro'tkazgichdagi seysmik tebranishlar, [16] ishda esa uzun quvuro'tkazgichning seysmik tebranishlari ko'rib chiqilgan. Bu ishlarda tebranishlar so'nishi bitta o'rtacha qiymat ko'rinishida ichki ishqalanish koeffitsiyentidan foydalangan holda taqriban hisobga olingan yoki umuman hisobga olinmagan, ta'sir esa yuguruvchi muzlagan to'liq ko'rinishida modellashtiriladi (2-rasm).



2-rasm. Ko'prik tayanchiga yuguruvchi muzlagan to'liqlarning ta'siri

2. Tadqiqot metodologiyasi

Yuqorida qayd etib o'tilgan tadqiqotlar natijasida hozirgi vaqtda e'tiborga olinishi muhim bo'lgan ikkita katta ahamiyatga ega qonuniyat aniqlandi. A.N.Birbrayerning monografiyasida [18] aniq va ravshan ta'riflab berilgan bu qonuniyatlarining mohiyati quyidagilardan iborat:

– *tayanchlar tebranishlari nosinxronligining hisobga olinishi hisobiy seysmik kuchlarning kamayishiga olib keladi;*

– *statik noaniq konstruksiyalarda tayanchlarning bir-biriga nisbatan kvazistatik siljishlari bilan bog'liq qo'shimcha kuchlar vujudga keladi.*

Hozirgi vaqtda aksariyat mutaxassislar tomonidan zilzilalar akselerogrammalari bo'yicha bajariladigan hisoblashlar aniqroq deb qabul qilinadi va aksariyat tadqiqot ishlarida shu usuldan foydalanishni ma'qul ko'riladi. Jumladan, Italiyalik olim G. Tecchio tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida [19] ko'p oraliqli temirbeton ko'priklarni zilzila ta'siriga hisoblashda seysmik kuchlar ta'sirini baholash uchun kuchning spektral zichlik funksiyasi (PSD) va kogerentlik funksiyasi (CF) ni hisobga olgan holda akselerogrammalarda chastota tarkibining o'zgarishi tasvirlangan. Ammo ko'p tayanchli konstruksiyalarni zilzilalarning akselerogrammalari orqali hisoblashni oqilona usul deb hisoblab bo'lmaydi. Ko'p tayanchli konstruksiyalarni zilzilalar akselerogrammalari bo'yicha hisoblash masalasi ko'plab yetakchi olimlar V.V. Bolotin, I.I. Goldenblat, T.J. Junusov, I.L. Korchinskiy, A.M. Uzdin [20] va boshqa olimlar tomonidan muhokama qilingan. Ko'p tayanchli konstruksiyalarga tegishli ravishda zilzilalarning akselerogrammalari bo'yicha hisoblash ishlariga yondashuv A.Ter-Kyurigyaning fundamental ishida [8] tahlil qilib chiqilgan edi.

[8] ishda seysmik ta'sirga bajarilgan hisoblashda ixtiyoriy omil z kvazistik va dinamik tashkil etuvchilar ko'rinishida keltirilgan:

$$z(t) = \sum_{k=1}^N a_k u_k(t) + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{n_f} b_{jk} \xi_{jk}(t) \quad (1.1)$$

bunda $u_k(t)$ – k -tayanch siljishi;

$\xi_{jk}(t)$ – k -tayanchning j -bosh koordinata qiymati;

a_k va b_{jk} – ta'sir koeffitsiyentlari;

N – inshoot tayanchlari soni;



nf – tebranishlarning hisobga olingan shakllari soni.

(1.1) formuladagi birinchi qo‘shiluvchi z qiymatining kvazistatik, ikkinchisi esa dinamik tashkil etuvchisini ifodalaydi.

Tayanchlarning siljishi u_k va bosh koordinatalari ξ_{jk} ga tasodifiy statsionar jarayon deb qaragan holda, A.Ter-Kyurigyan $z(t)$ tasodifiy jarayonning spektral zichligi G_{zz} va uning o‘rtakvadratlik og‘ishi σ_z ni quyidagi ko‘rinishda ifodaladi:

$$G_{zz}(\omega) = \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^N a_k \cdot a_s \cdot G_{u_k u_s}(\omega) + 2 \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^{nf} a_k \cdot b_{sj} \cdot H_j(-i\omega) \cdot G_{u_k u_s}(\omega) + \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^{nf} \sum_{j=1}^{nf} b_{ks} \cdot b_{sj} \cdot H_j(i\omega) \cdot H_j(-i\omega) \cdot G_{u_k u_s}(\omega) \quad (1.2)$$

$$\sigma_z^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^N a_k \cdot a_s \cdot \rho_{u_k u_s} \cdot \sigma_{u_k} \cdot \sigma_{u_s} + 2 \sum_{k=1}^N \sum_{s=1}^{nf} a_k \cdot b_{sj} \cdot \rho_{u_k \xi_{sj}} \cdot \sigma_{u_k} \cdot \sigma_{\xi_{sj}} \quad (1.3)$$

Ushbu formulalarda G_{xu} orqali x va u jarayonlarning o‘zaro spektral zichligi, N orqali esa tebranishlarning j-shakli uchun kompleksli uzatish funksiyasi ifodalanadi:

$$H(i\omega) = \frac{i}{\omega_j^2 - \omega^2 + 2i\zeta_j \omega_j \omega} \quad (1.4)$$

bunda ω_j , ζ_j – tegishli, tebranishlarning j-shakli bo‘yicha chastotasi va so‘nishi.

$\rho_{u_k u_s}$, $\rho_{u_k \xi_{sj}}$, $\rho_{\xi_{ks} \xi_{sj}}$ bilan korrelyatsiya koeffitsiyentlari belgilangan, ular spektral zichliklar orqali quyidagi integrallar yordamida ifodalanadi:

$$\rho_{u_k u_s} = \frac{1}{\sigma_{u_k} \sigma_{u_s}} \int_{-\infty}^{\infty} G_{u_k u_s}(i\omega) d\omega \quad (1.5)$$

$$\rho_{u_k \xi_{sj}} = \frac{1}{\sigma_{u_k} \sigma_{\xi_{sj}}} \int_{-\infty}^{\infty} H_j(-i\omega) \cdot G_{u_k u_s}(i\omega) d\omega \quad (1.6)$$

$$\rho_{\xi_{ks} \xi_{sj}} = \frac{1}{\sigma_{\xi_{ks}} \sigma_{\xi_{sj}}} \int_{-\infty}^{\infty} H_k(i\omega) \cdot H_j(-i\omega) \cdot G_{u_k u_s}(i\omega) d\omega \quad (1.7)$$

k va s nuqtalarda ta‘sir korrelyatsiyasi darajasini tavsiflash uchun adabiyotlarda [8, 21] kogerentlik koeffitsiyenti yoki quyidagi ifoda orqali topiladigan kogerentlikning normallashtirilgan funksiyasi $\gamma(i\omega)$ tushunchasi kiritiladi:

$$\gamma(i\omega) = \frac{G_{u_k u_s}(i\omega)}{\sqrt{G_{u_k u_k}(i\omega) \cdot G_{u_s u_s}(i\omega)}} \quad (1.8)$$

Inshootlar zilzilabardoshligini hisoblashga bag‘ishlangan tasodifiy funksiyalar nazariyasining ilovasi [47, 78] ishlarda yanada rivojlantirilgan. Bu ishlarda tenglamani ko‘rib chiqilayotgan tasodifiy funksiyalarning o‘rtacha qiymatida emas, balki eng katta qiymatlarida taqriban qo‘llash imkoniyati asoslab berilgan. Bu esa CHSU doirasida yuklanishlarni jamlash uchun, (1.5)-(1.7) integrallardan foydalanib hisoblangan korrelyatsiya koeffitsiyentlarini qo‘llashga imkon yaratadi.

Ko‘rsatib o‘tilgan yondashuv doirasida A.A. Petrov [22] yuguruvchi muzlagan to‘lqin va ayrim tayanchlarning nokogerent qo‘zg‘alishi kabi ikki turdagi tasodifiy ta‘sir ostida ko‘p tayanchli konstruksiya tebranishlarini ko‘rib chiqqan. Bunda u differensial harakat tenglamalarini boshlang‘ich tizimi dempferlanmagan tizim tebranishlari shakliga ko‘ra taqsimlash (mutanosib dempferlash) mumkin deb hisoblagan. Tebranishlar shakliga ko‘ra noelastik qarshilik koeffitsiyentlari berilgan, deb hisoblangan edi.

3. Natija va muhokamalar

Endi, Seysmik yuklanishning turli xil spektral zichliklarida tebranish shakllarining korrelyatsiyasi masalasiga oid prof. V.A. Pshenichkina [23] tomonidan bajarilgan bundan keyingi tadqiqotlarda spektral zichlik yarim ekstremalligining hisobga olinishi 40 Gs dan ortiq chastotalarda, ya‘ni aslida tovush tebranishlarida o‘zini ko‘rsata boshlashi aniqlandi. Bu zilzilabardoshlik nazariyasida qiymatni topish uchun A.A. Petrovning formulalaridan foydalanishga imkon beradi. Ammo yer yuzi nuqtalari tebranishlarining korrelyatsiyasini hisobga olish masalasi bundan ham murakkab.

Yer yuzi nuqtalari korrelyatsiyasiga bag‘ishlangan masalaning eng mukammal tahlili [8] ishlarda keltiriladi. A. Ter-Kyurigyan ko‘p tayanchli konstruksiya tayanchlari ostidagi qo‘zg‘alishlar sinxronligi va kogerentligining buzilishini keltirib chiqaruvchi to‘rtta effektini ko‘rsatib o‘tadi.

Birinchi effekt seysmik to‘lqinlar gruntta tarqalishining eng oxirgi tezligi bilan bog‘liq (wave-passage effect). Ayni effekt yuguruvchi muzlagan to‘lqin modeli yordamida tavsiflanib, ayrim tayanchlarning nosinxron tebranishlarini keltirib chiqaradi.

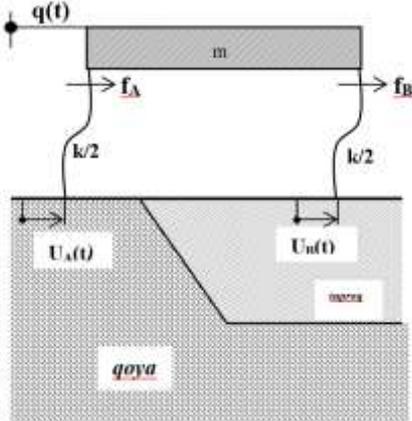
Ikkinchi effekt bir jinsli bo‘lmagan grunt muhitida seysmik to‘lqinlarning tarqalishi va diffraksiyasi (incoherence effect) bilan bog‘liq bo‘ladi, bu esa yer yuzi nuqtalari tebranishlarining kogerentligi buzilishiga olib keladi. Bu effektning oqibatida boshlang‘ich seysmik qo‘zg‘alishga asosning serqatlamligi, gruntta yoriqlar, linzalar va boshqa kiritmalarning bo‘lishi bilan bog‘liq yuqori chastotali tebranishlarning keng spektri qo‘shiladi. Mazkur effekt eng muhim effektlardan biri bo‘lib, ayrim ma‘lumotlarga asosan bir-biridan 70 m dan ortiq masofada joylashgan nuqtalarning tebranishlarini nokogerent deb hisoblash bo‘ladi.

Uchinchi effekt zilzila episentridan uzoqlashgan sari seysmik to‘lqinlarning so‘nib borishi (attenuation effect) bilan bog‘liq. Agar yuqori chastotali tebranishlar uzun davrli tebranishlarga nisbatan tezroq so‘nib ketishi hisobga olinsa, zilzila manbasidan uzoqlashgan sari mazkur effekt ta‘sirning spektral tarkibini o‘zgartiradi. [6] da qayd etilganidek, bu effektini eng kam ta‘sir etuvchi effekt deb hisoblash bo‘ladi, chunki u yer yuzi nuqtalari orasidagi masofa taxminan 1000 m va undan ortiq bo‘lgan hollardagina namoyon bo‘ladi.

To‘rtinchi effekt bevosita har bir tayanchning turgan joyida grunt sharoitlari va profilning o‘zgarishi bilan bog‘liq bo‘lib, “qurilish maydonchasi effekti” (site-response effect) deb nomlanadi. Bundan tashqari, mazkur effekt boshlang‘ich seysmik ta‘sirning o‘zgarishiga ham ta‘sir etish xususiyati bilan tarqalish effekti (incoherence effect) ga yaqin. Zilzila o‘chog‘idan to inshootgacha joylashgan gruntning kattagina qatlamini bir xil jinslardan iborat emasligi bilan bog‘liq nokogerentlik effektidan farqli o‘laroq qurilish maydonchasi effekti tayanchlar bevosita joylashgan zonadagi grunt qatlami xususiyatlarini hamda relyefning o‘zgarishi bilan bog‘liq. Shu sababli qurilish maydonchasi effekti to‘lqinlarni tub tog‘ jinslaridan yer yuziga qadar tarqalishining sonli tekshiruvlari asosida baholanishi mumkin bo‘ladi. Bu turdagi tadqiqot ishlari adabiyotlarda [24, 25 va b.] keng yoritilgan. Misollardan biri sifatida 2002-y. London shahrida o‘tkazilgan XII Yevropa anjumanida taqdim etilgan [26] ishni ko‘rsatib o‘tish mumkin. Mualliflar bitta erkinlik darajasiga ega eng sodda tizimni o‘rganib chiqishgan (3-rasm). Bu tizimda tayanchlar



har xil grunt sharoitlarida joylashgani sababli ularning qo'zg'alish darajasi turlicha bo'lgan.



3-rasm. Tayanchlarning turli tebranishlari sharoitida bir pog'onali erkin sistema

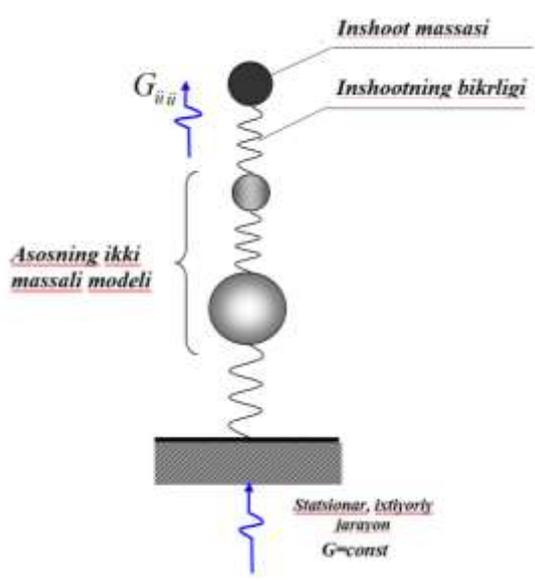
Mualliflar tizimga ikkita effektning: yuguruvchi muzlagan to'liqning (wave-passage effect) va har bir tayanch joylashgan yerda grunt sharoitlari o'zgarishining ta'sirini (site-response effect) tahlil qilishadi. Ikkinchi effekt tizimga kuchliroq ta'sir ko'rsatadi. Bunda mualliflar qatlam xususiyatlarini (elastiklik moduli va qalinligi), shuningdek qatlam va tub tog' jinslari akustik birkliklarining o'zaro nisbatini tizimning o'zini tutishiga katta ta'sir ko'rsatishini qayd etib o'tadilar.

Mahalliy sharoitlar ta'sirida amalga oshirilgan tadqiqotlar ishlarini bajarish uchun tegishli seysmogeologik ma'lumotlar hamda vositalar mavjud bo'lganda qurilish maydonchasi effektini prognoz qilishga imkon yaratadi. Bundan tashqari, hozirgi vaqtda teskari masalani, ya'ni yer yuzining seysmik tebranishlari bo'yicha qurilish maydonchasi geologiyasini tiklash masalasini hal qilish imkonini mavjud. Y. Zaslavskiyning ishida [27] qurilish maydonchasidagi yer yuzi nuqtalari tebranishlarining o'zgarishiga oid mahalliy geologik sharoitlar prognozini tuzish uslubi ishlab chiqilgan.

Ta'sirning spektral zichligi[48]:

$$G_{\ddot{u}_k \ddot{u}_k}(\omega) = G_{kk} \cdot \frac{\omega_k^4 + 4 \cdot \zeta_k^2 \cdot \omega_k^2 \cdot \omega^2}{(\omega_k^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \zeta_k^2 \cdot \omega_k^2 \cdot \omega^2} \cdot \frac{\omega^4}{(\omega_{pk}^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \zeta_{pk}^2 \cdot \omega_{pk}^2 \cdot \omega^2} \quad (1.8)$$

Ta'sirning spektral zichligining (1.8) ko'rinishda ifodalanishi kirish signalining barqarorligini saqlashga va serqatlam asos tebranishlarining ko'proq uchraydigan davrlarini hisobga olishga imkon yaratadi. Ushbu jarayonning mexanik modeli 4-rasmda keltirilgan. Asos elementlari tebranish va so'nish parsial chastotalarining turli qiymatlaridan foydalangan va ularni shartli ravishda mustahkamligi har xil bo'lgan grunt asoslari bilan bog'lagan holda, asosni elastik dempirlash xususiyatlarining korrelyatsiya koeffitsiyentlariga ta'sirini sifatli baholashga erishish mumkin. Masalan, bunday tadqiqot ishlari bayoni [8] ishda keltirilgan.



4-rasm. (1.8) formula bo'yicha spektral zichlikni ifodalovchi mexanik model

Ikkinchi modeldan uning umumiyli tufayli tadqiqotlar amaliyotida juda ko'p foydalaniladi. Xususan, mazkur modelni A. Ter-Kiryugyan [8] va A.A. Petrovlar [26] o'zlarining asosiy ishlarida qo'llashgan. [22] ishda (1.9) formulaga qo'shimcha α_1 koeffitsiyenti kiritilganda, (1.10) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\gamma_{ks} = e^{-\left(\frac{\alpha \omega d_{ks}}{V_{sw}}\right)^2} \cdot e^{i \left(\frac{\omega d_{ks}^L}{V_{app}}\right)} \quad (1.9)$$

$$G_{\ddot{u}_k \ddot{u}_s}(i\omega) = \gamma_{ks}(i\omega) \sqrt{G_{\ddot{u}_k \ddot{u}_k}(\omega) \cdot G_{\ddot{u}_s \ddot{u}_s}(\omega)}$$

$$\gamma_{ks} = e^{-\left(\frac{\alpha \omega d_{ks}}{V_{sw}}\right)^2} \cdot e^{i \left(\frac{\alpha_1 \omega d_{ks}^L}{V_{app}}\right)} \quad (1.10)$$

$$G_{\ddot{u}_k \ddot{u}_s}(i\omega) = \gamma_{ks}(i\omega) \sqrt{G_{\ddot{u}_k \ddot{u}_k}(\omega) \cdot G_{\ddot{u}_s \ddot{u}_s}(\omega)}$$

Tayanchlar harakati butunlay korrelyatsiyalangan holatda:

$$\alpha = \alpha_1 = 0; \quad \chi_{ksjr} = 1 \quad (1.11)$$

Tayanchlar harakati statik erkin bo'lgan holatda:

$$\alpha \rightarrow \infty; \quad \alpha_1 = 0; \quad \chi_{kkjr} = 1; \quad \chi_{ksjr} = 0 \quad (k \neq s). \quad (1.12)$$

Yuguruvchi muzlagan to'liq uchun

$$\alpha = 0; \quad \alpha_1 = 1; \quad \chi_{ksjr} = \frac{\omega_j + \omega_r}{2} \cdot \text{Re}(G_{ks}) = \cos\left(\frac{k_j + k_r}{2V_2} \cdot d_{ks}\right) \quad (1.13)$$

Umumiy hol uchun, α va α_1 parametrlarning ixtiyoriy qiymatlarida (1.5)-(1.7) integrallarga spektral zichlik uchun (1.10) ifodasini kiritgandan so'ng tegishli korrelyatsiya koeffitsiyentlarini sonli integrallashga va baholashga zarurat tug'iladi. Bunday hisoblashga doir tadqiqot ishlari [8] ishda bajarilgan. (1.10) spektral zichlikni dastlabki kiritishlari shartli xususiyatga ega va asosning haqiqiy mavjud xususiyatlariga bog'lanmagan bo'lsa ham, [8] ishda xulosalar muhim amaliy ahamiyatga ega. [8] da quyidagilar ko'rsatilgan:



1. Inshoot seysmik reaksiyasini psevdostatik tashkil etuvchilarining o'zaro korrelyatsiyasi juda katta bo'lishi mumkin va uni ko'p tayanchli konstruksiyalarni hisoblashda albatta hisobga olish kerak bo'ladi.

2. Inshoot seysmik reaksiyasi psevdostatik va dinamik tashkil etuvchilarining o'zaro korrelyatsiyasi kichik bo'lgani sababli, uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi (har holda inshoot tebranishlari davri 2 sek dan kichik diapazonida ham).

3. Inshoot seysmik reaksiyasi psevdostatik tashkil etuvchilarining o'zaro korrelyatsiyasi ancha katta bo'lishi mumkin va uni inshootni hisoblashda e'tiborga olish kerak. O'rganilayotgan tebranishlar shakllarining xususiy chastotalari orasidagi farq kamayishi bilan tebranishlar shakli korrelyatsiyasining ta'siri oshib boradi.

4. Xulosa

O'rganilayotgan masala holatining tahlili inshootlarni seysmik ta'sirlarga mavjud hisoblash uslublari birinchi o'rinda konsolli sterjen ko'rinishida modellashtiriluvchi nuqtali inshootlar uchun mo'ljallanganligini ko'rsatdi. Bunday inshootlar uchun ta'sir bitta nuqtaga – inshootning asosga tayanish nuqtasiga ko'rsatiladi.

Seysmik ta'sirlarga uzun inshootlar ishining tahlili ular shikastlanishlarining xususiyatlari asosni sinxron tarzda (nuqtali inshootlarda bo'lgani kabi) qo'zg'alishi haqidagi gipotezaga to'g'ri kelmasligini ko'rsatdi. Ularga inshoot uzunligi bo'yicha tezlanishlar maydonining bir xil bo'lmasligi, shuningdek amalda nosinxron tebranuvchi tayanchlarning bir-biriga nisbatan siljishi natijasida hosil bo'lgan shikastlanishlar sababli butun inshootda buruvchi tebranishlarning vujudga kelishi xosdir.

Zilzilabardosh inshootlar loyihasini asoslashda ayni muammo muhim ahamiyat kasb etadi. Bu masalaga adabiyotlarda ancha katta e'tibor qaratilgan. Xususan, inshootlar tebranishlarining nosinxronlik sabablari aniqlandi va bunday inshootlarning tebranishlarining ham tasodifiy, ham determinik berilishida matematik modellarini qurishga doir jiddiy nazariy izlanishlar amalga oshirildi. Ammo ushbu uslublardan loyihalash amaliyotida foydalanib bo'lmaydi. Hozircha ular qurilish maydonchasida spektral egri chiziqlarning berilishidan kelib chiqadigan hisoblashlarning mavjud me'yoriy uslublari bilan bog'lanmagan va foydalanishdagi chiziqli-spektral uslubni takomillashtirish zarur.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Корчинский И.Л. и др. Основы проектирования зданий в сейсмических районах. // М.: Госстройиздат, 1961, 488 с.

[2] Барштейн М.Ф. Воздействие нерегулярной волны на сквозные инженерные сооружения. // Строительная механика и расчет сооружений. 1964, №1, с.31-41.

[3] Гроссман А.Б. Колебания протяженных сооружений при сейсмических воздействиях // Ташкент, 1964, с.15-21. (Науч. тр. ТашЗНИИЭП; Вып. 6).

[4] Пак Э.Ф., Лапин В.А., Минеева Л.Е. Колебания протяженных одноэтажных промышленных зданий при сейсмических воздействиях. // Расчет и проектирование зданий для сейсмоопасных районов М.: Наука, 1988, с. 53-57.

[5] Петров А.А. Рекомендации по расчету протяженных и высотных металлических конструкций на сейсмические и динамические ветровые воздействия. // С.Петербург, Изд. ВНИИГ, 1993, 175 с.

[6] Kiureghian A. A coherency model for spatially varying ground motions. // Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 25, p. 99 – 111, 1996.

[7] Kiureghian A. A response spectrum method for random vibration analysis of MDF systems. // Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 9, p.419 – 435, 1981.

[8] Kiureghian A., Neuenhofer A. Response spectrum method for multi-support seismic excitations // Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 21, p.713 – 740, 1992.

[9] Bogdanoff J.L., Goldberg J.E., Schiff A.J. The effect of ground transmission time on the response of long structures. // Bull. Seism. Soc. Am. 55, 1965, 627-640 p.

[10] Werner S.D., Lee L.C., Wong H.L., Trifunac M.D. Structural response to traveling seismic waves. // J. struct. div. ASCE, Vol. 105, p.2547 – 2564, 1979.

[11] Корчинский И.Л. Влияние протяженности зданий на величину действующей на нее сейсмической нагрузки // Сейсмостойкость промышленных зданий и инженерных сооружений. М.: Стройиздат, 1962, с. 161-170.

[12] Uebayashi H., Takeuchi Y. Input motion of a rigid extended foundation due to spatially variable seismic ground motion. // The proceedings of the 12-th World conference on earthquake engineering (12-th WCEE), 30 January – 4 February 2000, Auckland, New Zealand; Paper reference 0490

[13] Назаров Ю.П., Николаенко Н.А. Динамика и сейсмостойкость сооружений. // М.: Стройиздат, 1988, 312 с.

[14] Nouri, G., Shahrouzi, M. and Farhadi, E. (2020). Seismic performance of bridges to a spatially varying horizontal and vertical earthquake ground motion. AUT Journal of Civil Engineering, 4(1), 27-36. doi: 10.22060/ajce.2019.15333.5536

[15] Фомин В.М. Воздействие сейсмических волн на длинные трубопроводы. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2000, №4, с 22-25.

[16] Фомин В.М. Колебания длинных трубопроводов. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2000, №3, с 31-36.

[17] Рассказовский В.Т., Алиев И.Х., Абдалимов Э. Влияние неоднородности сейсмического поля на реакции одноэтажных промышленных зданий. // Расчет и проектирование зданий для сейсмоопасных районов М.: Наука, 1988, с. 46-52.

[18] Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб, Наука, 1998, 254 с.

[19] Tecchio, Giovanni & Grendene, M. & Modena, Claudio. (2012). Pounding Effects in Simply Supported Bridges Accounting for Spatial Variability of Ground Motion: A Case Study. Advances in Civil Engineering. 2012. 10.1155/2012/267584.

[20] А.М. Уздин, И.О. Кузнецова. Сейсмостойкость мостов. Книга. Palmarium Academic Publishing. 2014. – 456 с.

[21] Santa-Cruz S., Heredia-Zavoni E., Narichandran R. Low-frequency behavior of coherency for strong ground



motions in Mexico city and Japan // The proceedings of the 12-th World conference on earthquake engineering (12-th WCEE), 30 January – 4 February 2000, Auckland, New Zealand; Paper reference 0076.

[22] Петров А.А. Оценка сейсмической реакции протяженных сооружений с учетом пространственной корреляции движения опор. // 2-я Национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию. Сочи, 14-17 октября, 1997. - Тезисы докладов. М., 1997, с.49-50.

[23] Dong K.K., Wieland M. Application of response spectrum method to a bridge subjected to multiple support excitation. // The proceedings of the 9-th World conference on earthquake engineering (9-th WCEE), Tokyo, Japan; Vol. VI, p. 531-536, 1988.

[24] Sextos A., Kappos A., Pitilakis K. Effect of analysis complexity on the calculated ductility demand of R/C bridge piers // The proceedings of the 12-th European conference on earthquake engineering (12-th ECEE), 9-13 September 2002, Barbican Centre, London, UK; Paper reference 653.

[25] Wolf J.P., Song C. Finite-element modeling of unbounded media. Chichester, England, JohnWiley & Sons, 332 p.

[26] Петров А.А., Базилевский С.В. Учет взаимной корреляции между обобщенными координатами при определении сейсмических нагрузок. – Реф.инф.

«Сейсмостойкое строительство (отечественный и зарубежный опыт)», серия XIV, ЦИНИС, М., 1978, вып.5, с.23-28.

[27] Zaslavsky Y., Shapira A., and Kenigsberg M. Earthquake site response study for designed bridges in Israel // The proceedings of the 12-th European conference on earthquake engineering (12-th ECEE), 9-13 September 2002, Barbican Centre, London, UK; Paper reference 059.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Shermuxamedov Ulug'bek Zabixullayevich / Ulugbek Shermukhamedov	Toshkent davlat transport universiteti "Ko'priklar va tonnellar" kafedrasini professori, t.f.d., (DSc), professor E-mail: ulugbekjuve@mail.ru Tel.: +998903161181 https://orcid.org/0000-0003-1718-5331
G'ulomov Doston Inomjon o'g'li / Doston G'ulomov	Toshkent davlat transport universiteti "Ko'priklar va tonnellar" kafedrasini tayanch doktoranti. E-mail: bigfire8088@gmail.com Tel.: +99891 207-80-88 https://orcid.org/0000-0002-0894-8766



Modern approaches to remote monitoring of rolling stock axle-box condition based on microprocessor systems

N.N. Irgashev¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In this article, the significance and role of axle-box monitoring systems in ensuring traffic safety in railway transport are analyzed. The types of monitoring devices currently used in the network of “Uzbekistan Railways” JSC, their condition by year of manufacture, and statistical data have been assessed to evaluate their effectiveness. Malfunctions recorded during 2022–2024, including “unidentified overheating” cases, technical failures of devices, and error signals caused by solar radiation, have been examined. Based on the obtained results, the strengths and weaknesses of the existing systems have been identified.

Furthermore, the article highlights modern approaches to remote monitoring of axle-boxes based on microprocessor systems to improve monitoring efficiency. The proposed system infrastructure employs sensitive sensors, applies filtering and intelligent algorithms for signal processing, and enables real-time data transmission via radio modules for remote monitoring. These results demonstrate that modernization of axle-box monitoring systems can enhance railway traffic safety and improve the efficiency of maintenance operations.

Keywords: railway safety; axle-box monitoring systems; automated diagnostics; fault analysis; technical condition monitoring; modernization; renewal

Harakat tarkibi buksalari holatini mikroprotessorli tizimlar asosida masofaviy monitoring qilishning zamonaviy yondashuvlari

Irgashev N.N.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada temir yo‘l transportida harakat xavfsizligini ta‘minlashda buksa nazorati tizimlarining ahamiyati va o‘rni tahlil qilingan. “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ tarmog‘ida qo‘llanilayotgan nazorat qurilmalarining turlari, ularning ishlab chiqarilgan yillar kesimidagi holati hamda statistik ma‘lumotlari asosida samaradorligi baholandi. 2022–2024 yillar davomida qayd etilgan nosozliklar, shu jumladan “qizish aniqlanmagan” holatlar, qurilmalardagi texnik nosozliklar va quyosh nurlari ta‘siri bilan bog‘liq xato signallar tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida mavjud tizimlarning kuchli va zaif jihatlari ochib berildi.

Maqolada, shuningdek, buksa nazoratini takomillashtirish uchun mikroprotessorli tizimlar asosida masofaviy monitoringning zamonaviy yondashuvlari yoritilgan. Taklif etilgan tizim infratuzilmasida sezgir sensorlardan foydalanish, signalni filtratsiya va intellektual algoritmlar asosida qayta ishlash, shuningdek, real vaqt rejimida ma‘lumotlarni radiomodular asosida uzatish hamda masofadan monitoring qilish ko‘rib imkoniyatlari chiqilgan. Ushbu natijalar buksa nazorati tizimlarini modernizatsiya qilish orqali poyezd harakat xavfsizligini oshirish va texnik xizmat ko‘rsatish samaradorligini yaxshilashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: temir yo‘l xavfsizligi, buksa nazorati tizimlari, avtomatlashtirilgan diagnostika, nosozliklar tahlili, texnik holat monitoringi, modernizatsiya va yangilanish

1. Kirish

Temir yo‘l transporti milliy iqtisodiyotning strategik tarmoqlaridan biri bo‘lib, yuk va yo‘lovchi tashish jarayonlarining xavfsizligi, uzluksizligi hamda samaradorligini ta‘minlashda alohida ahamiyatga ega. Harakatlanuvchi tarkibning texnik holati va undagi asosiy uzellarning ishonchligi temir yo‘l harakat xavfsizligining bosh omili sifatida maydonga chiqadi. Shular qatorida vagon va lokomotivlarning buksa qismi yuklamani qabul qiluvchi, ishqalanish natijasida harorat ko‘tarilishi mumkin bo‘lgan

murakkab mexanik uzal diagnostika va nazorat jarayonlarida eng muhim obyektlardan biri hisoblanadi.

Buksa qismlarida haroratning belgilangan me‘yordan oshib ketishi texnik nosozliklarni yuzaga keltirib, yo‘l-transport hodisalari hamda yirik iqtisodiy zararlarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli, temir yo‘l tizimlarida buksa qismlarini doimiy monitoring qilish va nosozliklarni erta aniqlash harakat xavfsizligini ta‘minlashning eng muhim shartlaridan biridir[1].

So‘nggi yillarda “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ tarmog‘ida avtomatlashtirilgan nazorat qurilmalari joriy

^a  <https://orcid.org/0009-0000-3736-1748>



etilgan bo'lsada, ularning katta qismi texnologik jihatdan eskirgan, ayrimlari 20–30 yil avval ishlab chiqarilgan bo'lib, ishonchlilik va samaradorlik talablariga to'liq javob bermaydi. Statistik ma'lumotlar ham ushbu tizimlarda "qizish aniqlanmagan" holatlar, texnik nosozliklar va asossiz signal berish kabi muammolar soni yil sayin ko'payib borayotganini ko'rsatmoqda[2].

Mazkur vaziyat mavjud tizimlarni modernizatsiya qilish, yangi avlod sensorlarini joriy etish, ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash va intellektual tahlil algoritmlarini qo'llash zaruratini kun tartibiga qo'ymoqda. Shu nuqta nazardan, mikroprotessorli arxitektura asosida masofaviy monitoring tizimlarini ishlab chiqish temir yo'l transportida xavfsizlikni oshirishning zamonaviy va istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi [3].

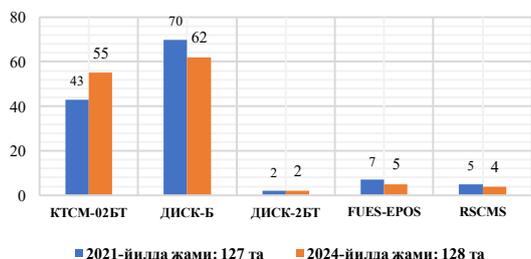
Ushbu maqolaning maqsadi "O'zbekiston temir yo'llari" AJ tarmog'ida qo'llanilayotgan buksa nazorati tizimlarining amaliy holatini tahlil qilish, ularning mavjud kamchiliklarini ochib berish hamda mikroprotessorli masofaviy monitoring tizimlari asosida samarali yechimlarni taklif etishdan iboratdir.

2. Tadqiqot metodologiyasi

O'zbekiston temir yo'llarida buksa nazorati tizimlarining holati va tahlili

Temir yo'l transportida harakat xavfsizligini ta'minlashda buksa qismlarining doimiy nazorati alohida ahamiyat kasb etadi. Chunki buksalarda haroratning belgilangan me'yordan ortib ketishi nafaqat texnik nosozliklarga, balki avariya va yirik iqtisodiy talafotlarga ham sabab bo'lishi mumkin. Shu sababli "O'zbekiston temir yo'llari" AJ tizimida buksalarni masofadan turib nazorat qilishga ixtisoslashgan maxsus qurilmalar joriy etilgan hamda ularning soni bosqichma-bosqich yangilanib kelinmoqda.

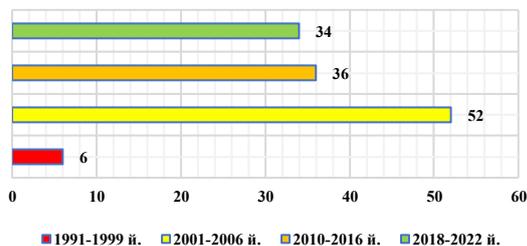
2021-yilda Respublika bo'ylab buksa nazorati qurilmalari soni 127 tani tashkil etgan bo'lsa, 2024-yilga kelib bu ko'rsatkich atigi 128 taga yetgan. Ushbu tizimlarning asosiy qismini KTSM-02BT va DISK-B turidagi qurilmalar egallaydi. Masalan, 2021-yilda KTSM-02BT qurilmalari soni 43 ta, DISK-B qurilmalari 70 ta bo'lgan bo'lsa, 2024-yilda ularning soni mos ravishda 55 va 62 taga oshgan. Shu bilan birga, FUES-EPOS va RSCMS turidagi qurilmalar sonining biroz kamayishi kuzatilgan. Bu esa turli ishlab chiqaruvchilarning mahsulotlari amaliyotda sinovdan o'tkazilayotganini va samaradorlik bo'yicha tajribalar olib borilayotganini ko'rsatadi.



1-rasm. Nazorat qurilmalarining tahlili

Qurilmalarning ishlab chiqarilgan yillari ularning texnik holati va ishonchliligi haqida muhim tasavvur beradi. Ma'lumotlarga ko'ra, ayrim qurilmalar 1991–1999-yillarda ishlab chiqarilgan bo'lib, hozirgacha foydalanilmoqda. Bu esa ularning texnologik jihatdan eskirganini va zamonaviy

talablarga javob bermasligini anglatadi. Umumiy tizimlarning qariyb 40 foizi 20–25 yil avval ishlab chiqarilgan qurilmalardan iborat. Shuningdek, 2010–2016-yillarda ishlab chiqarilgan qurilmalar ulushi ham 30 % atrofida bo'lib, ular zamonaviy raqamli sensorlar bilan taqqoslaganda aniqlik va samaradorlik jihatidan sezilarli kamchiliklarga ega.



2-rasm. Nazorat qurilmalarining yillar kesimidagi tahlili

2022–2024-yillar davomida buksa nazorati tizimlari tomonidan qayd etilgan nosozliklar soni izchil ortib borgan. Agar 2022-yilda 207 ta nosozlik qayd etilgan bo'lsa, 2023-yilda ularning soni 268 taga, 2024-yilda esa 336 taga yetgan. Ularning asosiy turlari quyidagilar:

Qizish aniqlanmagan holatlar: 2022-yilda 36 ta, 2024-yilda 58 ta;

Qurilmalardagi texnik nosozliklar: 2022-yilda 16 ta, 2024-yilda 28 ta;

Quyosh nurlarining ta'sirida yuzaga kelgan xato signallar: 2022-yilda 22 ta, 2024-yilda 33 ta.

Mazkur ko'rsatkichlar mavjud tizimlarda signalni filtratsiya qilish va qayta ishlash algoritmlarini takomillashtirish zarurligini anglatadi.

Tahlillar shuni ko'rsatmoqdaki, "O'zbekiston temir yo'llari" AJ tarmog'ida amal qilayotgan buksa nazorati tizimlari harakat xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etayotgan bo'lsa-da, ularning salmoqli qismi 20–30 yil avval ishlab chiqarilgan bo'lib, texnologik eskirish natijasida ishonchlilik darajasi sezilarli darajada pasaygan. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, nosozlik holatlarining yil sayin ortib borishi, ayniqsa "qizish aniqlanmagan" va quyosh nurlari ta'sirida yuzaga keladigan asossiz signallar sonining ko'payishi, amaldagi algoritmlarning samaradorligi yetarli emasligini tasdiqlaydi. Shuningdek, texnik nosozliklar sonining ortib borishi texnik xizmat ko'rsatish intervallarini qayta ko'rib chiqish zaruratini ko'rsatmoqda.

Nosozliklarning asosiy qismi vagon va lokomotiv xo'jaliklariga to'g'ri keladi. Ushbu sohalarida yuklama yuqori bo'lgani sababli yuqori aniqlikka ega bo'lgan zamonaviy monitoring tizimlarini joriy etish dolzarb hisoblanadi. Yo'lovchi vagonlari xo'jaligida esa samaraliroq nazorat mexanizmlarining mavjudligi tufayli muammolar nisbatan kam qayd etilmoqda.

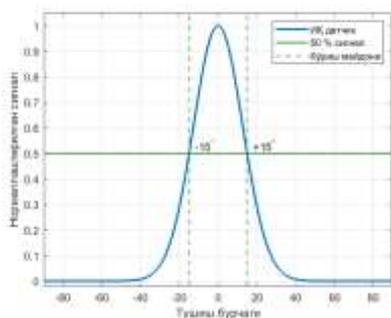
Jahon tajribasida keng qo'llanilayotgan HOT-BOX va FUES-EPOS II turidagi tizimlar raqamli sensorlar hamda intellektual tahlil algoritmlariga asoslangan bo'lib, yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydi. O'zbekistonda amal qilayotgan tizimlarda esa asossiz signallar ko'pligi va tashqi omillarga sezgirlik hanz dolzarb muammo bo'lib qolmoqda. Shu bois, mavjud tizimlarni bosqichma-bosqich modernizatsiya qilish, raqamli sensorlar va intellektual algoritmlarni joriy etish, shuningdek, ma'lumotlarni markazlashgan holda qayta ishlash temir yo'l transportida



xavfsizlikni oshirishning eng muhim va ustuvor yo'nalishi hisoblanadi[4-7].

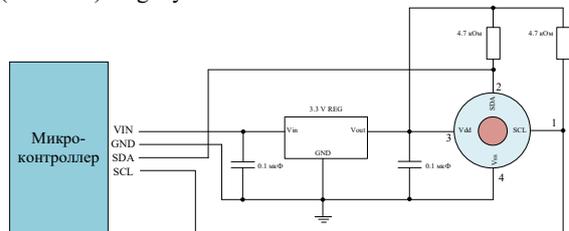
Mikroprosessorli tizimlar asosida buksa nazoratini masofaviy monitoring qilish imkoniyatlari

So'nggi yillarda temir yo'l transportida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi buksa nazorati tizimlarini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqmoqda. An'anaviy qurilmalar texnologik jihatdan eskirib, aniqlik va ishonchlik ko'rsatkichlari pasayib borayotgan bir sharoitda mikroprosessorli arxitekturaga asoslangan avtomatlashtirilgan tizimlar yuqori tezkorlik, ishonchlik va masofaviy monitoring imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Mikroprosessorli nazorat tizimlari bir qator ustunliklarga ega bo'lib, ular temir yo'l transportida xavfsizlikni oshirishning zamonaviy mexanizmlarini shakllantiradi[8]. Bunday tizimlar real vaqt rejimida ishlash imkoniyatiga ega bo'lib, ma'lumotlar darhol qayta ishlanadi va ogohlantirish signallari zudlik bilan shakllantiriladi. Shuningdek, dasturiy ta'minot orqali signalni filtrlash, porog qiymatlarni sozlash va algoritmlarni yangilash imkoniyati mavjud. Mikroprosessorli arxitektura markazlashgan boshqaruv tizimlari, dispetcherlik punktlari va ma'lumotlar bazalari bilan uzluksiz integratsiya qilinadi hamda zamonaviy modullar past quvvat sarfi bilan uzoq muddat barqaror ishlashni ta'minlaydi.



3-rasm. Infraqizil datchik uchun maydon ko'rinishi va tushish burchagiga nisbatan normallashtirilgan signal o'zgarishi

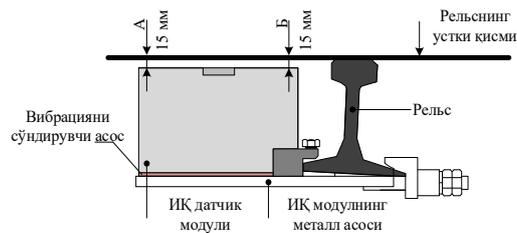
Grafikdan ko'rinib turibdiki, datchik maksimal sezgirlikka 0° da erishadi va burchak ortishi bilan signal intensivligi eksponensial qonuniyat asosida pasayadi. 50 % darajada signalning tushishi ±10° atrofida qayd etilgan bo'lib, bu datchikning samarali maydon ko'rinishini (MK≈20°) belgilaydi.



4-rasm. Infraqizil datchikning mikrokontrollerga ulanish sxemasi

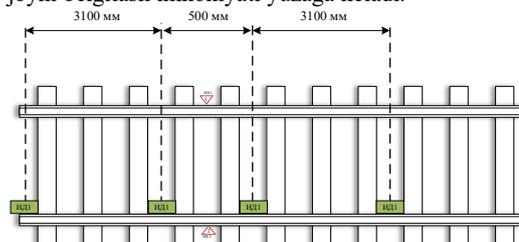
4-rasmda infraqizil datchikning mikrokontroller qurilmasiga ulanish sxemasi keltirilgan. Ushbu sxemada datchikdan chiqayotgan signal axborotlari mikrokontrollerning asosiy boshqaruv blokiga SIP interfeysi orqali uzatiladi. Mazkur ulanish mexanizmi datchikdan olingan ma'lumotlarning ishonchli va uzluksiz tarzda qayta ishlanishini ta'minlab, real vaqt rejimida monitoring qilish

imkonini beradi. Shu bilan birga, interfeysning qo'llanishi signalning yo'qolishi yoki buzilish ehtimolini kamaytiradi hamda tizimning umumiy samaradorligini oshiradi[9-10].



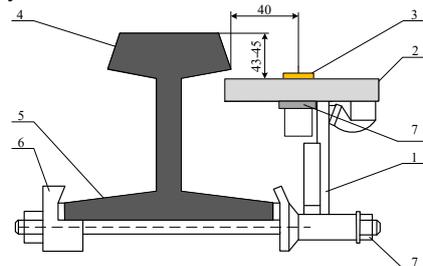
5-rasm. Infraqizil datchikning o'rnatish sxemasi

Yangi tizimning asosiy funksional komponenti yuqori sezgirlikka ega harorat sensori hisoblanib, u buksa uzulining termik holatini masofadan aniqlaydi. Infraqizil nurlanish asosida ishlovchi sensorlarning ustunligi shundaki, ular kontakt talab qilmasdan o'lchash imkoniyatini beradi va tashqi mexanik ta'sirlardan mustaqil ishlaydi. Bundan tashqari, induktiv sensorlardan foydalanish orqali g'ildirak juftligi aniqlanadi va natijada nosozlik yuzaga kelgan aniq joyni belgilash imkoniyati yuzaga keladi.



6-rasm. Induktiv datchikning o'rnatilish masofalari

Mazkur sxemada datchiklarning joylashtirilishi harakat tarkibi o'tishi jarayonida g'ildirak juftliklarini aniq identifikatsiya qilish imkonini beradi hamda turli tipdagi vagon va lokomotivlarda universal qo'llash imkoniyatini ta'minlaydi.



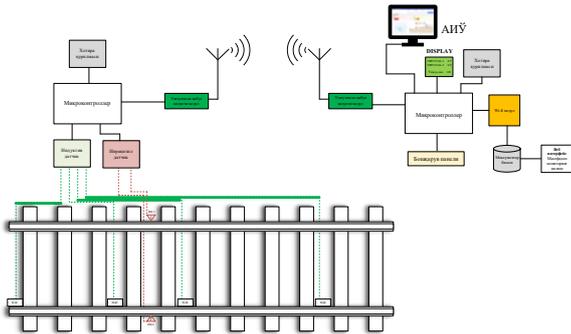
7-rasm. Induktiv datchikning o'rnatilish sxemasi

Mikroprosessorli masofaviy monitoring tizimining markaziy boshqaruv qismi sifatida mikroprosessor moduli xizmat qiladi. Ushbu modul turli sensorlardan kelayotgan ma'lumotlarni yig'adi, ularni dasturiy algoritmlar yordamida qayta ishlaydi va natijalarni bir nechta shakllarda taqdim etadi. Bunda, avvalo, ogohlantirish darajalari (Normal, Trevoga-0, Trevoga-1, Trevoga-2) vizual hamda akustik signalizatsiya vositalari orqali chiqariladi. Shuningdek, ma'lumot uzatish simsiz modullari orqali natijalar markazlashgan ma'lumotlar bazalariga hamda avtomatlashtirilgan ishchi o'rinlariga yuboriladi. Tizimning yana bir muhim xususiyati veb-interfeys yordamida ma'lumotlarni real vaqt rejimida vizuallashtirish va arxivlash imkoniyatining mavjudligidir.

Taklif etilayotgan mikroprosessorli masofaviy monitoring tizimi an'anaviy qurilmalarga nisbatan qator



afzalliklarga ega. Jumladan, haroratni o'lchashda yuqori aniqlik ($\pm 0,5$ °C gacha og'ish), tashqi muhit omillaridan kelib chiqadigan asossiz signallarni keskin kamaytirish, texnik xizmat ko'rsatish intervallarini optimallashtirish hamda markazlashgan ma'lumotlar bazasida yig'ilgan statistik ma'lumotlar asosida prognozlash imkoniyatini yaratadi.

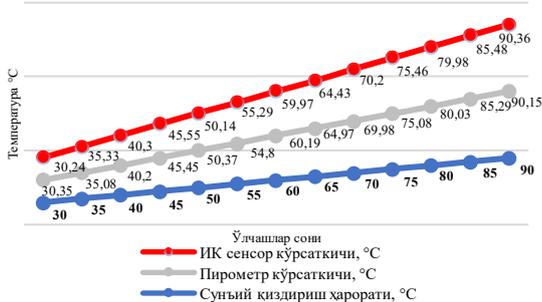


8-rasm- Ishlab chiqilgan harakat tarkiblarini buksa qismini nazorat qilish tizimining tuzilmaviy sxemasi

Mazkur yondashuv temir yo'l transportida buksa uzellarini nazorat qilish samaradorligini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Natijada, harakat xavfsizligini yanada mustahkamlash, texnik xizmat ko'rsatish tizimini yangi bosqichga olib chiqish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkoniyati yuzuga keladi.

3. Tahlil va muhokama

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ tarmog‘ida amal qilayotgan buksa nazorati tizimlari statistik ma‘lumotlar asosida baholanganida, ularning samaradorligi yildan-yilga pasayib borayotgani kuzatiladi. Xususan, 2022-yilda qayd etilgan nosozliklar soni 207 tani tashkil etgan bo‘lsa, 2023-yilda bu ko‘rsatkich 268 taga, 2024-yilda esa 336 taga yetgan. Ushbu davr mobaynida “qizish aniqlanmagan” holatlar soni 36 tadan 58 tagacha, qurilmalardagi texnik nosozliklar esa 16 tadan 28 tagacha ortgani qayd etilgan. Quyosh nurlarining bevosita ta‘siri natijasida yuzaga kelgan asossiz signal holatlari ham 22 tadan 33 tagacha ko‘paygan. Bu jarayonlar mavjud qurilmalarning texnologik eskirganligini va signalni filtrlash algoritmlarining samaradorligi yetarli emasligini ko‘rsatadi.



9-rasm. Harorat datchiki hamda pirometr ko'rsatkichlarining tahlil

Taqqoslash natijalari IK datchikning haroratni nazorat qilishda yetarli darajada ishonchli va aniq ma'lumot berishi tasdiqladi. Olingan farq me'yoriy hisoblanadi, chunki datchik va pirometr o'lchovlari orasidagi maksimal og'ish $\pm 0,5$ °C dan oshmadi.

Bundan tashqari, qurilmalarning ishlab chiqarilgan yillari bo'yicha tahlil shuni tasdiqlaydiki, ularning salmoqli qismi 20–25 yil avval ishlab chiqarilgan bo'lib, ayrimlari hatto 1991–1999-yillarga to'g'ri keladi. Bu esa aniqlik va ishonchlilik ko'rsatkichlarining zamonaviy talablardan orqada qolayotganidan dalolat beradi.

Jahon amaliyotida esa HOT-BOX va FUES-EPOS II kabi tizimlar keng qo'llanilib, ular raqamli sensorlar va intellektual tahlil algoritmlariga asoslangan. Mazkur tizimlar yuqori aniqlikda ishlash, real vaqt rejimida monitoring qilish hamda markazlashgan boshqaruv tizimlari bilan integratsiya imkoniyatlarini taqdim etadi. O'zbekistonda amal qilayotgan qurilmalarda esa asossiz signallar yuqoriligi, tashqi muhit omillariga sezgirlik va xizmat ko'rsatish intervallarining optimal emasligi dolzarb muammo bo'lib qolmoqda.

Taklif etilayotgan mikroprotsessorli masofaviy monitoring tizimi ana shu kamchiliklarni bartaraf etishga qaratilgan. Infraqizil sensorlar asosida kontakt talab qilmasdan haroratni o'lchash tashqi mexanik ta'sirlarni kamaytiradi. Mikroprotsessorli arxitektura esa real vaqt rejimida signalni qayta ishlash, intellektual filtratsiya algoritmlaridan foydalanish va markazlashgan ma'lumotlar bazasiga uzluksiz uzatish imkoniyatini beradi. Natijada aniqlik darajasi oshadi, asossiz signallar keskin kamayadi, texnik xizmat intervallari optimallashtiriladi va statistik tahlil asosida prognozlash imkoniyati yuzuga keladi.

Yuqoridagi natijalar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy qurilmalar texnik nazorat jarayonida muayyan amaliy ahamiyat kasb etayotgan bo'lsa-da, ular zamonaviy xavfsizlik talablari uchun yetarli darajada samarali emas. Mikroprotsessorli masofaviy monitoring tizimlari esa:

- harakat xavfsizligini yuqori darajada kafolatlash;
- ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish;
- xizmat ko'rsatish jarayonlarini optimallashtirish;
- temir yo'l transportida raqamli transformatsiya jarayonlariga moslashish imkoniyatlarini ta'minlaydi.

Shunday qilib, ishlab chiqilgan yangi tizimning amaliyotga joriy etilishi O'zbekiston temir yo'llarida buksa nazorati samaradorligini oshirish, nosozliklarni erta aniqlash, avariya holatlarning oldini olish va harakat xavfsizligini yanada yuqori darajada ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy yechim sifatida qaralishi mumkin.

3. Xulosa

O'zbekiston temir yo'llarida amal qilayotgan buksa nazorati tizimlari tahlili shuni ko'rsatadiki, ularning salmoqli qismi texnologik jihatdan eskirgan bo'lib, ishonchlilik va aniqlik talablari nuqta nazaridan zamonaviy standartlarga to'liq javob bermaydi. 2022–2024-yillar davomida nosozliklar sonining 62 foizga ortishi, shuningdek “qizish aniqlanmagan” holatlar hamda quyosh nurlari ta'sirida yuzaga kelgan asossiz signallar ko'payishi mavjud tizimlarning samaradorligi yetarli emasligini yaqqol tasdiqlaydi.

Mazkur holat buksa qismlarini monitoring qilishda yangi avlod yondashuvlarini joriy etish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Mikroprotsessorli arxitekturaga asoslangan masofaviy monitoring tizimi yuqori aniqlikka ega sensorlardan foydalanish, intellektual signalni filtrlash algoritmlarini qo'llash va ma'lumotlarni real vaqt rejimida



uzatish imkoniyatlari orqali amaldagi kamchiliklarni samarali bartaraf etadi.

Bunday tizimlarni joriy etish temir yo'l transportida bir qator ustuvor natijalarni ta'minlaydi: harakat xavfsizligini oshirish, texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini samarali tashkil etish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish hamda raqamli transformatsiya jarayonlariga moslashish imkonini yaratadi.

Shunday qilib, mikroprotessorli masofaviy monitoring tizimining ishlab chiqilishi va amaliyotga tatbiq etilishi O'zbekiston temir yo'llarida buksa nazoratini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqib, nafaqat harakat xavfsizligini mustahkamlash, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishning istiqbolli ilmiy-amaliy yechimi sifatida qaraladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Kurbanov J. and Irgashev, N. (2024, June). Wireless Monitoring of Box Heating in Railway Transport. In ICTEA: International Conference on Thermal Engineering (Vol. 1, No. 1).

[2] Kurbanov, J. F., Yaronova, N. V., & Irgashev, N. N. (2024, September). Development of a Microprocessor System for Automatic Temperature Control Heating of Axle Boxes of Train Cars. In 2024 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) (pp. 1124-1128). IEEE.

[3] Бурченков, В. В. Техническая диагностика состояния подвижного состава и перспективы ее развития в Западной Европе и США / В. В. Бурченков, О. В. Холодилов // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. -2017. -№1(34). С. 5-9.

[4] Гондоров, В. А. Новый этап развития аппаратуры КТСМ / В. А. Гондоров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 30–31.

[5] Шахов И.В. Информационная безопасность с pfSense и Snort. – Москва: БХВ-Петербург, 2020. – 352 с.

[6] M. L. Kulish, "Measurement of magnetic induction in a rail joint," Automation, Communication, Computer Science, vol. 11, pp. 27–29, 2005.

[7] A. V. Lube, "Devices for demagnetization," Automation, Communication, Computer Science, vol. 7, pp. 27–29, 2008.

[8] A. V. Pulyakov and Yu. A. Trofimov, "Analysis of the influence of uneven magnetization of rails on the stability of ALSN operation," Modern Technologies. System Analysis. Modeling, vol. 1, no. 30, pp. 206–210, 2011.

[9] R. M. Hristinich, E. V. Hristinich, and A. R. Hristinich, "Studies of demagnetization of rail lashes in rail welding production," Energy Supply and Energy Technologies. Bulletin of KrasGAU, vol. 4, pp. 242–248, 2014.

[10] L. E. Ventsevich, Locomotive Devices for Ensuring the Safety of Train Traffic and Decoding the Information Data of Their Work, 2nd ed. Moscow, Russia: Transport, 2013.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Irgashev Nuriddin Toshkent davlat transport universiteti
"Radioelektron qurilmalar va tizimlar"
kafedrası assistenti
E-mail: irgashev_nn@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0000-3736-1748>



Calculation methods for station tonal current receiving rail circuits

M.M. Aliev¹^a, R.M. Aliev¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Currently, phase-sensitive and tonal track circuits are mainly used for monitoring station sections at stations. One of the disadvantages of currently used tonal track circuits without isolating links is that when a train approaches a controlled section, it begins to close this section at a certain distance before entering it. This distance depends on many variables and is constantly changing depending on these variables. To overcome this disadvantage, it is proposed to use a current track receiver instead of a traditional potential receiver with a clear threshold to record the entry of a train into a controlled section. To date, methods for determining the main analytical expressions for analyzing and synthesizing tonal track circuits with potential receivers in various operating modes have been developed and applied. Although the theoretical issues of tonal rail circuits with current collectors have not been considered in practice, in this regard, the article considers the issues of developing mathematical models for determining the absolute shunt sensitivity of tonal rail circuits without isolating the links with current collectors and methods for calculating the critical point of the minimum shunt sensitivity. The expressions obtained differ from the known equations of absolute shunt sensitivity and the critical point of the minimum value of shunt sensitivity and allow for the analysis, synthesis and design of tonal rail circuits without isolating the links with current collectors, which increases the safety of train traffic.

Keywords: tone rail circuit without insulating joints, potential receiver, current receiver, equivalent circuits, shunt sensitivity

Stansiya tonal tok qabul qiluvchi rels zanjirlarni hisoblash usullari

Aliev M.M.¹^a, Aliev R.M.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Hozirgi vaqtda fazaga sezgir va tonal rels zanjirlari asosan stansiyalarda stansiya uchastkalarini kuzatish uchun ishlatiladi. Hozirgi vaqtda qo'llaniladigan ohangli yo'l sxemalarining izolyatsiyalovchi bo'g'inlari bo'lmagan kamchiliklaridan biri shundaki, poyezd nazoratladigan uchastkaga yaqinlashganda, unga kirishdan oldin bu uchastkani ma'lum masofadan yopishni boshlaydi. Bu masofa ko'plab o'zgaruvchilarga bog'liq va doimiy ravishda bu o'zgaruvchilarga qarab o'zgarib turadi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish uchun poezdning nazoratladigan uchastkaga kirishini qayd etish uchun aniq chegaraga ega bo'lgan an'anaviy potentsial qabul qilgich o'rniga tok yo'l qabul qilgichdan foydalanish taklif etiladi. Bugungi kunga qadar turli xil ish rejimlarida potentsial qabul qiluvchilar bilan tonal rels zanjirlarini tahlil qilish va sintez qilish uchun asosiy analitik ifodalarni aniqlash usullari ishlab chiqilgan va qo'llanilgan. Tok qabul qiluvchilar bilan tonal rels zanjirlarining nazariy masalalari amalda ko'rib chiqilmagan bo'lsa-da, shu munosabat bilan maqolada tok qabul qiluvchilar bilan bo'g'inlarni izolyatsiya qilmasdan tonal rels zanjirlarining mutlaq shunt sezgirligini aniqlashning matematik modellarini ishlab chiqish masalalari va minimal shunt sezgirligining kritik nuqtasini hisoblash usullari ko'rib chiqiladi. Olingan ifodalar mutlaq shunt sezgirligining ma'lum tenglamalaridan va shunt sezgirligining minimal qiymatining kritik nuqtasidan farq qiladi va tok qabul qiluvchilar bilan bo'g'inlarni izolyatsiya qilmasdan tonal rels zanjirlarini tahlil qilish, sintez qilish va loyihalash imkonini beradi, bu esa poyezdlar harakati xavfsizligini oshiradi.

Kalit so'zlar: izolyatsion bo'g'inlarsiz tonal rels zanjiri, potentsial qabul qiluvchi, tok qabul qilgich, ekvivalent sxemalar, shunt sezgirligi

1. Kirish

Rossiya temir yo'llarida va bir qator xorijiy mamlakatlarda (Germaniya, Frantsiya, Ispaniya, Angliya) signal oqimi chastotasi $f = 25, 50, 75$ Gts bo'lgan qo'shma yo'l sxemalari stansiya yo'l uchastkalarining holatini kuzatish uchun keng qo'llaniladi. So'nggi paytlarda signal

tok chastotasi $f = 420, 480$ Gts bo'lgan tonal rels zanjirlari ham qo'llanildi [4, 5, 6, 13]. Statistik ma'lumotlarga ko'ra [5, 6] yil davomida rels zanjirining nosozliksiz ishlash ehtimoli $P = 0,82$ ni tashkil qiladi va rels zanjirlarning o'rtacha ishlamay qolish vaqti 5 yilni tashkil etadi, ya'ni o'rtacha har besh rels zanjirida yiliga bitta nosozlik sodir bo'ladi.

Ish paytida nosozliklar umumiy sonidan izolyatsion bo'g'inlarning noto'g'riligi sababli rels zanjirlarining

^a  <https://orcid.org/0009-0005-4410-3479>

^b  <https://orcid.org/0009-0008-2010-1905>



ishlashidagi nosozliklar peregon uchastkalarda taxminan 28% va stantsiyalarda 40-50% ni tashkil qiladi.

Izolyatsiya qiluvchi bo'g'inlarning past ishonchligi, shuningdek, uzluksiz payvandlangan yo'lni joriy etish, izolyatsion bo'g'inlarni rels zanjirlarida yo'q qilish muammosini keltirib chiqaradi; izolyatsion bo'g'inlarni yo'q qilish poezdlar oralig'ini boshqarish qurilmalarining ishonchligini sezilarli darajada oshiradi. Bundan tashqari, "O'zbekiston temir yo'llari" davlat aksiyadorlik temir yo'l kompaniyasi Signalizatsiya va aloqa markazi ma'lumotlariga ko'ra, O'zbekiston Respublikasi temir yo'llarida foydalanilayotgan rels zanjirlari 74 foiz eskirgan va zamonaviyroq tizimlarga almashtirishni talab qilmoqda.

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, hozirgi vaqtda rels zanjirlarini shunday takomillashtirish dolzarb bo'lib bormoqdaki, ular zanjirlardan eng ishonchsiz elementlardan biri - izolyatsion birikmani yo'q qilish va yo'l uchastkasi holatini nazorat qilish qurilmalarida mikroprotsessorga asoslangan zamonaviy komponentlardan foydalanish va shu bilan ularning ishonchli ishlashini ta'minlash mumkin. Bu intervalli boshqaruv tizimlarini qurish va ulardan foydalanish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi va poyezdlar harakati xavfsizligini oshiradi.

Izolyatsion bo'g'inlar bilan yo'l zanjirlarini loyihalash va ishlatishda standart parametrlardan biri ballast izolyatsiyasining solishtirma qarshiligi bo'lib, u $r_i = 1 \text{ Ohm} \cdot \text{km}$ sifatida qabul qilinadi, lekin O'zbekiston temir yo'lining turli uchastkalarida o'tkazilgan o'lchovlar [4] ko'rsatganidek, u keng miqyosda o'zgarib turadi va iqlim sharoitiga bog'liq. Rels zanjirlarining ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan asosiy bezovta qiluvchi omillardan biri bu yil va kun davomida doimiy ravishda o'zgarib turadigan yo'l liniyalarining izolyatsiyalash qarshiligi. Shunday qilib, temir rels liniyasining sharoitlarini kuzatishning ishonchligiga ta'sir qiluvchi muhim omil - bu izolyatsiya qarshiligining tebranishlari diapazoni, ularning chegaralari va izolyatsiya qarshiligining o'zgarish tezligi keng chegaralarda o'zgarib turadi, shuningdek, izolyatsiya qarshiligining uzunlamasına assimetriyasi.

Yuqorida aytilganlarning barchasidan kelib chiqadiki, temir rels liniyalari holatini monitoring qilish uchun izolyatsiya qarshiligining minimal ruxsat etilgan qiymatini kamaytirish, shunt sezgirligini oshirish, izolyatsion bo'g'inlarni rels zanjirlaridan olib tashlash va ularga texnik xizmat ko'rsatishni soddalashtirish imkonini beradigan bunday usullar va qurilmalarni ishlab chiqish muhim va dolzarb muammodir. Potensial qabul qiluvchi bilan izolyatsiyalangan bo'g'inlarsiz tonal rels zanjirlarini ishlatish muammoni hal qilmaydi, chunki ular qisqa va ko'proq yo'lga o'rnatilgan qurilmalarni talab qiladi. Bularning barchasi rels liniyalari monitoringi tizimlarini rels uzunligini oshiradigan, qurilish va foydalanish xarajatlarini kamaytiradigan, minimal ruxsat etilgan izolyatsiya qarshiligini kamaytiradigan, shunt sezgirligini yaxshilaydigan va yo'lga o'rnatilgan qurilmalar sonini kamaytiradigan yangi usullardan foydalangan holda amalga oshirilishi kerakligini ko'rsatadi.

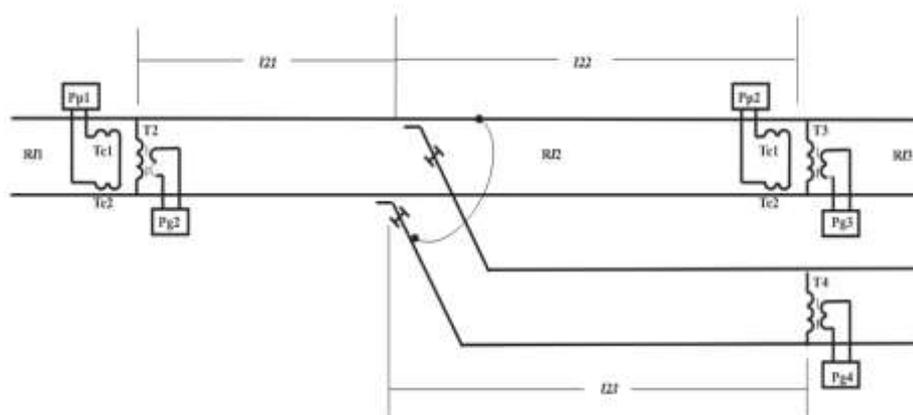
2. Tadqiqot metodologiyasi

Normal rejimda tok qabul qilgich bilan uzluksiz tarmoqlangan rels zanjirining matematik modeli

Tarmoqlangan uzluksiz rels zanjirlarini tok qabul qilgichlari bilan tahlil qilish va sintez qilishda rels zanjirlarining umumiy nazariyasidan foydalanish mumkin [1,2,3], ammo izolyatsion bo'g'inlarning yo'qligi va tok qabul qiluvchilardan foydalanish natijasida yuzaga keladigan ba'zi o'ziga xos xususiyatlarni hisobga olish kerak.

Bunday sxemalarni tadqiq qilish va loyihalash uchun bunday sxemalarning asosiy ish rejimlari uchun analitik ifodalarni chiqarish kerak.

1-rasmda Pg2 yo'l generatori, Tc1, Tc2 qabul qiluvchi g'altaklari va Pp2 qabul qiluvchidan iborat bo'lgan tok qabul qiluvchilari bilan choksiz tarmoqlangan rels zanjir ko'rsatilgan, shuningdek, qo'shni Pg3, Pg4 rels zanjirlarining yo'l generatorlari va Pp1 yo'l qabul qilgichi ko'rsatilgan.

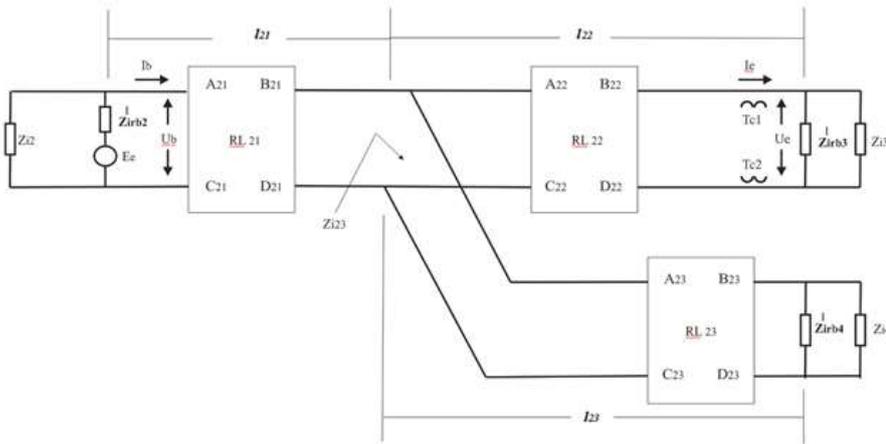


1-rasm. Tok qabul qilgichli stansiyaning tarmoqlangan uzluksiz rels zanjir sxemasi

Ushbu tadqiqotning maqsadi rels zanjirning asosiy ish rejimlarini ta'minlaydigan optimal tarmoq uzunligi l_{23} ni aniqlashdir.

Normal ish rejimida uzluksiz rels zanjiri uchun analitik ifodalarni olish uchun 1-rasmni ekvivalent sxema sifatida keltiramiz (2-rasm).

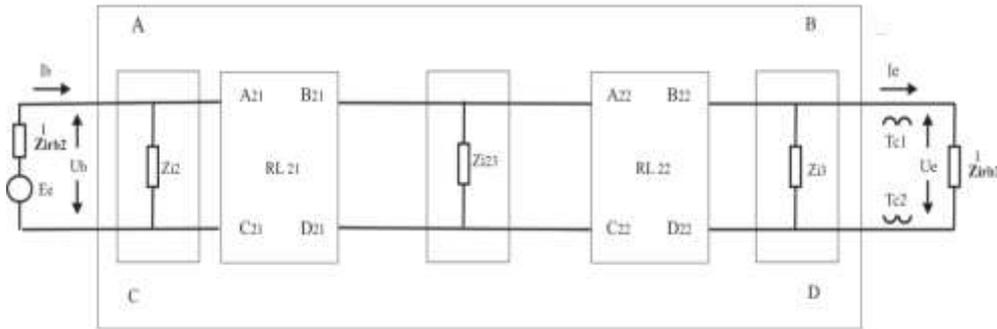




2-rasm. Tok qabul qilgichli tarmoqlangan uzluksiz rels zanjirining ekvivalent sxemasi

qayerda
 RL₂₁, RL₂₂ va RL₂₃ mos ravishda l_{21} , l_{22} va l_{23} liniyalarining to'rt kutuplari;
 Z_{i2} , Z_{i3} va Z_{i4} mos ravishda qo'shni trek zanjirlarining kirish empedanslari;
 Z_{i23} - l23 tormog'ning kirish qarshiligi;
 $Z_{irb2}^I, Z_{irb3}^I, Z_{irb4}^I$ - mos ravishda quvvat manbalarining teskari kirish qarshiliklari;
 T_{c1}, T_{c2} - qabul qiluvchi g'altaklar;
 I_b - rels zanjirining ishga tushirish toki;

U_b - rels zanjirining ishga tushirish kuchlanishi;
 I_e - rels zanjirining oxiri toki (yo'l qabul qiluvchining ish toki);
 U_e - rels zanjirining oxiridagi kuchlanish.
 Rels zanjiri qabul qiluvchisining ish tokini aniqlash uchun to'rt kutupli relsning koeffitsientlarini aniqlash kerak, shuning uchun biz 2-rasmdagi sxemani 3-rasmdagi umumiy ekvivalent sxemaga aylantiramiz.



3-rasm. Normal ish rejimida tok qabul qilgichli tarmoqlangan uzluksiz yo'l zanjirining umumiy ekvivalent sxemasi

qayerda

$$A_{21} = ch\gamma_{21}l_{21}, B_{21} = Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21},$$

$$C_{21} = \frac{1}{Z_{v21}} * sh\gamma_{21}l_{21}, D_{21} = ch\gamma_{21}l_{21}; \tag{1}$$

$$A_{22} = ch\gamma_{22}l_{22}, B_{22} = Z_{v22} * sh\gamma_{22}l_{22},$$

$$C_{22} = \frac{1}{Z_{v22}} * sh\gamma_{22}l_{22}, D_{22} = ch\gamma_{22}l_{22}; \tag{2}$$

$$A_{23} = ch\gamma_{23}l_{23}, B_{23} = Z_{v23} * sh\gamma_{23}l_{23},$$

$$C_{23} = \frac{1}{Z_{v23}} * sh\gamma_{23}l_{23}, D_{23} = ch\gamma_{23}l_{23}; \tag{3}$$

$$Z_{i23} = \frac{A_{23} * \frac{Z_{i4} * Z_{irb4}^I + B_{23}}{Z_{i4} + Z_{irb4}^I} + B_{23}}{C_{23} * \frac{Z_{i4} * Z_{irb4}^I + D_{23}}{Z_{i4} + Z_{irb4}^I}}. \tag{4}$$

Rels zanjirlari nazariyasidan [2] ma'lum:

$$U_b = A * U_e + B * I_e; \tag{5}$$

$$I_b = C * U_e + D * I_e; \tag{6}$$

$$U_e = I_e * Z_{irb3}^I. \tag{7}$$

(7) tenglamadagi U_e qiymatini (5) va (6) tenglamalarga almashtirib, biz quyidagilarni olamiz:

$$U_b = A * I_e * Z_{irb3}^I + B * I_e; \tag{8}$$

$$I_b = C * I_e * Z_{irb3}^I + D * I_e; \tag{9}$$

$$E = U_b + I_b * Z_{irb2}^I \tag{10}$$

(8.9) tenglamadan U_b I_b qiymatini (10) tenglamaga qo'yib, biz quyidagilarni olamiz:

$$E = A * I_e * Z_{irb3}^I + B * I_e + (C * I_e * Z_{irb3}^I + D * I_e) * Z_{irb2}^I \tag{11}$$

Normal ish rejimida rels zanjirining uzatish qarshiligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Z_{tn} = \frac{E}{I_e} = \frac{A * I_e * Z_{irb3}^I + B * I_e + (C * I_e * Z_{irb3}^I + D * I_e) * Z_{irb2}^I}{I_e} = A * Z_{irb3}^I + B + (C * Z_{irb3}^I + D) * Z_{irb2}^I. \tag{12}$$

RL to'rt kutupli rels koeffitsientlarini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{i2}} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_{21} & B_{21} \\ C_{21} & D_{21} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{i3}} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_{22} & B_{22} \\ C_{22} & D_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{i3}} & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{i3}} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i23}} & B_{21} \\ C_{21} + \frac{A_{21}}{Z_{i2}} + (D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}}) * \frac{1}{Z_{i23}} & D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}} \end{bmatrix} *$$



$$\begin{pmatrix} A_{22} + \frac{B_{22}}{Z_{i3}} & B_{22} \\ C_{22} + \frac{D_{22}}{Z_{i3}} & D_{22} \end{pmatrix} = (A_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i23}}) * (A_{22} + \frac{B_{22}}{Z_{i3}}) + B_{21} * (C_{22} + \frac{D_{22}}{Z_{i3}}) \rightarrow$$

$$(C_{21} + \frac{A_{21}}{Z_{i2}} + (D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}}) * \frac{1}{Z_{i23}}) * (A_{22} + \frac{B_{22}}{Z_{i3}}) + (D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}}) * (C_{22} + \frac{D_{22}}{Z_{i3}}) \rightarrow$$

$$(A_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i23}}) * B_{22} + B_{21} * D_{22}$$

$$(C_{21} + \frac{A_{21}}{Z_{i2}} + (D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}}) * \frac{1}{Z_{i23}}) * B_{22} + (D_{21} + \frac{B_{21}}{Z_{i2}}) * D_{22} \quad (13)$$

qayerda

$$A = (ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * (ch\gamma_{22}l_{22} + \frac{Z_{v22} * sh\gamma_{22}l_{22}}{Z_{i3}}) \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21} * (\frac{1}{Z_{v22}} * sh\gamma_{22}l_{22} + \frac{ch\gamma_{22}l_{22}}{Z_{i3}}) \quad (14)$$

$$B = (ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * Z_{v22} * sh\gamma_{22}l_{22} + Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21} * ch\gamma_{22}l_{22}; \quad (15)$$

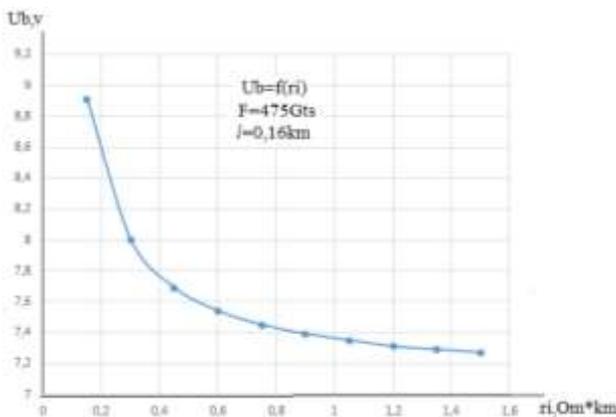
$$C = (\frac{1}{Z_{v21}} * sh\gamma_{21}l_{21} + \frac{ch\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i2}} + (ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * \frac{1}{Z_{i23}}) * \rightarrow (ch\gamma_{22}l_{22} + \frac{Z_{v22} * sh\gamma_{22}l_{22}}{Z_{i3}}) +$$

$$(ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * \rightarrow (\frac{1}{Z_{v22}} * sh\gamma_{22}l_{22} + \frac{ch\gamma_{22}l_{22}}{Z_{i3}}) \quad (16)$$

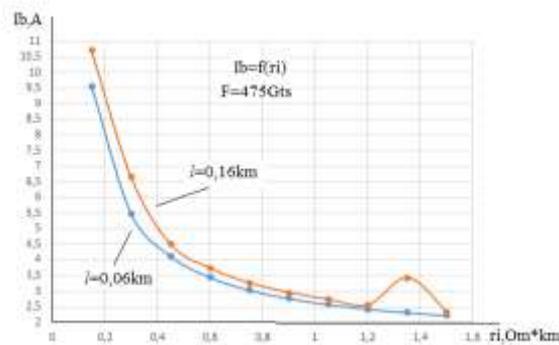
$$D = (\frac{1}{Z_{v21}} * sh\gamma_{21}l_{21} + \frac{ch\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i2}} + (ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * \frac{1}{Z_{i23}}) * \rightarrow Z_{v22} * sh\gamma_{22}l_{22} + (ch\gamma_{21}l_{21} + \frac{Z_{v21} * sh\gamma_{21}l_{21}}{Z_{i23}}) * ch\gamma_{22}l_{22}. \quad (17)$$

Berilgan analitik ifodalar normal ish rejimida (poyezdning yo'qligi) tok qabul qiluvchilar bilan stansiya tonal rels zanjirini tadqiqot va amaliy hisob-kitoblarni o'tkazish uchun asos bo'ladi.

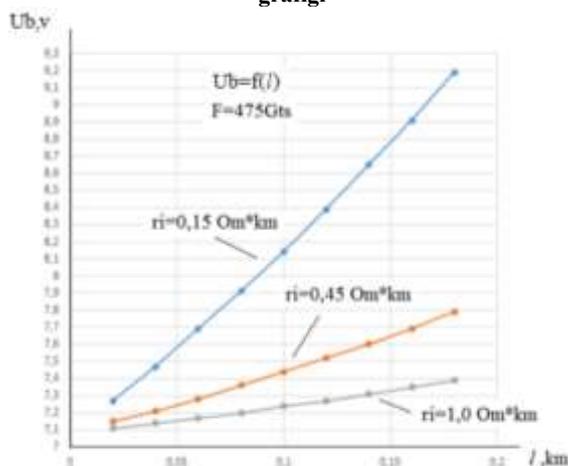
Bu analitik iboralar asosida tokli rels zanjirining normal rejimda ishlashi uchun rels zanjirining quvvat manbai uchida kuchlanish va tokning balast qarshiligiga bog'liqligini hisoblash algoritmi va dasturi ishlab chiqilgan. Hisoblash natijalari 4, 5 va 6-rasmlarda ko'rsatilgan.



4 – rasm. Tok qabul qiluvchisi tonal rels zanjirining quvvat manbaidan kuchlanishining ballast qarshiligiga bog'liqligi grafigi



5 – rasm. Tok qabul qiluvchisi tonal rels zanjirining quvvat manbai tokning balast qarshiligiga bog'liqligi grafigi



6 – rasm. Balast qarshiligining turli qiymatlari uchun tok qabul qiluvchisi bo'lgan tonal rels zanjirining quvvat manbai kuchlanishining yo'l zanjiri uzunligiga bog'liqligi grafiglari

4. Xulosa

Ushbu grafiklarni tahlil qilish natijasida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

1. Oddiy rejimda tonal chastotali rels zanjirining ishonchli ishlashi uchun standart balast bilan ri=10m*km rels zanjirining uchida quvvat manbai kuchlanishi Ub=7,35 volt va tok Ib=2,7 amper bo'lishi kerak.

2. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, rels zanjirining quvvat manbai uchidagi kuchlanish va tok balast qarshiligining pasayishi bilan ortadi, bu yo'l zanjirlari uchun tabiiydir.

Shu sababli, stansiyalarda foydalanish uchun tonal rels zanjirlari tavsiya etiladi, bu poyezdlar harakatining ishonchligini va xavfsizligini oshiradi

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Aliev, R., Aliev, M., Talipova, G., & Yuldasheva, M. (2025). AJ "O'zbekiston temir yo'llari" yo'llarning uchastkalarida poyezdlar yaqinlashishning xavfli zonasini tadqiqotning matematik modeli. Вестник транспорта - Transport Xabarnomasi, 2(2), 41-45. <https://doi.org/10.56143/2181-2438-2025-2-41-45>



[2] Aliev, M., Talipova, G., & Aliev, R. (2025). Method for calculating the coefficients of intelligent sensors of automation in transport. *Вестник транспорта - Transport Xabarnomasi*, 2(1), 232-236. <https://doi.org/10.56143/jot-journal.v2i1.313>

[3] Ravshan Aliev (2021) Analysis of the track sections control system a rolling stock axle counting sensor AIP Conference Proceedings. Vol. 2439. No. 1. AIP Publishing LLC <https://doi.org/10.1063/5.0068348>

[4] Ravshan Aliev Trends in Improving Sensors for Controlling the Condition of Track Sections E3S Web of Conferences 264, 05045 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405045>

[5] R Aliev (2023) Method inductive communications for interval traffic control //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2023, 2612(1), 060002. <https://doi.org/10.1063/5.0113212>

[6] Zorin V.I. (2003) Microprocessor-based locomotive systems for ensuring the safety of train traffic of a new generation / V. I. Zorin, E. E. Shukhina, P. V. Titov // *Railways of the world* No7. PP. 61 – 69

[7] Alessio Trivella, Francesco Corman, (2023) Modeling system dynamics of interacting cruising trains to reduce the impact of power peaks, *Expert Systems with Applications*, 230, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120650>.

[8] [8]. Albrecht et al., 2016 The key principles of optimal train control—Part 1: Formulation of the model, strategies of optimal type, evolutionary lines, location of optimal switching points *Transportation Research, Part B (Methodological)*, 94 (2016), pp. 482-508 <https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.07.023>.

[9] Banić, M., Miltenović, A., Pavlović, M., & Ćirić, I. (2019) Intelligent machine vision based railway infrastructure inspection and monitoring using UAV. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 17(3), 357-364. DOI: 10.22190/FUME190507041B

[10] M. P. Mohandass, D. N. Sri. N, S. r. Y and S. A, "An Automated Railway Unguarded Level Crossing using Lab View," 2024 International Conference on IoT Based Control Networks and Intelligent Systems (ICICNIS), Bengaluru, India, 2024, pp. 574-580, doi: 10.1109/ICICNIS64247.2024.10823211

[11] Goncharov, K.V. (2011) Research of the digital track receiver of tonal rail chains / K.V. Goncharov // *Visnik Dnipropetr. nat. Un-tuzalzn. transp. im. Acad.V. Lazaryan.* - D., VIP. 37, pp. 180–185 <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-tsifrovogo-putevogo-priemnika-tonalnyh-relovnyh-tsepey>

[12] Vantuono. Control systems trains in USA. *International Railway Journal*, 2009, №10, p. 32-34,36.

[13] DEWIANI R. P. N. M. Design Of 4-way RF power splitter for wireless communication system at 5 Ghz frequency.

[14] M. Sokolov and A. Khodkevich, "Application of Conformal Mappings to Determine the Location of Rolling Stock on a Section of a Rail-Wire Line," 2025 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 935-939, doi: 10.1109/ICIEAM65163.2025.11028456.

[15] Ravshan A., Davron M. Development of an Algorithm and Program On Mysql to Create a Database to Control the Turnover of Railway Automation Relays // *Universum: технические науки.* – 2022. – №. 11-6 (104). – С. 59-62.

[16] R.M. Aliev at all. Mathematical model and algorithms for research and diagnostics of the track control sensor to create an expert system// 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT).

Mualliflar to‘g‘risida ma’lumot/ Information about the authors

Aliev Marat Muhamedovich / Ulugbek Shermukha- medov	Toshkent Davlat Transport University, Axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrası dotsenti E-mail: Aliyev_m@tstu.uz https://orcid.org/0000-0002-7676-1127
Karimova Anora Baxtiyarovna / Anora Karimova	Tashkent Davlat Transport University, Axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrası, professori, E-mail: silara@mail.ru Tel: +998903726455 https://orcid.org/0000-0002-0165-3789



The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area

O.M. Mirzakhidova¹^a, K.S. Lesov¹^b, M.K. Kenzhaliev¹^c, A.Kh. Mavlanov¹^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Rail joints are the most stressed zones of the railway track, where maximum dynamic loads are concentrated, leading to accelerated wear of the ballast layer and subgrade. This paper investigates the effect of geosynthetic reinforcement on the redistribution of vertical stresses in rail joints under an axle load of 25 t. Three scenarios were analyzed: without reinforcement, with geotextile of 400 g/m², and with combined reinforcement using geotextile of 400 g/m² together with a 40×40 mm geogrid. The results showed that the use of geotextile reduced maximum stresses under the sleeper by 15–20 %, while combined reinforcement with geotextile and geogrid achieved a reduction of 25–30 %. At depths up to 0.8 m, the decrease in vertical stresses reached 8–12 % and 15–20 %, respectively. It was also found that the exponential model adequately describes the attenuation pattern of vertical stresses $\sigma(z)$ with depth. The practical significance of the study lies in the substantiation of constructive and technological solutions aimed at increasing the durability of the ballast and subgrade, extending maintenance intervals, and reducing operating costs of railway infrastructure.

Keywords: rail joint, geosynthetics, geotextile, geogrid, vertical stresses, reinforcement, track foundation stability, subgrade

Влияние армирования геосинтетическими материалами на перераспределение вертикальных напряжений и повышение устойчивости основания в зоне рельсовых стыков

Мирзахидова О.М.¹^a, Лесов К.С.¹^b, Кенжалиев М.К.¹^c, Мавланов А.Х.¹^d

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Annotatsiya: Рельсовые стыки являются наиболее напряжёнными зонами железнодорожного пути, где локализуются максимальные динамические нагрузки, что приводит к ускоренному износу балластного слоя и земляного полотна. В статье рассмотрено влияние армирования геосинтетическими материалами на перераспределение вертикальных напряжений в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс. Проведены расчёты по трём сценариям: без армирования, с применением геотекстиля плотностью 400 г/м², а также с использованием геотекстиля 400 г/м² в сочетании с плоской георешёткой 40×40 мм. Результаты показали, что применение геотекстиля снижает максимальные напряжения под шпалой на 15–20 %, а комбинированное армирование геотекстилем и георешёткой – на 25–30 %. На глубине до 0,8 м уменьшение напряжений составило 8–12 % и 15–20 % соответственно. Установлено, что экспоненциальная модель адекватно описывает закономерность затухания напряжений $\sigma(z)$ с глубиной. Практическая значимость работы заключается в обосновании конструктивно-технологических решений, направленных на повышение долговечности балластного слоя и земляного полотна, продление межремонтных сроков и снижение эксплуатационных расходов.

Kalit so'zlar: рельсовый стык, геосинтетические материалы, геотекстиль, плоская георешётка, вертикальные напряжения, армирование, устойчивость основания, земляное полотно

1. Введение

Рельсовые стыки традиционно остаются наиболее уязвимыми участками железнодорожного пути. В зоне стыков концентрируются динамические нагрузки от

подвижного состава, что вызывает локальное повышение вертикальных напряжений в балластном слое и основной площадке земляного полотна. Это приводит к ускоренному износу шпал и балласта, накоплению остаточных деформаций и, как следствие, к

^a <https://orcid.org/0000-0001-6247-1869>

^b <https://orcid.org/0000-0002-9434-0713>

^c <https://orcid.org/0000-0003-4622-5937>

^d <https://orcid.org/0009-0001-7779-9004>



сокращению межремонтных сроков и росту эксплуатационных расходов [1-4]

Современные тенденции развития железнодорожного транспорта, связанные с увеличением осевых нагрузок до 23,5–25 тс и ростом скоростей движения, усиливают негативное влияние стыков на долговечность пути. Поэтому вопросы снижения концентрации напряжений и повышения устойчивости основания в этих зонах приобретают особую актуальность [8-16].

Одним из перспективных направлений инженерной защиты земляного полотна является применение геосинтетических материалов. Геотекстиль и плоская георешётка позволяют перераспределять нагрузку от шпал на большую площадь основания, снижать локальные напряжения и замедлять процессы деформации. Эффективность геосинтетического армирования подтверждена исследованиями (Indraratna, Raymond, Шахунянц, Ашпиз Е.С., Афанасьев и др.), однако большинство работ сосредоточено на общих вопросах устойчивости земляного полотна и армирования в межстыковых зонах. Влияние геосинтетического армирования именно в рельсовых стыках изучено недостаточно [1-7].

Анализ натурных и расчётных исследований показывает, что распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ в зоне стыков можно описать экспоненциальными зависимостями, характеризующими затухание напряжений с глубиной. При этом параметры моделей существенно зависят от конструктивных решений и применения армирующих прослоек. Следовательно, количественная оценка эффекта армирования геосинтетическими материалами в рельсовых стыках является важной научной и практической задачей [17-20].

Целью настоящего исследования является оценка влияния армирования геотекстилем и плоской георешёткой на перераспределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ и повышение устойчивости основания в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс.

2. Методология исследования

Объектом исследования является железнодорожное полотно в зоне рельсовых стыков. В расчётах принята осевая нагрузка 25 тс. Для оценки влияния армирования на напряжённое состояние основания были проанализированы три сценария: без армирования, с геотекстилем плотностью 400 г/м² и с геотекстилем 400 г/м² в сочетании с плоской георешёткой 40×40 мм [4-8].

Расчётная схема основывалась на модели балки на упругом основании.

Реакция шпал задавалась в виде коэффициентов распределения:

- критическая шпала (под колесом у торца рельса): $c_0=0,55-0,65$;
- первая соседняя: $c_1=0,18-0,22$;
- вторая: $c_2=0,08-0,10$;
- третья: $c_3=0,03-0,05$.

Для расчётных сценариев коэффициенты корректировались с учётом армирования (снижение доли c_0 и увеличение эффективной площади контакта шпалы A_{eff}).

Для определения напряжений использованы зависимости:

Среднее давление под шпалой

$$\sigma_0 = \frac{R_0}{A_{eff}}$$

σ_0 – среднее вертикальное давление под шпалой, МПа;

R_0 – реакция основания под критической шпалой, кН;

A_{eff} – эффективная площадь контакта шпалы с балластом, м².

Нагрузка от колеса передаётся на шпалу и далее на балласт. Чем больше реакция R_0 , тем выше напряжение. Увеличение площади контакта A_{eff} (за счёт упругих подрельсовых элементов или армирования) снижает среднее давление. Это соответствует закону механики контакта: при одинаковой силе распределение на большую площадь уменьшает напряжение.

Передача напряжений по глубине

$$\sigma(z) = \sigma_0 e^{-\alpha z}$$

$\sigma(z)$ – вертикальное напряжение на глубине z , МПа;

σ_0 – давление под шпалой;

z – глубина от подошвы шпалы, м;

α – коэффициент затухания, м⁻¹.

Вертикальные напряжения затухают по мере углубления в конструктивные слои пути. Экспоненциальная зависимость отражает физический процесс диссипации напряжений в грунтовой среде.

Без армирования: $\alpha \approx 2,35$ м⁻¹. Затухание происходит быстрее, так как нагрузка концентрирована в верхних слоях.

С геотекстилем: $\alpha \approx 2,15$ м⁻¹. Процесс более плавный, так как армирование увеличивает зону перераспределения.

С геотекстилем и плоской георешёткой: $\alpha \approx 1,95$ м⁻¹. Затухание ещё медленнее, так как армирование эффективно «растягивает» нагрузку по глубине, снижая её концентрацию в верхних слоях.

σ_0 показывает стартовый уровень напряжения под шпалой;

α определяет скорость затухания напряжений в толще балласта и грунта;

чем меньше α , тем глубже распространяется нагрузка, и тем равномернее распределяется напряжённое состояние основания.

В качестве контрольных точек приняты:

- поверхность под шпалой – $z=0,00$ м;
- нижняя граница балластного слоя – $z=0,35$ м;
- основание земляного полотна (ОПЗП) – $z=0,55$ м;
- глубже в грунте – $z=0,77$ м.

3. Результаты и обсуждение

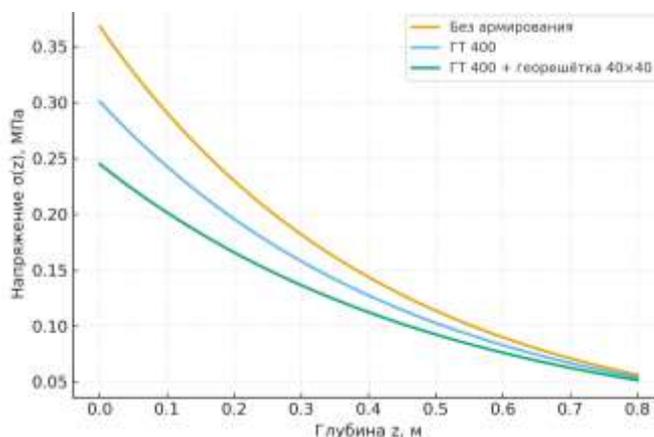
Распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ при осевой нагрузке 25 тс представлено в таблице 1 и на рисунке 1.

В результате расчётов получено распределение вертикальных напряжений $\sigma(z)$ в зоне рельсовых стыков при осевой нагрузке 25 тс для трёх сценариев: без армирования, с геотекстилем 400 г/м² и с комбинацией геотекстиля 400 г/м² и плоской георешётки 40×40мм (таблица 1, рисунок 1).



Расчётные напряжения $\sigma(z)$ при осевой нагрузке 25 тс

Сценарий	σ_0 (МПа)	$z=0.00$ м	$z=0.35$ м	$z=0.55$ м	$z=0.77$ м
Без армирования	0.368	0.368	0.162	0.101	0.060
Геотекстиль 400 г/м ²	0.301	0.301	0.142	0.092	0.058
ГТ 400+георешётка 40×40	0.245	0.245	0.124	0.084	0.055

Рис. 1. Распределение $\sigma(z)$ в стыке при осевой нагрузке 25 тс (три кривые: без армирования, ГТ 400, ГТ+плоская георешётка)

Наибольший эффект армирования проявляется непосредственно в зоне контакта шпалы с балластом (σ_0), однако положительное влияние сохраняется и в нижних слоях основания. Характер кривых $\sigma(z)$ для всех сценариев имеет экспоненциальный вид, что подтверждает корректность выбранной модели передачи напряжений по глубине.

Обсуждение. Полученные результаты подтвердили ключевую гипотезу исследования: применение геосинтетических материалов в зоне рельсовых стыков позволяет снизить концентрацию вертикальных напряжений и обеспечить более равномерное распределение нагрузки в основании пути.

В базовом сценарии без армирования напряжение под шпалой составило 0,368 МПа, что примерно в 1,7–1,8 раза выше, чем в межстыковых пролётах, согласно данным натурных наблюдений. Такая локализация нагрузки приводит к ускоренному износу шпал, балласта и земляного полотна, сокращая межремонтные сроки.

Применение геотекстиля 400 г/м² позволило снизить напряжения под шпалой на 15–20 % и на глубине 0,55–0,77 м на 8–12 %. Эти значения согласуются с результатами зарубежных исследований (Indraratna, Bathurst), где отмечалось, что геотекстиль выполняет роль фильтрующего и разделительного слоя, повышая эффективную площадь контакта и снижая локальные пики напряжений. [5,6]

Наибольший эффект показала комбинация геотекстиля 400 г/м² и плоской георешётки 40×40 мм. В этом случае снижение напряжений под шпалой составило 25–30 %, а в нижних слоях основания – до 15–20 %. Аналогичные результаты приведены в работах (Шахунянц, Ашпиз), где отмечено, что использование георешётки способствует перераспределению реакции между шпалами, снижению коэффициента σ_0 и более равномерному распределению усилий. [1,2]

Таким образом, полученные данные подтверждают эффективность комбинированного армирования, позволяющего замедлить деградацию балластного слоя и основной площадки земляного полотна. Практический эффект выражается в продлении межремонтных сроков, снижении эксплуатационных затрат и повышении устойчивости пути при осевых нагрузках до 25 тс.

4. Выводы

1. В рельсовых стыках напряжения под шпалой возрастают в 1,7–1,8 раза по сравнению с межстыковыми участками.
2. Геотекстиль 400 г/м² снижает σ_0 на 15–20 % и $\sigma(z)$ на глубине на 8–12 %.
3. Комбинация геотекстиля и георешётки обеспечивает снижение σ_0 на 25–30 % и напряжений в нижних слоях на 15–20 %.
4. Эффект армирования наиболее выражен под шпалой, но сохраняется и на глубине до 0,8 м.
5. Армирование геосинтетическими материалами является эффективным решением для повышения долговечности и устойчивости пути при осевых нагрузках до 25 тс.

Список использованной литературы / References

- [1] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 520 с.
- [2] Ашпиз Е.С. Мониторинг земляного полотна, направленный на обеспечение непрерывности движения поездов // В сб.: Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. Труды XVI Международной научно-технической конференции. Чтения посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца. 2020. С.19–24.



[3] Бабков В.Ф. Железнодорожный путь и его эксплуатация. – М.: Маршрут, 2003. – 448 с.

[4] Афанасьев В.И., Лебедев В.А. Основы проектирования и содержания верхнего строения пути. – М.: ФГБОУ «МИИТ», 2012. – 312 с.

[5] Indraratna B., Salim W., Rujikiatkamjorn C. Advanced Rail Geotechnology – Ballasted Track. – CRC Press, 2011. – 414 p.

[6] Bathurst R.J., Jarrett P.M. Performance of geogrid-reinforced ballast layers in track beds // Canadian Geotechnical Journal. – 1988. – Vol. 25(3). – P. 511–522.

[7] Raymond G.P. Geotextiles and geogrids in railway trackbeds // Transportation Research Record. – 1999. – Vol. 1653. – P. 25–31.

[8] UIC Code 719R. Earthworks and Track-bed Construction for Railway Lines. – Paris: International Union of Railways, 2008.

[9] O`z DSt 3519:2021 Ер қопламаси қатламларини ажратиш учун геосинтетик материаллар. Техникавий шартлар Тошкент: Ўзстандарт агентлиги 2021

[10] ШНҚ 2.05.01-23 “Темир йўллар. Лойихалаш талаблари” шаҳарсозлик нормалари ва қоидалар. Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги-Тошкент, 2024 й.

[11] ҚР 02.01-23 “Ер иншоотлари. Заминлар ва пойдеворлар” қурилиш регламенти Ўзбекистон Республикаси қурилиш ва уй-жой коммунал хўжалиги вазирлиги, Тошкент -2023 й.

[12] Положение о системе ведения путевого хозяйства АО«Узбекистон темир йуллари», введенное в действие приказом № 730-Н от 10 декабря 2024 года.

[13] ВСН 354-Н. Ведомственные технические указания по проектированию земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. Ташкент, 2011. ГАЖК «УТИ».

[14] ВСН 213–88. Инструкция по проектированию земляного полотна железных дорог в районах с сыпучими песками. – М.: МПС СССР, 1988.

[15] Инструкция по устройству и содержанию земляного полотна железных дорог (ЦП-530). – М.: Росжелдор, 2010.

[16] СП 32.13330.2018. Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования. – М.: Минстрой России, 2018.

[17] ГОСТ Р 55050–2012. Материалы геосинтетические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.

[18] Лесов К. С., Абдужабаров А. Х., Кенжалиев М. К. Технология усиления основной площадки земляного полотна в зонах рельсовых стыков с применением геотекстиля // Известия Транссиба. – 2022. – №4 (52). – С. 106 – 114.

[19] Лесов К.С., Бондаренко А.А., Абдужабаров А.Х., Кенжалиев М.К.-угли. Результаты усиления

земляного полотна // Путь и путевое хозяйство. – 2024. – № 9. – С. 18–21

[20] Мирзахидова О.М., Лесов, К.С., Уралов А.Ш., Кенжалиев, М.К. Повышение устойчивости пути в зонах рельсовых стыков за счёт применения геосинтетических армирующих материалов// Journal Engineer . -120-122, Special Issue| 2025

[21] Lesov K. S., Kenjaliyev M. K., Mavlanov A. Kh., Tadjibaev Sh. M. Stability of the embankment of fine sand reinforced with geosynthetic materials. E3S Web of Conferences. 2021, no. 264, pp. 02011. DOI: 10.1051/e3sconf/202126402011

[22] Руководство по применению геотекстиля, георешёток и дренажных труб в транспортном строительстве Республики Узбекистан. – Ташкент: Госкомдорстрой РУз, 2023. – 56.

Информация об авторах / Information about the authors

Мирзахидова Озода Мирабдуллаевна / Ozoda Mirzakhidova	Ташкентский государственный транспортный университет, Базовый докторант кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (897) 443-14-11 E-mail: ozoda_27@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-6247-1869
---	---

Лесов Кувандик Сагинович / Kuvandik Lesov	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук, профессор кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (871) 299-03-80. E-mail: kuvandikl@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9434-0713
---	--

Кенжалиев Мухамедали Казбек угли / Mukhamedali Kenzhaliyev	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук, профессор кафедры «Инженерия железных дорог» Тел.: +99 (871) 299-03-80. E-mail: kuvandikl@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-4622-5937
--	--

Мавланов Ахмаджан Хакимжанович / Mavlanov Akhmadjan	Ташкентский государственный транспортный университет, Кандидат технических наук (Ph.D) доцент кафедры «Инженерия железных дорог», Тел.: +99 (871) 299-03-52. E-mail: max23011970@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-7779-9004
---	--



Issues of rational organization local wagon-flows in rail transport

Sh.B. Jumaev¹ ^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article devoted to the problem of rational organization of the movement of local wagon-flows. The article also carried out a systematic analysis of local wagon-flows, shows the factors influencing the plan of their rational organization and developed mathematical solutions to accelerate the movement of local wagon-flows.

Keywords: local wagon-flows, mathematical approach, multi-group trains, optimization, intermediate stations, shunting operations

Temir yo'l transportida mahalliy vagonlar oqimini ratsional tashkil etish masalalari

Jumayev Sh.B.¹ ^a

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqola mahalliy vagonlar oqimini ratsional tashkil etish masalalariga bag'ishlangan. Shuningdek, maqolada mahalliy vagonlar oqimi tizimli ravishda tahlil qilingan, ularni ratsional tashkil etish rejasiga ta'sir etuvchi omillar ko'rsatilgan va mahalliy vagonlar harakatini tezlashtirish bo'yicha matematik yechimlar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: mahalliy vagonlar oqimi, matematik yondashuv, ko'p guruhli poyezdlar, optimallashtirish, oraliq stansiya, manyovr ishlari

1. Kirish

Bugungi kunda yuklarni tashishda transportning tezligi va tashish sifati har qanday transport turining raqobatbardoshligini ta'minlashda eng muhim omil hisoblanadi. Yuklarni etkazib berish vaqtining qisqarishi temir yo'l mijozlarining talablarini to'liq qondirilishiga asos bo'ladi. Bozor iqtisodiyoti sharoitida, mijozlar va tashuvchi o'rtasidagi mustahkam aloqalar, ikki tomon o'rtasida tuzilgan shartnomaga to'liq amal qilingan holatdagina bardavom bo'ladi.

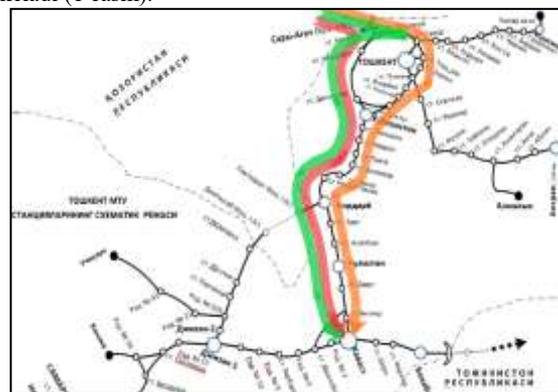
Temir yo'l transportida yuklarni o'z vaqtida etkazib berish vaqti tashish ishlaridagi asosiy ko'rsatkichlardan biridir. Shuningdek, vagonlar oqimining tezlashishi temir yo'l transportida yuklarni etkazib berish vaqtining qisqarishiga sabab bo'ladi. Yuklarni o'z manzillariga etkazib berish vaqtini qisqartirish uchun, vagonlar oqimini ratsional tashkil etish hamda ularning harakatini tezlashtirishga ta'sir etuvchi omillarni tahlil qilish va mazkur omillarni takomillashtirish bo'yicha chora-tadbirlar ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

Hozirgi kunda "O'zbekiston temir yo'llari" Aksiyadorlik Jamiyati (bundan keyin "O'TY" AJ)ning deyarli barcha texnik stansiyalarida ko'p guruhli poyezdlarni qayta ishlash qamrovi ortib bormoqda. Shuningdek, yuklarni o'z vaqtida etkazib berish tamoyilini inobatga olgan holda, ushbu turdagi poyezdlar orqali tashilayotgan yuklarni tashish vaqtini qisqartirish va yuk sifatini saqlab qolish masalalariga jiddiy e'tibor qaratilmoqda. Temir yo'l sohasida, ko'p guruhli poyezdlar bilan texnik stansiyalarda bajariladigan jarayonlar uchun saflanadigan vaqtlarni optimallashtirish va mazkur turdagi poyezdlar

harakatlanuvchi uchastkalarda mahalliy vagonlar harakatini ratsional tashkil etish dolzarb muammolardan biri bo'lmoqda.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot ob'ekti va tahlili. Bugungi kunda "O'TY" AJga Qozog'iston temir yo'llari orqali poyezdlar oqimi asosan Sari-Agach xalqaro kesishish punkti orqali kirib keladi (1-rasm).



1-rasm. "Qozog'iston temir yo'llari" AJdan "O'TY" AJ ga kirib keluvchi vagonlar oqimi (poyezdlar oqimi) yo'nalishlari

Xronometrik kuzatuvlar davomida, ushbu tuzilgan poyezdlar oqimi "Qozog'iston temir yo'llari" AJning eng katta saralash stansiyalaridan biri bo'lgan "Aris"

^a  <https://orcid.org/0000-0003-4905-9620>



stansiyasidan amalga oshirilishi aniqlandi. Mazkur stansiyadan “O‘TY” AJning stansiyalariga 3 xil yo‘nalishlarda poyezdlar tuziladi. Bular:

1-yo‘nalish. Aris – Chuqursoy stansiyalari (1-rasmda yashil rang bilan belgilangan oqim);

2-yo‘nalish. Aris – Xavast stansiyalari (Nazarbek stansiyasi orqali harakatlanadigan poyezdlar oqimi bo‘lib, 1-rasmda qizil rang bilan belgilangan oqim);

3-yo‘nalish. Aris – Chuqursoy – Xavast stansiyalari (Toshkent-yuk stansiyasi orqali harakatlanadigan poyezdlar oqimi bo‘lib, 1-rasmda sariq rang bilan belgilangan oqim).

Birinchi yo‘nalishda, poyezdlar Chuqursoy stansiyasiga qabul qilinadi hamda ushbu poyezdlar stansiyalar bo‘yicha qayta ishlanadi [1] (jumladan, “Janubiy” yo‘nalishi (asosan, Xavast stansiyasi) bo‘yicha ham poyezdlar qayta tuziladi).

Ikkinchi yo‘nalishda, poyezdlar Keles stansiyasiga qabul qilinadi hamda Nazarbek stansiyasi orqali o‘tkazilib, asosan Xavast stansiyasigacha (“Janubiy” yo‘nalishi bo‘yicha) yetkaziladi.

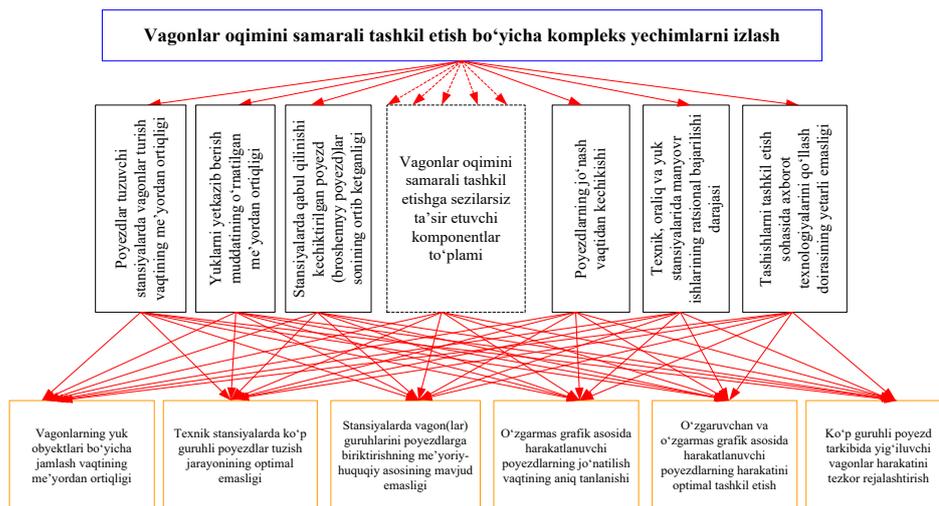
Uchinchi yo‘nalishda, poyezdlar Chuqursoy stansiyasiga qabul qilinadi hamda ushbu poyezdlar stansiyada qayta ishlanadi va asosan Xavast stansiyasi (“Janubiy” yo‘nalishi)ga bo‘yicha poyezdlar qayta tuziladi. Chuqursoy- Keles peregoni poyezdlar bilan banda bo‘lish vaqtining ko‘pligini inobatga olib, mazkur poyezdlar Toshkent-yuk stansiyasi orqali o‘tkaziladi.

Tadqiqot ishlari shuni ko‘rsatdiki, Sari-Agach xalqaro kesishish punkt orqali kirib kelayotgan yuk poyezdlari oqimining asosiy qismi (odatda 80%) Chuqursoy saralash stansiyasiga qabul qilinadi [2], ya‘ni 1-rasm asosida mazkur oqim Aris – Chuqursoy stansiyalari va Aris – Chuqursoy – Xavast stansiyalari yo‘nalishlari bo‘yicha tuziluvchi poyezdlar hisoblanadi. Nazarbek stansiyasi orqali o‘tkaziladigan Aris– Xavast yo‘nalishdagi poyezdlar oqimi, ushbu punktdan “O‘TY”AJ ga kirib keluvchi umumiy

poyezdlar oqimining o‘rtacha 10 % ini tashkil etadi. Bundan shuni xulosa mumkinki, Aris stansiyasi “O‘TY” AJning Xavast stansiyasiga umumiy poyezdlarning 10 % ulushida o‘tkinchi poyezdlar tuzishi rejalashtirilgan. Demak, vagonlar oqimi harakatini tezlashtirish rejalashtirilayotgan “Janubiy” yo‘nalishi bo‘yicha, Chuqursoy stansiyasi asosiy vagonlar oqimini qayta ishlovchi texnik stansiyalardan biridir.

Shuningdek, tadqiqot davomida Chuqursoy stansiyaning qabul qilish parkida qayta ishlanadigan tranzit vagonlarining me‘yoriy vaqtdan ortiqcha turib qolayotganligi aniqlandi. Vagonlarining me‘yoriy vaqtdan ortiqcha turib qolayotganligiga asosiy sabab, ushbu stansiyaga qabul qilinayotgan va tuziladigan yuk poyezdlarining 60% dan ortig‘i ko‘p guruhli poyezdlar ulushiga to‘g‘ri keladi. Ko‘p guruhli poyezdlar ulushi ortib ketganligi sababli, hozirgi kunda ushbu turdagi poyezdlarni tarqatish va yig‘ish jarayoniga ko‘p vaqt sarflanmoqda [3, 4]. Amaldagi saralash tepaligi ish texnologiyasi bo‘yicha ko‘p guruhli poyezdlarni tuzish mobaynida, saralash tepaligidan boshqa poyezd tarkiblarini tarqatish to‘xtatiladi. Demak, stansiyada ko‘p guruhli poyezdlar ulushining oshishi qabul qilish parkida vagonlarning me‘yordan ortiq kutishiga va o‘z o‘rinda bu mazkur uchastkadagi mahalliy vagonlar oqimi harakatini sekinlashishiga olib keladi.

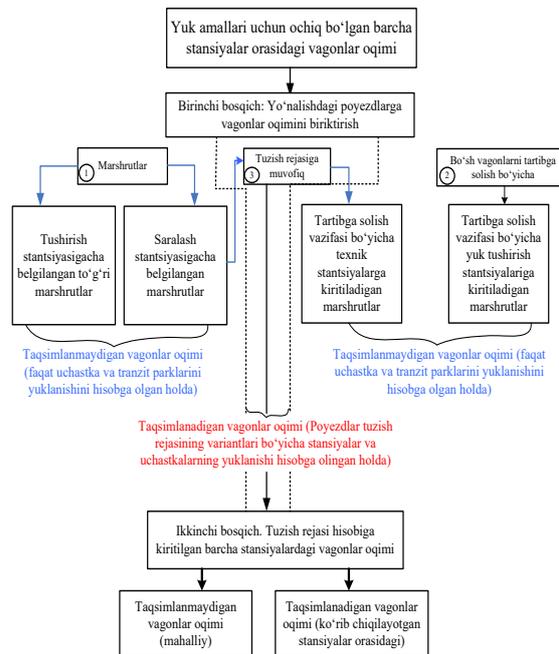
Vagonlar oqimiga ta‘sir etuvchi omillar. Zamonaviy texnologiyalar rivojlanib borayotgan sharoitda, vagonlar oqimini tashkil etish tizimining asosiy mezonlaridan biri – vagonlar aylanmasi vaqtini qisqartirishdir. Olib borilgan tadqiqotlar yuklarni yetkazib berish muddatini hisobga olgan holda, “O‘TY” AJda yuklarni tashish nomutanosibligi sharoitida vagonlar oqimini samarali tashkil etish bo‘yicha kompleks echimlarni izlash yo‘nalishlarini belgilash zaruratini ko‘rsatdi (2-rasm).



2-rasm. Yuklarni tashish nomutanosibligi sharoitida vagonlar oqimini samarali tashkil etish bo‘yicha kompleks yechimlarni izlash yo‘nalishlari

2-rasmda ko‘rsatilgan yo‘nalishlar bo‘yicha transport jarayonlari texnologiyasini takomillashtirish vagonlar oqimini ratsional tashkil etish rejasini ishlab chiqish va temir yo‘l uchastkalaridagi mahalliy vagonlar oqimi harakatini tezlashishiga zamin yaratadi. Vagonlar oqimini ratsional

tashkil etish jarayonining umumiy sxemasidan (3-rasm) kelib chiqqan holda vagonlar oqimi harakatining sekinlashishiga ta‘sir ko‘rsatuvchi barcha omillarni (4-rasm) tahlil etish zarur.

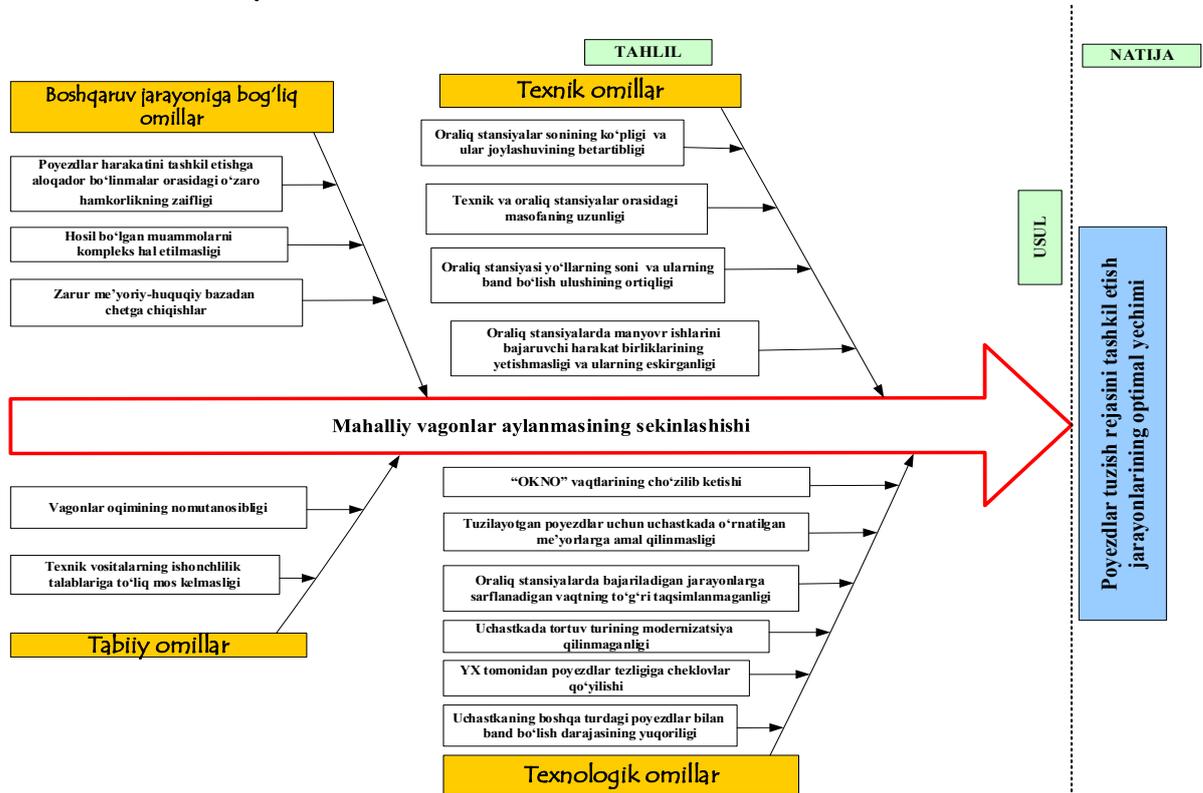


3-rasm. Vagonlar oqimini ishlab chiqish jarayonining umumiy sxemasi

Rasmiy statistik ma'lumotlar asosida aniqlanishicha, Yevropaning o'rganilgan 13 mamlakatida SWL (yakka vagonli yuk tashish) harakati tranzit tashuvlarini hisobga olmagan holda taxminan 75 milliard tonna-kilometrni tashkil etadi. Agar tranzit tashuvlari va qolgan Yevropa Ittifoqi a'zolari ham hisobga olinsa, YI va Shveysariya (EU+CH) bo'yicha ushbu ko'rsatkich 80–85 milliard tonna-kilometr atrofida bo'ladi. Ushbu natija Xrail tomonidan 2010-yilda taqdim etilgan, ehtimol 2009-yil ma'lumotlariga asoslangan oldingi hisob-kitoblarga nisbatan 15–20 foiz pastdir [5].

Vagonlar oqimining harakat yo'nalishlarini inobatga olgan holda, mahalliy vagonlar oqimi (temir yo'l ichki qatnovlaridagi vagonlar oqimi)ning harakatini sekinlashishiga ta'sir etuvchi asosiy omillar quyidagi 4 turga ajratiladi (4-rasm):

- texnik omillar;
- texnologik omillar;
- boshqaruv jarayoniga bog'liq omillar;
- tabiiy omillar.

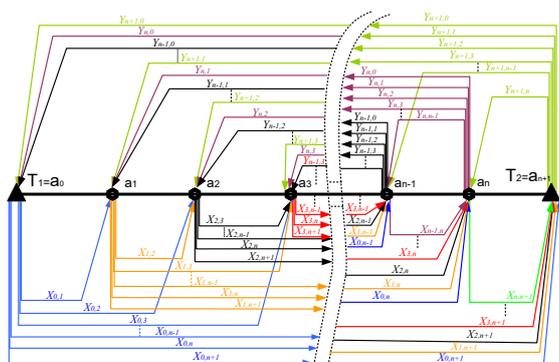


4-rasm. Mahalliy vagonlar oqimini sekinlashishiga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish sxemasi

Mahalliy vagonlar oqimining sekinlashish holatlarini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlarni ishlab chiqishda, uchastka tarkibidagi oraliq stansiyalar orqali vagonlar oqimini oqilona taqsimlash muhim omil hisoblanadi. Mahalliy vagonlar harakatini jadallashtirish jarayonida matematik modellar asosida optimal yechimlarni izlash hamda baholash mezonlarini to'g'ri tanlash samaradorlikni ta'minlaydigan asosiy usullardan biridir.

Vagonlar oqimini tezlashtirish bilan bog'liq matematik tahlil vagonlarning o'z manzillariga yetib borish imkonini beruvchi tashish sxemalarini aniqlashga tayanadi. Ushbu sxemalarning umumiy miqdori uchastkadagi oraliq stansiyalar soni, tashiladigan vagonlar hajmi, stansiyalarning joylashuv xususiyati va boshqa bir qator parametrlar bilan belgilanadi.





4-rasm. Mahalliy vagonlarni o'z manzillariga yetkazib berishning matematik ehtimollik grafigi

3. Xulosa

Xulosa qilib aytganda, mahalliy vagonlar oqimi harakatini jadallashtirishda unga ta'sir ko'rsatadigan omillarni kamaytirish yoki zarur hollarda ularning ta'sir darajasini oshirish, yuklarni o'z vaqtda manzillariga yetkazib berish tizimini takomillashtirishning asosiy mezonlaridan biri sifatida qaraladi. Shu bilan birga, mahalliy vagonlar aylanmasi misolida vagonlarning manzillariga yetkazilish jarayonini ifodalovchi algebraik ehtimollik modeli ishlab chiqilishi, ularni texnik hamda oraliq stansiyalar o'rtasida oqilona taqsimlash imkoniyatini yaratadi.

Mazkur stansiyalarda vagonlarning ortiqcha turib qolish vaqtini qisqartirish esa, butun tashish jarayonining samaradorligini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Matematik asoslangan yondashuvlar yordamida mahalliy vagonlar oqimini oqilona tashkil etish, kelgusida temir yo'l transporti tizimi bilan uning mijozlari o'rtasidagi hamkorlikni yanada mustahkamlash uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] Кужель, А. А. О ходе разработки эффективной технологии управления вагонными парками в условиях множественности операторов подвижного состава [Текст] / А. А. Кужель // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2012. – № 4. – С. 2–7. – ISSN – 2304-9642.

[2] Кужель, А. Л. Новый подход к управлению вагонопотоками [Текст] / А. Л. Кужель, И. Н. Шапкин, А. Н. Вдовин // «Железнодорожный транспорт». – 2010. – № 10. – С. 19–24.

[3] Бородин, А. Ф., Сотников, Е. А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учётом увеличения доли частных вагонов [Текст] / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 8–19.

[4] Бочарова, А. А. (2010). Система управления вагонными парками разных собственников. *Transport Business In Russia* 235, (12), 234-235.

[5] European Commission. Study on Single Wagonload Traffic in Europe – challenges, prospects and policy options: Executive summary. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. – 48 p. https://transport.ec.europa.eu/index_en.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Jumayev	Toshkent davlat transport universiteti,
Sherzod	“Temir yo‘ldan foydalanish ishlarini
Bahrom	boshqarish” kafedrasida dotsenti, t.f.f.d
o‘g‘li /	(PhD).
Sherzod	E-mail: shbjumayev_92@mail.ru
Jumayev	Tel.: +99899 879 92 14
	https://orcid.org/0000-0003-4905-9620



The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area

O.M. Mirzakhidova¹^a, K.S. Lesov¹^b, M.K. Kenjaliev¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This study focuses on identifying and evaluating vertical dynamic stresses that arise in the rail joint zones of railway tracks under the influence of trains traveling at speeds of 160–200 km/h. The calculations account for impact loads resulting from wheel–rail interactions, joint gaps, structural irregularities, and uneven load distribution across sleepers. Static and dynamic stress components are superimposed to determine the total stress profile. The effectiveness of local reinforcement using geosynthetic materials is assessed based on the reduction of stress with depth. Calculations are performed within a zone extending 6 to 10 sleepers on either side of the rail joint (a total of 12–20 sleepers). The results are used to enhance the deformation resistance of the subgrade, ensure compliance with regulatory stress limits, and determine the optimal length of the reinforced zone.

Keywords: rail joint zone, vertical dynamic stresses, geosynthetic materials, geotextile, planar geogrids, local reinforcement, impulse attenuation, efficiency coefficient, subgrade stability

Yer polotnosi asosiy maydonchasini mahalliy armirlashni hisobga olgan holda rels choklari zonasidagi dinamik kuchlanishlarni hisoblashning takomillashtirilgan metodikasi

Mirzaxidova O.M.¹^a, Lesov K.S.¹^b, Kenjaliev M.K.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada temir yo'l rels choklari zonasida 160–200 km/soat tezlikda harakatlanayotgan poyezdlar ta'sirida yuzaga keladigan vertikal dinamik kuchlanishlarni aniqlash va baholashga qaratilgan. Hisoblashlar g'ildirak–rels o'zaro ta'siridagi zarbali yuklanishlar, chokdagi tirqishlar, vibratsion effektlar va yukning shpallar bo'yicha notekis taqsimlanishini inobatga olgan holda olib boriladi. Metodika asosida statik va dinamik kuchlanishlar ustma-ust qo'yilib, to'liq kuchlanish aniqlanadi. Geosintetik materiallar bilan lokal armirlashning samaradorligi chuqurlik bo'yicha kuchlanishlarni kamaytirish orqali baholanadi. Hisoblashlar rels chokining har ikki tomonida 6–10 ta shpal oralig'ida (jami 12–20 ta) amalga oshiriladi. Olingan natijalar yer polotnosining deformatsiyaga chidamliligini oshirish, me'yoriy kuchlanish chegaralariga rioya etilishini ta'minlash va armirlash zonasining optimal uzunligini aniqlashda qo'llaniladi.

Kalit so'zlar: rels choklari zonasi, vertikal dinamik kuchlanishlar, geosintetik materiallar, geotekstil, yassi geopanjalar, lokal armirlash, impuls so'nishi, samaradorlik koeffitsiyenti, yer polotnosi mustahkamligi

1. Kirish

Rels choklari an'anaviy ravishda temir yo'lning eng zaif uchastkalari hisoblanadi. Mazkur zonada harakatlanuvchi tarkibdan kelib chiqadigan dinamik yuklanishlar to'planadi, bu esa ballast qatlami hamda yer polotnosining asosiy maydonchasida vertikal kuchlanishlarning mahalliy ortishiga olib keladi. Natijada shpallar va ballastning tezroq eskirishi, qoldiq deformatsiyalarning to'planishi yuz beradi hamda bu holat ta'mirlashlar orasidagi muddatning

qisqarishi va ekspluatatsion xarajatlarning oshishiga sabab bo'ladi [1–4].

Ushbu metodika temir yo'l rels choklari zonasida 160–200 km/soat tezlikda harakatlanayotgan poyezdlar ta'sirida yuzaga keladigan vertikal dinamik kuchlanishlar aniqlash va baholashga qaratilgan. Bunday kuchlanishlar g'ildirak–rels o'zaro ta'siridagi zarbali yuklanishlar, chokdagi tirqishlar va konstruktiv notekisliklar, shuningdek, yukning shpallar bo'yicha notekis taqsimlanishi natijasida yuzaga keladi.

^a <https://orcid.org/0000-0001-6247-1869>

^b <https://orcid.org/0000-0002-9434-0713>

^a <https://orcid.org/0000-0003-4622-5937>



Hisoblash natijalari yer polotnosining chuqurlik bo'yicha kuchlanish holatini baholash, geosintetik materiallar bilan lokal armirlash samaradorligini aniqlash va konstruktiv yechimlarning me'yoriy talablarga muvofiqligini tekshirish uchun xizmat qiladi. [5-6]

2. Tadqiqot metodologiyasi

Armirlash zonasi chokdan har ikki tomonga 6–10 ta shpallik (jami 12tadan 20 tagacha) masofada amalga oshiriladi. Hisoblashda statik tashkil etuvchi $\sigma(z)$ va qo'shimcha dinamik ta'sir $\Delta\sigma_{dyn}$ ustma-ust qo'yiladi. Olingan natijalar yer polotnosini kuchaytirish loyihasini ishlab chiqishda, armirlangan zona uzunligini tanlashda hamda kuchlanishlar bo'yicha belgilangan mezonlarning bajarilishini tekshirishda qo'llaniladi. [15]. Yo'l konstruksiyasi va material parametrlari R-65 relslari, BF-70 shpallari, Pandrol Fastclip mahkamlagichlari, 25–60 mm ($h=0,40$ m) maydalangan toshdan tayyorlangan ballast, $h=0,20$ m qumli ballast osti qatlami va asos sifatida loyly qum gruntidan iborat. Yuklanish 18 t/o'q bo'lib, epyura 2000 dona/km ni tashkil etadi. Chok tuguni geometriyasida haqiqiy tirqish Δl va notekisliklar inobatga olinadi. Ushbu metodika temir yo'lining ishonchligini oshirish, yer asosining deformatsiyasini kamaytirish va tekis yuk taqsimotini ta'minlashga qaratilgan.

Z chuqurlikdagi statik kuchlanish quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\sigma_{st}(z) = \frac{P_{II}}{A} e^{-\alpha z}$$

bu yerda P_{II} - g'ildirak o'qidan shpalga tushadigan hisobiy yuklama (qo'shni shpallarga taqsimlanishini hisobga olgan holda),

A - shpalaning ballastga tayanish maydoni,

α - konstruksiya qatlamlari bo'yicha so'nish koeffitsiyenti

Ulanish joyida yuzaga keladigan qo'shimcha dinamik kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta\sigma_{dyn}(z) = \sigma_{st}(z) k_{dyn}$$

bu yerda k_{dyn} - chokning holati va tezlikni hisobga oluvchi dinamik o'sish koeffitsiyenti.

Odatda:

soz chok uchun: $k_{dyn}=0.2\div 0.3$;

o'rtacha yeyilish uchun: $k_{dyn}=0.3\div 0.5$;

nuqsionli chok uchun: $k_{dyn}=0.6\div 0.8$ gacha qabul qilinadi
To'liq kuchlanish quyidagi formulada ifodalanadi:

$$\sigma_{tot}(z) = \sigma_{st}(z) + \Delta\sigma_{dyn}(z) = \sigma_{st}(z) (1 + k_{dyn})$$

Dinamika koeffitsiyentining harakat tezligiga bog'liqligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$k_{dyn} = k_0 + m \frac{v}{100}$$

kichik tezliklar uchun bazaviy koeffitsiyent ($\approx 0.15-0.20$),

bu yerda: m - empirik koeffitsiyent ($\approx 0.05-0.10$),

V - harakat tezligi, km/soat.

Dastlab, birinchi metodika asosida $\sigma(z)$ — statik kuchlanish taqsimoti aniqlanadi. Keyinchalik, harakat tezligi (160 va 200 km/soat) hamda relslar ulanish holatiga bog'liq holda dinamik o'sish koeffitsiyenti k_{dyn} hisoblanadi. Ushbu koeffitsiyent asosida qo'shimcha dinamik kuchlanishlar $\Delta\sigma_{dyn}$ va to'liq kuchlanish $\sigma_{tot}(z)$ aniqlanadi. Olingan natijalar amaldagi me'yoriy talablarga muvofiqligi bo'yicha baholanadi. Jumladan, shpal ostida kuchlanish $\sigma \leq 0,50$ MPa, yer polotnosi asosiy maydonning ustki qatlamida (chuqurligi 0,60 m) esa $\sigma \leq 0,12$ MPa bo'lishi lozim. Armirlashning turli variantlari (armirlanmagan, geotekstil bilan, geotekstil+yassi geopanjara) uchun dinamik kuchlanishlarning pasayish darajasi aniqlanadi. Bu holatda har bir armirlash usulining samaradorligi solishtirma tahlil asosida baholanadi. Hisoblash faqat rels choklari zonasida har bir tomonga 6–10 ta shpal (jami 12/16/20 ta) zonaning uzunligini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Yer polotnosi asosiy maydonchasining lokal armirlash sharoitida rels choklari zonasidagi kuchlanishlar baholanadi.

Armirlash effektining uzunlik bo'yicha masshtablanishi ham ko'rib chiqiladi. Zona qanchalik katta bo'lsa, armirlash samarasi "to'liq o'lchamli" holatga shunchalik yaqinlashadi. Bu yondashuv real sharoitda qo'llaniladigan konstruktiv yechimlarning fizik asoslanganligini ta'minlaydi.

3. Tahlil va muhokama

Rels choklari zonalari uchun kuchlanishlarni baholash uslubini quyidagi formulaviy asosga tayangan holda takomillashtiriladi. Ulanish bazasi avvalgidek saqlanadi:

$$\sigma_{tot}(z) = \sigma_{st}(z) (1 + k_{dyn})$$

Bu yerda $k_{dyn} = k_0 + m \frac{v}{100}$ (chokning zarbali dinamikasini ifodalaydi,).

Armirlash k_{dyn} ga emas, balki chuqurlik bo'ylab so'nishga ta'sir qiladi (impulsni yaxshiroq "so'ndiradi"):

$$\alpha_{apm} = \alpha (1 + c_i k_g^{eff}), \text{ bu yerda } k_g^{eff} = k_g * \eta_L$$

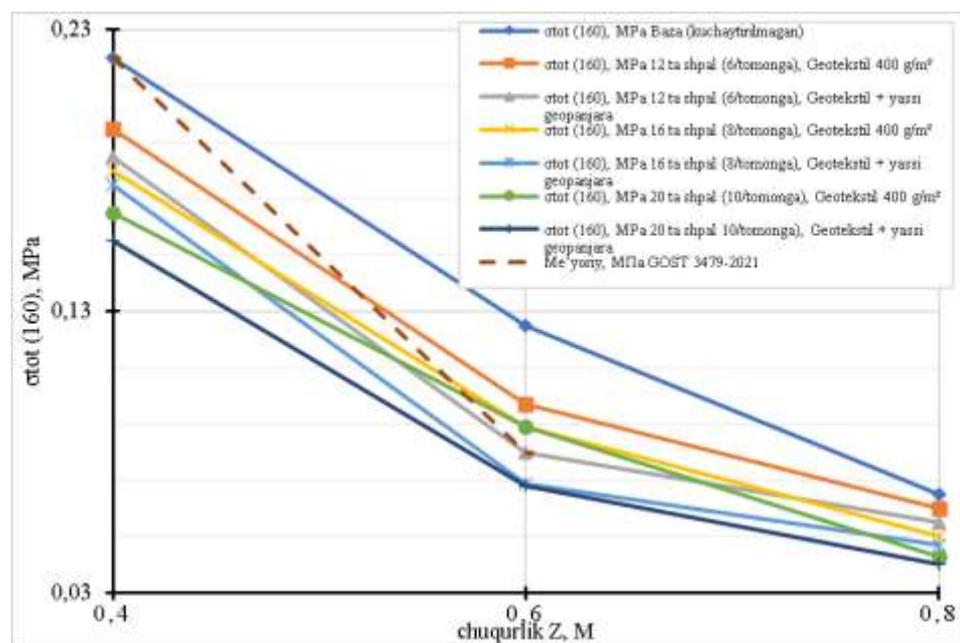
Armirlashning ta'siri bevosita k_{dyn} qiymatiga emas, balki impulsning chuqurlik bo'ylab so'nish darajasiga taalluqlidir. Armirlash materiallari impulsni samarali "so'ndiradi", ya'ni kuchlanish tarqalishini vertikal yo'nalishda kamaytiradi. Bu holat quyidagi formulada ifodalanadi:

$$\alpha_{apm} = \alpha (1 + c_i k_g^{eff}),$$

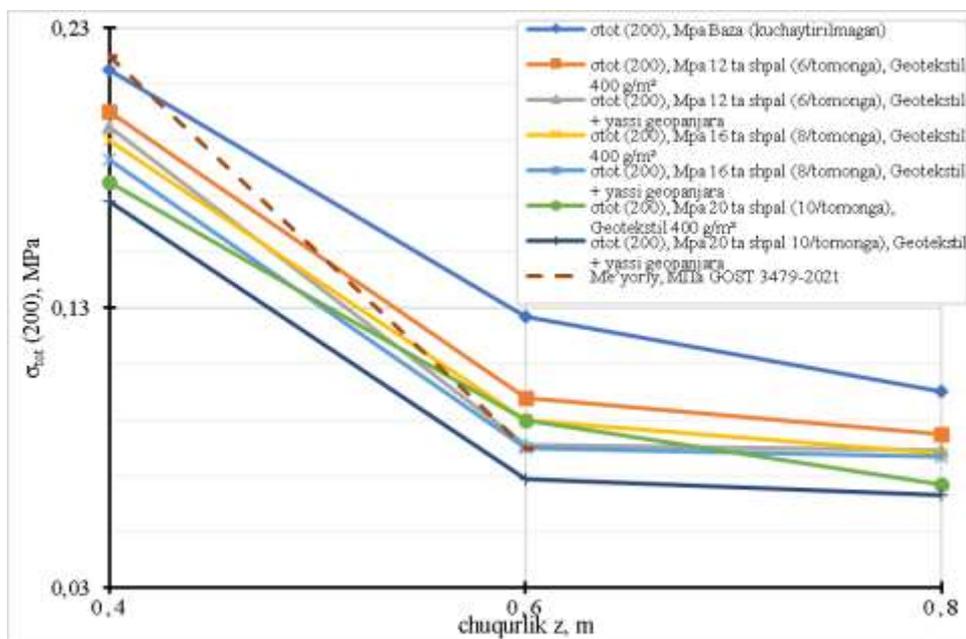
Bu yerda $-k_g^{eff} = k_g \cdot \eta_L$. geosintetikning samaradorlik koeffitsiyenti.

Bo'ylama samaradorlik koeffitsiyenti $\eta_L = \min(1, N_{c6}/8)$ — bu yerda N_{c6} har bir tomonga shpallari soni. Agar zona har ikki tomonga 8 ta shpalni qamrab olsa, armirlash "to'liq o'lchamli" samaraga yaqinlashadi.





1-rasm. Rels choklari zonasida $\sigma(z)$ kuchlanishlarining taqsimoti grafigi 160 km/soat tezlik uchun (bazaviy holat (armirlashsiz) va lokal armirlash bilan)



2-rasm. Rels choklari zonasida $\sigma(z)$ kuchlanishlarining taqsimoti grafigi 200 km/soat tezlik uchun (bazaviy holat (armirlashsiz) va lokal armirlash bilan)

Grafiklar (1 va 2-rasmlar) tahlili shuni ko'rsatadiki, 0,40–0,82 m chuqurlik oralig'ida "armirlash" egri chiziqlari "asos" holatiga nisbatan pastroqda va barqaror joylashgan. Bu holat so'nish koeffitsiyenti α ning ortishi hisobiga impulsning tezroq so'nishini aks ettiradi. Har ikkala profil bo'yicha "armirlash" egri chiziqlari aynan 0,40–0,82 m chuqurlikda "baza" holatidan pastda joylashgan bo'lib, bu vertikal kuchlanishlarning samarali so'nishini tasdiqlaydi.

Shpallar soni bo'yicha 12, 16 va 20 ta oralig'idagi farq sezilarli: 16 ta shpal (ya'ni har ikki tomonga 8 tadan) armirlashning "to'liq" ta'sir chegarasini ifodalaydi, 20 ta shpal esa qo'shimcha zaxira sifatida baholanadi. Aynan 16–20 ta shpallik armirlash zonasi sharoitida geotekstil va yassi

geopanjara kombinatsiyasidan iborat armirlash yechimi kuchlanishlar bo'yicha me'yoriy shartlarning barqaror bajarilishini ta'minlaydi.

4. Xulosa

Temir yo'l rels choklari zonasida 160–200 km/soat tezlikda harakatlanayotgan poyezdlar ta'sirida yuzaga keladigan kuchlanishlarning differensial taqsimlanishi $\sigma(z)$ (sigma(z)), dinamik yuklanishlar va geosintetik materiallarning armirlovchi ta'siri hisobga olindi.

Geosintetik materiallardan foydalanish samaradorligini miqdoriy baholash uchun geotekstil, yassi geopanjalar va



ularning kombinatsiyalariga asoslangan hisoblash yondashuvi taklif etildi. Bu yondashuv vertikal kuchlanishlar va cho'kindilarning pasayish darajasini aniqlash imkonini beradi. 400 g/m² zichlikdagi geotekstil kuchlanishni 25–30% gacha, geotekstil va 40×40 mm yassi geopanjara kombinatsiyasi esa 45% gacha kamaytirishi aniqlandi.

Dinamika koeffitsiyenti $k_{dyn} = k_0 + m \frac{v}{100}$ va bo'yalama samaradorlik koeffitsiyenti η_L o'rtasidagi bog'liqlikni hisobga olish orqali rels choklari zonasidagi dinamik kuchlanishlarni hisoblash usuli takomillashtirildi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, har bir tomonga kamida 8 tadan (jami 16 ta) shpal oralig'ida geotekstil va yassi geopanjara asosidagi kombinatsiyalangan armirlash 200 km/soat tezlikda ($\sigma(z=0,60 \text{ m}) \leq 0,08 \text{ MPa}$) me'yoriga rioya etilishini ta'minlaydi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 520 с.
- [2] Ашпиз Е.С. Мониторинг земляного полотна, направленный на обеспечение непрерывности движения поездов // В сб.: Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. Труды XVI Международной научно технической конференции. Чтения посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца. 2020. С.19-24.
- [3] Бабков В.Ф. Железнодорожный путь и его эксплуатация. – М.: Маршрут, 2003. – 448 с.
- [4] Indraratna B., Salim W., Rujikiatkamjorn C. Advanced Rail Geotechnology – Ballasted Track. – CRC Press, 2011. – 414 p.
- [5] Bathurst R.J., Jarrett P.M. Performance of geogrid-reinforced ballast layers in track beds // Canadian Geotechnical Journal. – 1988. – Vol. 25(3). – P. 511–522.
- [6] Raymond G.P. Geotextiles and geogrids in railway trackbeds // Transportation Research Record. – 1999. – Vol. 1653. – P. 25–31.
- [7] UIC Code 719R. Earthworks and Track-bed Construction for Railway Lines. – Paris: International Union of Railways, 2008.
- [8] O'z DSt 3519:2021 Ер копламаси қатламларини ажратиш учун геосинтетик материаллар. Техникавий шартлар Тошкент: Ўзстандарт агентлиги 2021
- [9] ШНҚ 2.05.01-23 “Темир йўллари. Лойиҳалаш талаблари” шаҳарсозлик нормалари ва қондалар. Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги-Тошкент, 2024 й.
- [10] ҚР 02.01-23 “Ер иншоотлари. Заминлар ва пойдеворлар” қурилиш регламенти Ўзбекистон Республикаси қурилиш ва уй-жой коммунал хўжалиги вазирлиги, Тошкент -2023 й.
- [11] Положение о системе ведения путевого хозяйства АО «Узбекистон темир йуллари», введенное в действие приказом № 730-Н от 10 декабря 2024 года.
- [12] ВСН 354-Н. Ведомственные технические указания по проектированию земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. Ташкент, 2011. ГАЖК «УТЙ».
- [13] Инструкция по устройству и содержанию земляного полотна железных дорог (ЦП-530). – М.: Росжелдор, 2010.
- [14] ГОСТ Р 55050–2012. Материалы геосинтетические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.
- [15] Лесов К. С., Абдужабаров А. Х., Кенжалиев М. К. Технология усиления основной площадки земляного полотна в зонах рельсовых стыков с применением геотекстиля // Известия Транссиба. – 2022. – №4 (52). – С. 106 – 114.
- [16] Мирзахидова О.М., Лесов, К.С., Уралов А.Ш., Кенжалиев, М.К. Повышение устойчивости пути в зонах рельсовых стыков за счёт применения геосинтетических армирующих материалов// Journal Engineer. -120-122, Special Issue| 2025
- [17] Руководство по применению геотекстиля, георешёток и дренажных труб в транспортном строительстве Республики Узбекистан. – Ташкент: Госкомдорстрой РУз, 2023. – 56.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Mirzaxidova Ozoda / Ozoda Mirzaxidova	Toshkent davlat transport universiteti, TDTrU “Temir yo‘l muhandisligi” kafedrası tayanch doktoranti Phone: +99 (897) 443-14-11 E-mail: ozoda_27@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-6247-1869
Kenjaliyev Muhamedali / Mukhamedali Kenzhaliyev	Toshkent davlat transport universiteti, TDTrU “Temir yo‘l muhandisligi” kafedrası dotsent v.b., texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) Phone: +99 (871) 299-03-52 E-mail: mkenjaliyev@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-4622-5937
Lesov Kuvandik / Kuvandik Lesov	Toshkent davlat transport universiteti, TDTrU “Temir yo‘l muhandisligi” kafedra mudiri, professor, texnika fanlari nomzodi Phone: +99 (871) 299-03-80 E-mail: kuvandikl@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9434-0713



Methods for reducing motor vehicle emissions into the environment

Sh.K. Khakimov¹^a, D.A. Abdurazakova¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This article provides an overview of the environmental impact of the vehicle and tasks to reduce GHG. 4-step methods of reducing the environmental impact of the vehicle are reflected in the article. The operating modes of the engine in terms of fuel economy and reduction of environmental damage are given in the example of 3 cars. Stated that when power usage grade is $U = 0.8$ and engine operates in 70-80% of its maximum engine speed a fuel consumption and environmental damage is reduced. The article summarizes the following: operation of the engine with power usage grade around 0.8 in the city conditions can be provided by using engines with appropriate power i.e. a car with big engine power is not necessary in the city conditions in terms of fuel economy and environment protection.

Keywords: environment, emissions, power usage grade, engine speed, fuel consumption, fuel-air mixture, engine operation

Методы снижения выбросов автотранспортных средств в окружающую среду

Хакимов Ш.К.¹^a, Абдуразакова Д.А.¹^b

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В статье представлен обзор воздействия транспортного средства на окружающую среду и задачи по снижению выбросов парниковых газов. В статье отражены 4-х этапные методы снижения вредного воздействия транспортного средства на окружающую среду. На примере 3-х автомобилей приведены режимы работы двигателя с точки зрения экономии топлива и снижения экологического ущерба. Указано, что при коэффициенте использования мощности $U = 0,8$ и работе двигателя на 70-80% от его максимальных оборотов расход топлива и выброс окружающей среде снижаются. В статье резюмируется следующее: работа двигателя с коэффициентом использования мощности около 0,8 в городских условиях может быть обеспечена использованием двигателей соответствующей мощности, т.е. в городских условиях автомобиль с большой мощностью двигателя не выгоден с точки зрения экономии топлива и защиты окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, выбросы, степень использования мощности, обороты двигателя, расход топлива, топливовоздушная смесь, режим работы двигателя

1. Введение

Защита окружающей среды является одной из важнейших проблем человечества, поскольку от ее решения зависят жизнь, здоровье и благополучие людей. Автомобильный транспорт является одним из основных загрязнителей окружающей среды. В процессе работы двигателя в атмосферу выбрасываются вредные газообразные элементы: пять видов из них наиболее вредны для здоровья человека (углекислый газ, твердые частицы, оксид углерода, углеводороды, оксид азота). В настоящее время транспортные средства, сильно загрязняют атмосферу, например, если один автомобиль потребляет 10-12 литров бензина, он выбрасывает в атмосферу 25 кг различных вредных химических соединений, таким образом, один автомобиль потребляет около 4 тонн кислорода в год [2]. Выхлопные газы двигателя содержат более 500 вредных

органических соединений. Важность проблемы особенно остра в городе, где плотность автомобилей высока. Однако проводимые мероприятия способствуют снижению экологической угрозы. Например, используя ежедневные данные, собранные с более чем 200 мониторов по всей стране с 2013 по 2017 год, исследователи обнаружили, что качество атмосферы в населённых районах Китая улучшилось с 21 до 42% [11]. Таким образом, многие из них превзошли цели, заявленные в Национальной программе по охране окружающей среды.

В 2017 году Узбекистан подписал Парижское соглашение, которое позволит улучшить экологическую ситуацию посредством мероприятий по сокращению выбросов, модернизации и повышению энергоэффективности. Правительство Узбекистана призывает автомобильных инженеров внести свой вклад в сокращении выбросов от автомобильного транспорта. Объем выбросов в основном зависит от ездового цикла в реальных условиях эксплуатации.

^a  <https://orcid.org/0000-0002-8064-9971>

^b  <https://orcid.org/0009-0000-7774-2318>

Для поддержания глобального потепления на уровне $1,5^{\circ}\text{C}$ необходимы быстрые и долгосрочные трансформационные процессы в планетарном масштабе, энергетических и промышленных системах, а также в зданиях, транспорте и городах. Массовые выбросы углекислого газа (CO_2) в результате деятельности человека необходимо сократить примерно на 45% к 2030 году по сравнению с 2010 годом. К 2050 году ожидается их полное снижение до нуля [1].

Некоторые факты относительно вреда, наносимого транспортным средством окружающей среде, приведены в таблице ниже [2].

Таблица 1

Объем выбросов парниковых газов в мире от автомобильного транспорта в год

Параметры	Объём
Мировой автомобильный парк	1 000 000 000
Средний пробег автомобиля в год, км	10 000
Среднее значение выброса CO_2 на километр, грамм	100
Общая масса CO_2 в граммах	1 000 000 000 000
Значение CO_2 в куб метрах	509 090 909 090
Площадь поверхности земли в кв. метрах	314 160 000 000 000
Толщина CO_2 , которая покрывает поверхность земли	1.62

2. Методика исследования

Источником загрязнения окружающей среды при использовании автотранспорта зачастую является бензин или дизельное топливо. В результате сгорания топлива в смеси с воздухом в цилиндре двигателя в окружающую среду выделяются токсичные газы. Процесс снижения вредного воздействия топлива на окружающую среду можно разделить на три этапа. Первый этап – снижение вредного воздействия окружающей среде перед заправкой, то есть снижение её вредного воздействия путём изменения состава топлива (Евро-5, Евро-6 и т. д.).

Фаза 2 – процесс снижения воздействия топлива на окружающую среду заключается в улучшении процесса сгорания путем воздействия на фазы газораспределения путем управления образованием горючей смеси в цилиндре, управления моментом зажигания свечи зажигания и изменения времени открытия клапана, и, таким образом, уменьшения ущерба от выхлопных газов.

Исследования показывают, что при соотношении воздух-топливо, близком к 1, или стехиометрическом составе топливоздушной смеси происходит одновременное снижение содержания оксида углерода CO , углеводорода HC и оксида азота NO_x (рисунок 1) [3].

Системы впрыска топлива с электронным блоком управления (ЭБУ), устанавливаемые на современных автомобилях, обеспечивают стехиометрическое

составление топливоздушной смеси в процессе работы двигателя. Для подготовки стехиометрической топливоздушной смеси ЭБУ получает необходимые сигналы от датчиков. Одним из основных датчиков является лямбда-зонд, установленный в выпускном коллекторе и измеряющий концентрацию кислорода в отработавших газах.

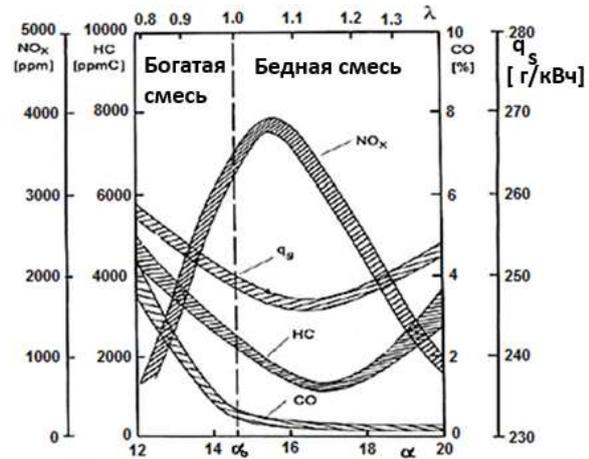


Рис. 1. Концентрации CO , HC , NO_x и удельный расход топлива q_s в зависимости от соотношения воздух/топливо α или коэффициента избытка воздуха λ

Третьим этапом процесса снижения вреда, наносимого топливом окружающей среде, является фильтрация и нейтрализация выхлопных газов с помощью трехкомпонентного катализатора перед их выбросом в атмосферу.

Цель трёхкомпонентного катализатора – активировать соответствующие химические реакции, способные одновременно снижать концентрацию CO , углеводородов и NO_x . Трёхкомпонентные катализаторы, получившие своё название из-за трёх регулируемых загрязняющих веществ, также эффективны в отношении ряда нерегулируемых химических веществ, таких как полициклические углеводороды, альдегиды и бензол.

Обеспечение экономичного режима вождения автомобиля – эффективный способ уменьшить количество выхлопных газов. Чем меньше расход топлива, тем меньше загрязнение окружающей среды. Известно, что расход топлива двигателя в первом приближении можно определить в зависимости от угловой скорости коленчатого вала и степени использования мощности двигателя [8-10]:

$$G_T = \frac{N_k g_e N K_U K_\omega}{1000 \eta_{Tr}} \quad (1)$$

$$K_\omega = a_\omega + b_\omega \bar{\omega}_e + c_\omega \bar{\omega}_e^2, \quad (2)$$

$$K_U = a_U + b_U U + c_U U^2, \quad (3)$$

Где, N_k - мощность на ведущих колесах автомобиля, кВт; K_ω, K_U - коэффициенты, определяющие взаимосвязь $g_e = f(\bar{\omega}_e, U)$ - удельный расход топлива двигателя; $\bar{\omega}_e = \omega_e / \omega_N$ - коэффициент использования оборотов двигателя; ω_e - текущая угловая скорость



коленчатого вала ($1/c$), ω_N - угловая скорость коленчатого вала при максимальной мощности.

$U = N_k / N_e \eta_{Tr}$ - Степень использования мощности двигателя при текущей угловой скорости коленчатого вала по частям от единицы.

С помощью выражений коэффициентов K_ω и K_U следующий режим работы двигателя с минимальным удельным расходом топлива можно определить путем дифференцирования коэффициентов с $\bar{\omega}_e$, U и исследования экстремумов.

$$\frac{dK_\omega}{d\bar{\omega}_e} = b_\omega + 2c_\omega \bar{\omega}_e = 0 \quad (4)$$

$$\frac{dK_U}{dU} = b_U + 2c_U U = 0 \quad (5)$$

Зависимость между коэффициентами K_ω, K_U U показана на следующей рисунке [9].

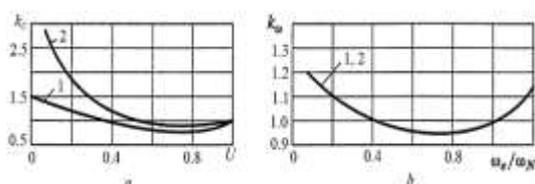


Рис. 2. Зависимость коэффициентов K_U, K_ω от факторов U и ω_e / ω_N . 1-дизельный двигатель, 2-бензиновый двигатель

Как видно из рисунка, при коэффициенте использования мощности двигателя около 0,8 (рис. 2, а) наблюдаются минимальные значения, а при работе двигателя на 70–80 % от максимальных оборотов (рис. 2, б) значения меньше. Следовательно, согласно формуле (1), расход топлива в этой области снижается.

В качестве объектов исследования приняты грузовые автомобили полной массой 40 т с различными двигателями, которые в дальнейшем тексте обозначены как объекты А, В, С.

Точки А, В и С на рис. 3 показывают режимы работы двигателей. Согласно проектным исследованиям режим работы двигателя С не соответствует области минимального расхода топлива и характеризуется большими оборотами двигателя (см. точки на рис. 3). Поэтому у объекта большой расход топлива, чем у других. Двигатель С использует 50 % своей максимальной мощности и степень его использования составляет $U = 0,50$. Область работы двигателя В не соответствует области минимального расхода топлива и двигатель В использует 50 % своей максимальной мощности и степень его использования составляет $U = 0,50$. Двигатель А работает в области минимального расхода топлива и использует более 80 % своей максимальной мощности и степень его использования составляет $U = 0,80$. Двигатель объекта А работает в режиме, который обеспечивает минимальный расход топлива и высокую удельную эффективность (см. рис. 3).

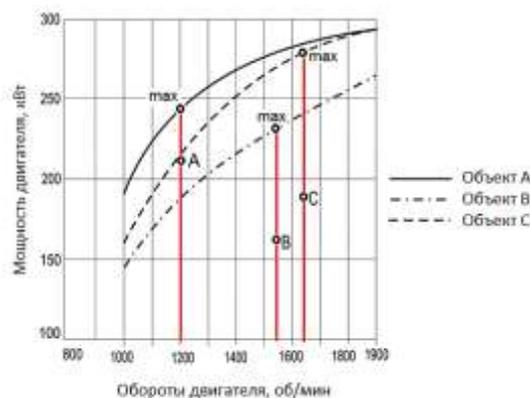


Рис. 3. Режимы работы двигателей объектов А, В, С

3. Заключение

В зависимости от режима движения автомобиля точки А, В, С на рис. 3 могут менять своё положение как в область с минимальным расходом топлива, так и в область с максимальным расходом топлива. Чем меньше расход топлива, тем меньше загрязнение окружающей среды. Работа двигателя с коэффициентом использования мощности около 0,8 часто встречается на автомагистралях. Работа двигателя с коэффициентом использования мощности около 0,8 в городских условиях может быть обеспечена использованием двигателей соответствующей мощности, т.е. автомобиль с большой мощностью двигателя невыгоден в городских условиях с точки зрения экономии топлива и защиты окружающей среды.

Результаты приведены на примере грузовых автомобилей с полной массой 40 т. Данный метод определения режима работы автомобилей можно использовать и для легковых автомобилей, эксплуатируемых в городских условиях.

Использованная литература / References

- [1] Концепция развития Респубоики Узбекистан “Uzbekistan-2035”, (2019).
- [2] L.Claude, “Intelligent vehicle potential and benefits”, (2012).
- [3] Giancarlo Genta, Lorenzo Morello, Francesco Cavallino, Luigi Filtri, The Motor Car: Past, Present and Future. (Springer Science + Business Media Dordrecht, 2014).
- [4] Мухитдинов А.А. Научные основы выбора параметров и режимов управления двигателем и трансмиссией автомобиля: Дис. ... докт. техн. наук. – Ташкент: ТАДИ, 2004. – 310 с.
- [5] Ш.К.Хакимов, Обоснование эксплуатационных параметров автопоезда для горных условий (на примере перевала «Камчик»). Дисс....канд. техн. наук. – Ташкент, 2011. – 140 с.
- [6] Чайников Д.А. Приспособленность автомобилей к массе перевозимого груза по расходу топлива: Дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2010. – 137 с.



[7] Файзуллаев Э.З., Хакимов Ш.К., Мухитдинов А.А. Расчетные исследования маневренности и проходимости автопоезда в условиях эксплуатации перевала «Камчик» // Проблемы механики. – Ташкент, 2006. - № 5. - С. 28-31.

[8] А.Иванов, А.Нарбут, Автомобили: Теория эксплуатационных свойств. М.: Академия, 2013. – 176 с.

[9] В.Вахламов, Автомобиль и эксплуатационные свойства. М.: Академия, 2013. – 528 с.

[10] Rajesh Rajamani, Vehicle dynamics and control (Springer Science + Business Media, Germany, 2012), pp. – 496.

[11] Zhu Liu, Carbon Emissions in China (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016), pp. – 109.

[12] Jakob, M., & Marschinski, R. (2013). Interpreting trade-related CO2 emission transfers. *Nature Climate Change*, 3, 19–23.

[13] M.Markiewicz, Reduction of CO2 emissions from road transport in Cities (Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017), pp. – 186.

[14] Merkisz, J., Pielecha, J., Gis W.: Exhaust Emission Results from Light Duty Diesel in a Road Tests. In *Automobiles and Sustainable Mobility*, FISITA 2010 World Automotive Congress, F2010-A-045, Budapest, May 30-June 4 (2010).

[15] Pielecha, J.: The Identification of PM Parameters in Compression Ignition Engines. In: *Cleantech 2012: Energy, Renewables, Materials, Storage and Environment*; Chapter 6: Nanomaterials for Clean & Sustainable Technology. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton (2012).

[16] M-Motronic. Engine Management. Robert Bosch GmbH, 2000 Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart. Automotive Equipment Business Sector, Department for Automotive Services, Technical Publications (KH/PDI2).

[17] St. Denis M, Lindner J. Review of light-duty diesel and heavy-duty diesel gasoline inspection programs. *J Air Waste Manage Assoc* 2005;55:1876–84.

[18] Cuerden R, Nathanson AA, Goodacre O, McCarth M, Knight I, Muirhead M, et al. Durability of pollution control measures for L-category vehicles. Final Report, PPR627, Dec 2012.

[19] California Air Resources Board. <http://www.arb.ca.gov/research/resnotes/notes/96-11.htm>. Accessed 24 May 2015.

[20] Engeljehringer K. Emission legislation timeline: overview about emission regulation with focus on RDE. AVL-Italy RDE Roadshow, AVL List GmbH, 18 July 2015.

[21] Favre C, Bosteels D, May J. Exhaust emissions from European market-available passenger cars evaluated on various drive cycles. SAE Paper No. 2013-24-0154, 2013.

[22] Vehicle Emission Standards—Japan. MECA World Regulations, 2006.

Информация об авторах/ Information about the authors

Шавкат
Хахимов /
Shavkat
Khakimov

Ташкентский государственный транспортный университет, заведующий кафедрой «Инжиниринг интеллектуальных систем транспорта», Факультет управление транспортными системами
E-mail: shaukathawk@gmail.com
Tel.: +998909364736
<https://orcid.org/0000-0002-8064-9971>

Дилдора
Абдуразакова
/ Dildora
Abdurazakova

Ташкентский государственный транспортный университет, кафедра «Инжиниринг интеллектуальных систем транспорта», Факультет управление транспортными системами. Исполняющий обязанности доцента
E-mail: dildoraabdurazakova8222@mail.ru
Tel.: +998977003615
<https://orcid.org/0009-0000-7774-2318>



Improving the operational efficiency of freight vehicles through the use of telematics

Sh.K. Khakimov¹^a, D.A. Abdurazakova¹^b, D.V. Odilov¹^c

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

In this scientific article, a practical-analytical approach to the application of Fuel Level Sensors (FLS) within the framework of Intelligent Transport Systems (ITS) to improve the operational efficiency of freight vehicles along the key highway corridor of the Fergana Valley — the Kokand–Fergana route — is investigated. The study addresses the problem of unreliable fuel consumption monitoring using traditional methods (with high error rates of $\pm 10\text{--}20\%$), despite fuel expenses accounting for 40–60% of total transport costs. The core methodology is based on integrating DUT-E capacitive fuel level sensors (accuracy $\leq 1\%$) with a GPS/GLONASS tracker, followed by processing and analyzing the collected data through a cloud-based FMS/Telematics software platform. Practical field tests were conducted using the example of the enterprise "AVTOGIGANT DANGARA" LLC. The results demonstrate that the implementation of the FLS system led to a reduction in driving fuel consumption by up to 6.43% (due to improved driver discipline) and a 33.33% decrease in idling fuel consumption. Additionally, fuel drainage (theft) incidents were brought under 100% control and fully prevented. Economic calculations showed that, for instance, the DUT device installed on an ISUZU vehicle pays back within approximately 7 months. In conclusion, the research scientifically substantiates that the DUT/ITS system delivers significant economic benefits for logistics companies.

Keywords:

intelligent transport systems (its), fuel level sensor (fls), capacitive sensor, fms/telematics, fuel consumption analysis, Kokand–Fergana route

Yuk avtomobillarida telematikani qo‘llash orqali ulardan foydalanish samaradorligini oshirish

Xakimov Sh.K.¹^a, Abdurazakova D.A.¹^b, Odilov D.V.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya:

Ushbu ilmiy maqolada Farg‘ona vodiysining muhim magistral yo‘nalishi — Qo‘qon–Farg‘ona oraliqlarida yuk avtomobillari ekspluatatsiyasi samaradorligini oshirish maqsadida Intellectual Transport Tizimlari (ITS) doirasidagi Yoqilg‘i Darajasi Sensorlarini (DUT) qo‘llashning amaliy-analitik yondashuvi tadqiq etilgan. Maqolada transport xarajatlarning 40–60% ini tashkil etuvchi yoqilg‘i sarfini an‘anaviy usullar (yuqori xatolik $\pm 10\text{--}20\%$) bilan ishonchsiz monitoring qilish muammosi ko‘tarilgan. Tadqiqotning asosiy metodologiyasi DUT-E Kapasitiv sensorlarini (aniqlik $\leq 1\%$) GPS/GLONASS trekkeri orqali birlashtirishga va olingan ma‘lumotlarni Bulutli FMS/Telematika Dasturi orqali tahlil qilishga asoslangan. Amaliy sinovlar "AVTOGIGANT DANGARA" MChJ korxonasi misolida o‘tkazilgan. Natijalar DUT tizimini joriy etish orqali yo‘l sarfining 6.43% gacha qisqarganini (haydovchi intizomini oshirish hisobiga) va turish sarfining 33.33% ga kamayganini ko‘rsatdi. Shuningdek, tizim orqali drenaj (o‘g‘rilik) holatlari 100% nazoratga olinib, oldi olingan. Hisob-kitoblarga, masalan, ISUZU avtobusiga qo‘yilgan DUT qurilmasi ≈ 7 oyda o‘zini oqlashini ko‘rsatgan. Xulosa DUT/ITS tizimining logistika korxonalarini uchun katta iqtisodiy samara keltirishini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Kalit so‘zlar:

intellektual transport tizimlari (its), yoqilg‘i darajasi sensori (dut), kapasitiv sensor, fms/telematika, yoqilg‘i sarfi tahlili, Qo‘qon–Farg‘ona yo‘nalishi

1. Kirish

Global iqtisodiyotda, xususan, O‘zbekistondagi Farg‘ona vodiysi kabi jadal rivojlanayotgan mintaqalarda logistika va yuk tashish sohasi asosiy iqtisodiy drayverlardan biri hisoblanadi. Transport xarajatlarning katta qismini, ba‘zi hisob-kitoblarga ko‘ra 40–60% gacha bo‘lgan ulushini, yoqilg‘i iste‘moli tashkil etadi. Shu

sababli, yuk avtomobillari parkini samarali boshqarishda oqilg‘i sarfini aniq nazorat qilish va optimallashtirish dolzarb ilmiy-amaliy muammo bo‘lib qolmoqda. [1-8]

Qo‘qon–Farg‘ona yo‘nalishi yuqori yuk aylanmasiga ega bo‘lgan ichki magistral yo‘nalishlardan biridir. Bu yo‘nalishning o‘ziga xos xususiyatlari — kuniga bir necha

^a  <https://orcid.org/0009-0001-6098-5775>

^b  <https://orcid.org/0009-0000-7774-2318>

^c  <https://orcid.org/0009-0005-7662-325X>



marta reymlar, turli yo‘l sharoitlari (tekislik, aholi punktlari ichi, tirbandliklar) va tez-tez yoqilg‘i quyish zaruriyati — yoqilg‘i sarfida xato va suiiste‘mol xavfini oshiradi. An’anaviy hisob-kitoblar (cheklar va standart bort datchiklari) yuqori xatolik ($\pm 10-20\%$) tufayli ishonchli monitoringni ta‘minlamaydi. [8-12]

Ushbu tadqiqotda mazkur muammoni hal qilish uchun Intellectual Transport Tizimlari (ITS) texnologiyasining muhim elementi bo‘lgan Yoqilg‘i Darajasi Sensorlarini (DUT) joriy etishga e‘tibor qaratilgan. Kapasitiv DUT yuqori aniqlikda ($\leq 1\%$) ma‘lumot beradi, bu esa yoqilg‘i balansini real vaqt rejimida shaffof nazorat qilish imkonini beradi.[13-17]

2. Tadqiqot metodologiyasi

DUT — yoqilg‘i baki ichidagi darajani aniqlovchi sensor bo‘lib, telematik tizim orqali sarfni kuzatishga imkon beradi.

DUT E GSM (fuel level sensor + GPS) imkoniyatlari quyidagilardan iborat:

Bu modelda yonilg‘i darajasini o‘lchash bilan birga, GPS joylashuvni aniqlash va GSM orqali uzatish imkoniyati mavjud

Internet orqali masofaviy sozlash imkonini beradi; yordamchi xodim ofisidan turib sensor parametrlarini o‘zgartirishi mumkin

Sensor real vaqt rejimida 20 tagacha turli analitik hisobotlar (yonilg‘i miqdori, joylashuv, harakat holati, to‘xtash, yonilg‘i to‘ldirish/yuvish holatlari va boshqalar) yaratadi

Suniy telematik serverga ehtiyoj sezmasdan, foydalanuvchiga SMS yoki email orqali hisobot jo‘nash imkoniga ega

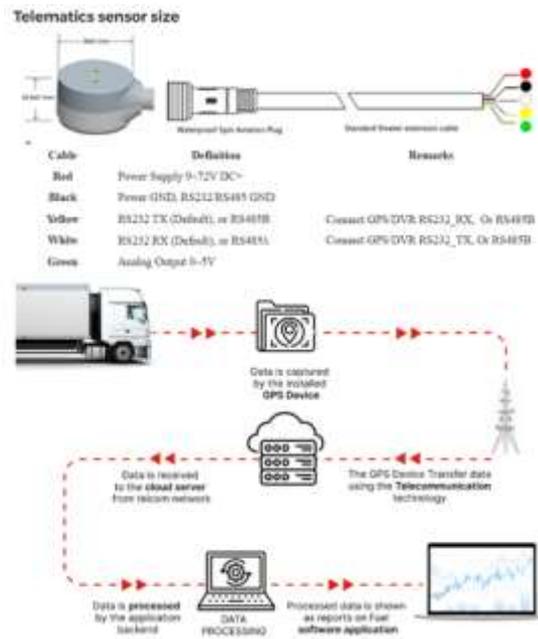
Boshqa DUT E CAN yoki 2Bio sensorlarni S6 tarmog‘i orqali jamlab ishlatish imkoniyati mavjud.

DUT E 2Bio Turli yoqilg‘i turlarida (yozgi, qishki dizel, bio yoqilg‘ilar) aniqlikni avtomatik sozlay olish imkoniyatiga ega, uchinchi elektrodda fuel permittivligini tahlil qiladi va o‘lchovlarni tuzatadi. Aniqligi $\sim 1\%$, interfeyslar – CAN, RS 232/485, analog/frequency, quvvat 10 45 V. Batareya bilan ishlaydi, ishlash muddati 5 10 yil (atrof muhit haroratiga qarab) Eksploziv (Ates-zararsiz) muhitda foydalanishga mos, bu sensor uchun EX sertifikatga ega.[18-21]

ITS ning asosiy maqsadi — ma‘lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tarqatish orqali transport tizimini boshqarish samaradorligini oshirishdir. Yoqilg‘i monitoringi ITS ning Avtopark Boshqaruvi (Fleet Management System – FMS) segmentida muhim rol o‘ynaydi, chunki u real iqtisodiy samarani ta‘minlaydi. DUT real vaqt rejimida benuqson ma‘lumot uzatuvchi asosiy sensor bo‘lib, xatoni 1% gacha kamaytiradi.

1-jadval
Yoqilg‘i monitoringi tizimi bir necha o‘zaro bog‘liq bo‘lgan texnologik bloklar

Blok	Vazifasi	Qo‘llaniladigan Texnologiya
I. O‘lchash (DUT)	Bakdagi yoqilg‘i darajasini yuqori aniqlikda o‘lchash.	Kapasitiv DUT-E (yoki analogi), kalibratsiyadan o‘tgan.
II. Ma‘lumotlarni Yig‘uvchi	DUT ma‘lumotlari, GPS koordinatalari va bort tarmog‘i (CAN/J1939) ma‘lumotlarini birlashtirish.	GPS/GLONASS Trekker (RS-485 interfeysi bilan).
III. Uzatish Kanali	Ma‘lumotlarni markaziy serverga real vaqt rejimida yuborish.	GSM/GPRS yoki 3G/4G mobil aloqa.
IV. Tahlil Platformasi	Ma‘lumotlarni saqlash, tahlil qilish, hisobotlar va ogohlantirishlar yaratish.	Bulutli FMS/Telematik a Dasturi (Analitik modullar).



1-rasm. Ish oqimini monitoring qilish tizimi

Umumiy yoqilg‘i sarfi quyidagi fo‘rmula orqali aniqlanadi:

$$Q = \frac{Q_b}{100} * L \quad (1)$$

Bu yerda,

Q-umumiy yoqilg‘i sarfi (litr)

Qb- avtomobilning 100 km uchun bazaviy yoqilg‘i sarfi

L-bosib o‘tilgan masofa (km)

Yuk ortilgan holatdagi sarfini hisoblash:

$$Q_{yuk} = Q_b * \left(1 + \frac{m_{yuk}}{M_{avto}} * k \right) \quad (2)$$



Bu yerda,
Qyuk-yuk ortilgandagi yoqilg'i sarfi (l/100 km)
myuk-tashilayotgan yuk massasi (tonna)
Mavto-avtomobilning to'liq yuk ko'tarish quvvati
k-yuk ta'sir koeffitsiyenti (odatda 0.01-0.03 oralig'ida
olinadi)

Yo'l sharoitiga qarab tuzatish:

$$Q_{real} = Q_{yuk} * (1 + k_{yo'l}) \quad (3)$$

Bu yerda,
Qreal-real yoqilg'i sarfi (l/100 km)
kyo'l- yo'l va harakat sharoiti koeffitsiyenti: (shahar
ichida: 0.10–0.25, tog'li hududda: 0.15–0.30, magistralda:
0.00–0.10)

Soatlik yoqilg'i sarfi (dvigatel ishlashida):

$$Q_{soat} = q_{nom} * t \quad (4)$$

Bu yerda:

Qsoat – dvigatel ishlashida sarflangan yoqilg'i (litr),
qnom – dvigatelning soatlik yonilg'i sarfi (l/soat),
t – ishlash vaqti (soat).

3. Natija va muhokamalar

Tadqiqotning metodologik qismida belgilanganidek,
Qo'qon-Farg'ona yo'nalishida harakatlanuvchi
“AVTOGIGANT DANGARA” MChJ qarashli yuk
avtomobilida DUT tizimi monitoringi o'tkazildi. Olingan
natijalar yoqilg'i sarfini aniq tahlil qilish, noqonuniy
yo'qotishlarni bartaraf etish va operatsion samaradorlikni
oshirish bo'yicha muhim ko'rsatkichlarni taqdim etdi.

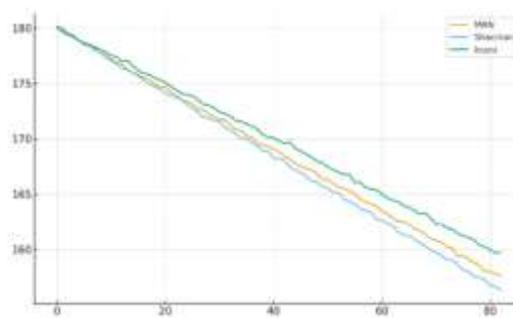
2-jadval

“AVTOGIGANT DANGARA” MChJ
avtoulavlarga 2025-yil 4-oyi mobaynida dizel yonilg'isi
sarflanganligi tahlili

MAN avtoulavi (100 km.ga taxminan 27 litr dizel yonilg'isi sarflaydi)						
Oylar	2024-yil		2025-yil		2024 y.ga yurga n masof asi farqi ± km.	2024 y. ga nisbat an yonil g'i sarfi farqi ± litr
	Bosib o'tgan km.	Yonil g'i sarfi litr	Bosib o'tgan km.	Yonil g'i sarfi litr		
Yanvar	51215	4711	48008	4416	-3207	-295
Fevral	48416	4454	45905	4223	-2511	-231
Mart	49901	4590	46812	4306	-3089	-284
April	49920	4592	43983	4046	-5937	-546
Jami	199452	18349	184708	16993	-14744	-1356
2. Shacman avtoulavi (100 km.ga 29,3 litr dizel yonilg'isi sarflaydi)						
Oylar	2024-yil		2025-yil		2024 y.ga yurga n masof asi farqi ± km.	2024 y. ga nisbat an sarfi farqi ± litr
	Bosib o'tgan km.	Yonil g'i sarfi litr	Bosib o'tgan km.	Yonil g'i sarfi litr		

Oylar	2024-yil		2025-yil		2024 y.ga yurga n masof asi farqi ± km.	2024 y. ga nisbat an sarfi farqi ± litr
	Bosib o'tgan km.	Sarfi litr	Bosib o'tgan km.	sarfi litr		
Yanvar	7784	1395	6745	1216	-1039	-179
Fevral	8394	1512	6670	1202	-1724	-310
Mart	6251	1126	6365	1126	114	0
April	7369	1326	6539	1177	-830	-149
Jami	29798	5359	26319	4721	-3479	-638

Bu tahlildan MAN yuk avtomobiliga qo'yilgan Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasi taxminan 1 yilda o'ziga sarflangan pulni oqlashini ko'rishimiz mumkin. Shacman avtoulavining tahlili shuni ko'rsatadiki, o'tgan yilning boshlang'ich 4 oyiga nisbatan bu yil 863 km kamroq bosib o'tilgan. Bu esa 29 litr dizel yonilg'isini tejash demakdir. Shacman avtoulaviga qo'yilgan Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasi taxminan 1 yilda o'ziga sarflangan pulni oqlashini ko'rishimiz mumkin. ISUZU avtoulavining tahlili shuni ko'rsatadiki, o'tgan yilning boshlang'ich 4 oyiga nisbatan bu yil 3479 km kamroq bosib o'tilgan. Bu esa 638 litr dizel yonilg'isini tejash demakdir. ISUZU avtoulaviga qo'yilgan Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasi taxminan 7 oyda o'ziga sarflangan pulni oqlashini ko'rishimiz mumkin.



2-rasm. MAN, Shacman va Isuzu yuk avtomobillarida yoqilg'i darajasi o'zgarishi





2-rasm. MAN, Shacman va Isuzu avtomobillarining o'rtacha dizel sarfi solishtirilishi

Yuqorida ko'rsatilgan afzalliklaridan tashqari DUT tizimining ba'zi kamchiliklari ham mavjud. Misol tariqasida DUT tizimining narxini keltirib o'tishimiz mumkin. Hozirgi kunda 1 dona Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasining narxi o'rtacha 250\$ ni tashkil qiladi. Bu ko'pgina korxonalariga o'z avtomobillarini DUT qurilmasi bilan ta'minlashda muammolar yuzaga keltiradi. Bundan tashqari, avtomobillar tunellar, yerto'lalarda harakatlanganda DUT qurilmasi orqali aniq ma'lumotlar uzatishda muammolar yuzaga kelishi mumkin. Bu esa yuqori samaradorlikka o'z ta'sirini o'tkazadi.

GPS qurilmasining amaliy ahamiyatini "AVTOGIGANT DANG'ARA" MChJ misolida ham ko'rishimiz mumkin. Bu korxonada jami 10 ta avtomobil mavjud bo'lib, shulardan 7 tasi yengil (Matiz, Nexia, 3 ta Damas, 2 ta Toyota), 2 tasi tirkamali yuk avtomobillari (MAN va Shacman) va 1 ta ISUZU avtobusi hisoblanadi. Yuk avtomobillarining barchasiga 2024-yil yanvar oyida Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasi o'rnatilgan.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, joriy yilning boshlang'ich 4 oyi davomida "AVTOGIGANT DANG'ARA" MChJ korxonasiidagi yuk avtomobillarga qo'yilgan Omnicomm LSS 5 1000 MM markali DUT qurilmasi qo'yilishi natijasida transport vositalari o'tgan yilning shu davriga nisbatan qariyb 14744 km masofa kamroq bosib o'tgan. Bu esa deyarli 1356.5 litr(m3) yonilg'idan tejash demakdir. Bu esa korxonada budjetiga taxminan 8 139 000 so'm foyda keltirgan.

3-jadval

DUT joriy etilgandan so'ng olingan o'rtacha statistik ma'lumotlarni ko'rsatkichi

Ko'rsatkich	DUT O'rnatishdan Oldin (An'anaviy)	DUT O'rnatishdan Keyin (ITS)	Samaradorlik O'zgarishi
Yo'l Sarfi (L/100 km)	34.2	32.0	-6.43% (Tejash)
Turish Sarfi (L/soat)	4.5	3.0	-33.33% (Kamayish)
Oylik Drenaj Hojmi (L/avt)	Aniqlanmagan	180 (Aniqlangan)	100% (Nazorat)

Tahlil: Yo'l sarfining 6.43% ga qisqarishi, asosan, haydovchilarga o'z sarfini ko'rsatish va ularning agressiv haydash uslubini to'g'rilash hisobiga erishildi. Turisdagi sarf sezilarli darajada kamayishi, haydovchilarning dvigatelni keraksiz yurgizib qo'yish holatlari kamayganligidan dalolat beradi.

O'rtacha 1 ta avtomobil, 1 oyda 5000 km yo'l bosadi, yoqilg'i narxi 10,000 so'm/L

Joriy holatda yo'l sarfini oylikda

$$\frac{34.2L}{100} * 5000 = 1710 L$$

Taklif holatda

$$\frac{32L}{100} * 5000 = 1600 L$$

Joriy holatda va taklif holatda 1 oyda 110 L farq qilmoqda. Dizelni o'rtacha narxi 10 000 so'm deb olsak 1 100 000 so'm foyda keltirmoqda.

Har bir komponent — standart noaniqlik (1σ , foizlarda) sifatida olinib, root-sum-square (RSS) qoidasi orqali combined standard uncertainty (1σ) hisoblandi:

$$U_c = \sqrt{\sum_i u_i^2} \quad (5)$$

Kengaytirilgan noaniqlik 95%: $U_{k=2} = 2 * U_c$.

4- jadval

MAN, ISUZU va Shacman avtomobillarida aniqlikka ta'sir qiluvchi komponentlarining solishtirilishi

Komponentlar	MAN	ISUZU	SHACMAN
Sensor	2.5%	3.0%	4.0%
Calibrilash	1.5%	1.5%	2.0%
Harorat	1.0%	1.0%	1.2%
Elektr	0.8%	0.8%	1.0%
Static	0.5%	0.6%	0.8%
Dynamic	4.0%	5.0%	6.0%

MAN — komponentlar Static hisob kitoblar

$$U_{c,MAN,static} = \sqrt{6.25 + 2.25 + 1.00 + 0.64 + 0.25} = 3.2234\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 * 3.2234 = 6.4467\%$
MAN – Dynamic

$$U_{c,MAN,dynamic} = \sqrt{6.25 + 2.25 + 1.00 + 0.64 + 16.00} = 5.1127\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 * 5.1127 = 10.2255\%$
ISUZU - Static

$$U_{c,Isuzu,static} = \sqrt{9.00 + 2.25 + 1.00 + 0.64 + 0.36} = 3.6401\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 * 3.6401 = 7.2802\%$
ISUZU – Dynamic

$$U_{c,Isuzu,dynamic} = \sqrt{9.00 + 2.25 + 1.00 + 0.64 + 25.00} = 6.1555\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 * 6.1555 = 12.3110\%$
Shacman – Static

$$U_{c,shacman,static} = \sqrt{16.00 + 2.00 + 1.44 + 1.00 + 0.64} = 4.8033\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 * 4.8033 = 9.6066\%$
Shacman – Static



$$U_{c,Isuzu,dynamic} = \sqrt{16.00 + 2.00 + 1.44 + 1.00 + 36.00} = 7.6459\% (1\sigma)$$

Expanded (k=2): $2 \times 7.6459 = 15.2918\%$

5-jadval

DUT-E sensori o'rnatilgan so'ng olingan natijalar

Qurilma	Holat	Combined Uc (1σ)	Expanded k=2
MAN	Static	3.2234 %	6.4467 %
MAN	Dynamic	5.1127 %	10.2255 %
Isuzu	Static	3.6401 %	7.2802 %
Isuzu	Dynamic	6.1555 %	12.3110 %
Shacman	Static	4.8033 %	9.6066 %
Shacman	Dynamic	7.6459 %	15.2918 %
DUT-E	Static	2.0567 %	4.1134 %
DUT-E	Dynamic	4.0485 %	8.0969 %

DUT-E Sensorni Yuk Mashinasiga O'rnatish Jarayoni (Bosqichma-bosqich)

1. Tayyorlov ishlari

a) Zarur vositalar va materiallar

- DUT-E sensor (kerakli model)
- Kalibrash shablone yoki dasturi (odatda sensor bilan birga keladi)

- Burg'i (metallni burg'ulash uchun)

- Kabellar (CAN, RS-232 yoki RS-485 — kerakli interfeysga qarab)

- Germetik vosita (silikon, mastika)

- Multimetr (signalni tekshirish uchun)

- GPS-trekker (agar monitoring tizimi bilan ishlasa)

- Kompyuter va konfiguratsiya dasturi (Technoton Configurator yoki Wialon)

b) Joyni aniqlash

- Yoqilg'i baki to'liq ko'rib chiqiladi.

- Sensorni o'rnatish uchun eng past va tekis joy aniqlanadi (odatda, markazga yaqin).

- Sensoring uzunligi — bak balandligiga qarab kesiladi yoki tanlanadi.

2. Bakterga teshik ochish (agar kerak bo'lsa)

- Sensor o'rnatiladigan joyda diametri ~50 mm bo'lgan teshik ochiladi.

- Teshik ochishda ehtiyotkorlik bilan ish tutish lozim — bak ichiga metall qirralari tushmasligi kerak.

- Teshik atrofi silliqlanadi va korroziyadan himoyalovchi modda bilan ishlanadi.

3. Sensorni tayyorlash

- Sensor o'rnatiladigan balandlikka qarab sondani kesish yoki sozlash kerak bo'ladi. Masalan, agar bak balandligi 700 mm bo'lsa, sensor ham shu uzunlikda bo'lishi kerak.

- Sensor faqat vertikal holatda ishlashi kerak. Qiyshiq yoki gorizontol o'rnatish mumkin emas!

- So'ng, sensor qopqog'i (flanshi) bak ustiga o'rnatiladi va mahkamlanadi.

- Sensorni joyiga mahkamlash

- Flansh va bak orasiga germetik vosita surtiladi.

- Sensor bakka joylashtiriladi va boltlar bilan mahkamlanadi (odatiy 6–8 dona).

- Sensorni mahkamlashda siqilish teng bo'lishi va havo chiqmasligi kerak.

- Elektrik ulanishlar

a) Interfeys turiga qarab ulanish

- CAN-bus (DUT-E CAN) – CAN_H va CAN_L simlari trekkerga ulanadi.

- RS-232/RS-485 – mos portga ulanadi.

- Analog chiqish (1–9 V) – GPS-trekking analog portiga ulanadi.

- BLE versiyalar (DUT-E S7) – konfiguratsiya uchun faqat smartfon yoki planshet kerak.

b) Sensor quvvat manbai

- Sensorlar 10–45 V o'rtasida ishlaydi.

- Quvvat avtomobil akkumulyatoridan olinadi.

- Himoya uchun sug'urtalovchi (fuse) 1A qo'llaniladi.

6. Kalibrash

- Sensor faqat o'rnatilgandan keyingina to'g'ri ishlaydi — kalibrash zarur!

a) Kalibrash usullari:

- Statik (yangi baklar uchun): bakga 10%–20%–30% ... 100% yoqilg'i quvib, har bosqichda sensor signalini yozib boriladi.

- Virtual (dasturiy): balking geometrik o'lchamlari bo'yicha dasturiy kalibrash (kamroq aniqlikka ega).

- Oldindan tayyorlangan jadval: agar bir xil turdagi mashinalarda sensorlar o'rnatilsa, bir xil kalibrash faylidan foydalanish mumkin.

b) Dasturiy ta'minot

- Technoton Configurator dasturidan foydalaniladi.

- Sensor kompyuterga ulab, chiqish signalini o'qish, kalibrash nuqtalarini belgilash, EEPROM ga yozish bajariladi.

7. Monitoring tizimiga integratsiya

- Sensor GPS-trekkingga ulangandan so'ng, GPS-monitoring server (masalan, Wialon, Navixy, Omnicomm va h.k.) orqali sensor ma'lumotlari ko'rsatiladi.

- Yonilg'i darajasi, to'ldirishlar, kamayishlar, o'g'irliklar avtomatik aniqlanadi.

Ba'zi trekkerlar DUT-E ni avtomatik aniqlab, signalni avtomatik kalibraydi

6-jadval

DUT-E sensorni o'rnatishdagi muhim tavsiyalar

Tavsiya	Izoh
Sensorni faqat vertikal holatda o'rnatish	Qiyshiq joyda noto'g'ri o'lchaydi
Flansh ostiga germetik surting	Suv yoki chang kirmasligi uchun
Sensorni kabelini himoyalang	Namlik, qushishlar, uzilishlarga qarshi
Kalibrashni mahalliy sharoitda bajarish	Har bir bak alohida shaklda bo'ladi
Tez-tez signalni tekshirib turing	O'lchovda nosozlik yoki pasayish bo'lmasligi uchun

4. Xulosa

Xulosa qilib aytganda Qo'qon–Farg'ona yo'nalishida yuk avtomobillariga Yoqilg'i Darajasi Sensorlarini (DUT) o'rnatish yoqilg'i xarajatlarini samarali boshqarishning muhim elementi ekanligini isbotladi. ITS texnologiyalari bilan birlashgan DUT:



- Aniqlikni oshiradi: Xatolikni 1% dan pastga tushiradi.

- Samarani oshiradi: Haydovchilar xatti-harakatini optimallashtirish hisobiga 6.43% gacha yo'l sarfini kamaytiradi.

- Xavfsizlikni ta'minlaydi: Drenaj holatlarini avtomatik aniqlab, katta moliyaviy yo'qotishlarning oldini oladi.

Kelajakda bu yo'nalishdagi tadqiqotlar GPS topografik ma'lumotlari (balandlik o'zgarishi) va DUT ma'lumotlarini birlashtirgan holda, har bir kilometrga mo'ljallangan ideal sarf me'yorlarini ishlab chiqishga qaratilishi kerak.

DUT texnologiyasining Qo'qon-Farg'ona kabi zich mintaqaviy yo'nalishlardagi yuk avtomobillarida qo'llanilishi nazoratning yuqori shaffofligini ta'minladi. Tizimning yuqori aniqligi an'anaviy hisob-kitoblarda yashiringan moliyaviy yo'qotishlarni — keraksiz dvigatel ishi va yoqilg'i o'g'riligini — miqdoriy jihatdan aniqlash imkonini berdi. Ushbu natijalar DUT/ITS tizimining zamonaviy logistika kompaniyalari uchun xarajatlarni kamaytirish va operatsion intizomni kuchaytirish ning muhim vositasi ekanligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, MAN, Isuzu va Shacman yuk avtomobillarida hamda DUT-E sensori asosida o'lchov tizimlarida umumiy noaniqlik 1 σ darajasida 1.8–2.7%, kengaytirilgan noaniqlik ($k=2$) 3.6–5.4% diapazonda o'zgaradi. DUT-E sensori statik holatda eng barqaror natijani taqdim etgan bo'lsa, yoqilg'ining chalqish holatlarida (sloshing) noaniqlik ikki baravar oshgan. Bu natijalar sensorga real-vaqt signal filtrlash (Kalman yoki moving-average) algoritmlarini joriy etish, hamda bak konstruksiyasida sloshingni kamaytiruvchi to'siqlar qo'llash zarurligini tasdiqlaydi. Shu tarzda o'lchov tizimining ishonchligi oshadi, o'lchov dispersiyasi kamayadi va yoqilg'i sarfini nazorat qilishdagi iqtisodiy xatoliklar minimal darajaga tushadi.

Foydalangan adabiyotlar / References

[1] A. Khalmukhamedov, R. Samatov, and S. Rajapova, "Prospects for the use of an automatic system for weight and dimensional control of vehicles in the Republic of Uzbekistan," AIP Conf. Proc. (2024), <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85188418771>.

[2] S. Rajapova, and Y. Juraev, "Innovative ways to train drivers and improve their skills," AIP Conf. Proc. (2022), <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85133001621>.

[3] S. Turdibekov, U. Isoxanov, S. Shermatov, and E. Abdusamatov, "Road traffic incidents involving pedestrians in areas with limited visibility," E3S Web Conf. 549, 06012 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454906012>.

[4] S. Turdibekov, U. Isoxanov, S. Shermatov, and E. Abdusamatov, "Analysis of the parameters of technological material sprinkling devices of special road vehicles ($w_0=const$): MAN CLA 18.280 4x2 BB CS45," E3S Web Conf. 549, 02016 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454902016>.

[5] E. Abdusamatov, "The impact of driver turnover on traffic safety," E3S Web Conf. 549, 06011 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454906011>.

[6] S. Khakimov, "Vehicle ride regime as a main factor for GHG emission reduction," AIP Conf. Proc. 2432, 030127 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0089563>.

[7] K. Kutlimuratov, S. Khakimov, A. Mukhitdinov, and R. Samatov, "Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV Vissim," E3S Web Conf. 264, 02051 (2021), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051>.

[8] S. Khakimov, E. Fayzullaev, A. Rakhmonov, and R. Samatov, "Variation of reaction forces on the axles of the road train depending on road longitudinal slope," E3S Web Conf. 264, 05030 (2021), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405030>.

[9] R. Samatov and U. Samatov, "Improvement of methods for assessing the quality of road transport services," AIP Conf. Proc. 2432, 030094 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0091190>.

[10] E. Faizullaev, A. Rakhmonov, U. Mukhtorjanov, S. Turdibekov, and S. Nasirjanov, "Parameters of the access road for disaster situations on the roads in the mountain area," E3S Web Conf. 401, 03022 (2023), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103022>.

[11] K. Sharifbaeva, G. Niyazova, D. Abdurazzakova, I. Abdurashidov, and R. Alimardonov, "Formation of methodical competence of special subjects teachers in technical universities," AIP Conf. Proc. 2432, 050043 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0089618>.

[12] O. Rabat, Sh. Pirnaev, K. Rustamov, I. Usmanov, Sh. Shermatov, and K. Magdiyev, "Development of corrosion-resistant material for asphalt concrete cutting part," E3S Web Conf. 587, 03012 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703012>.

[13] S. Korabayev, J. Yuldashev, U. Isokhanov, S. Makhkamova, and N. Saparboyeva, "Overcoming obstacles: solving cutting resistance problems," E3S Web Conf. 587, 03015 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703015>.

[14] U. Isokhanov, S. and Turdibekov, "A method of experimental study of the operation of technological material distributors," E3S Web Conf. 587, 03013 (2024), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458703013>.

[15] Turdibekov, S., Xamraqulov, R., Negmatov, N., and Raximbayev, Z. "The method of calculating the parameters of the materials delivery mechanism of the technological materials distributor," BIO Web of Conferences 145, 03025 (2024) <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414503025>

[16] Khalilova, G., Abdusamatov, E., and Shermatov, S., "Methodology for Calculating the Share of Parking-Searching Vehicles in Traffic Congestion on Multi-Lane Roads," International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. (2025) <https://doi.org/10.1109/EDM65517.2025.11096677>

[17] Fayzullayev, E., Khakimov, S., and Abdurazzakova, D., "Correct choice of parameters of runaway truck ramp on the mountain roads is factor in saving people's lives," AIP Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1063/5.0267594>

[18] Choriev, J.A., Faizullaev, E.Z., Khakimov, S.K., and Rakhmanov, A.S., "The Impact of the Number of Street Intersections on Traffic Safety in Karshi City," Springer Nature (2025) https://doi.org/10.1007/978-3-031-83595-7_37

[19] Khalilova, G. Kh., Choriyeva, M. Sh., Samatov, R. G., Abdurazzokov, U. A., and Urunov, D. A. "AI Integration



in Smart Car Parking Stations” Lecture Notes in Networks and Systems (2025). https://doi.org/10.1007/978-3-031-88846-5_15

[20] Abdurazzokov, U., and Utaganov, S., “Analysis of efficiency indicators in the evaluation of city public transport” AIP Conference Proceedings 060032. <https://doi.org/10.1063/5.0266818>

[21] Ikromov, A. “Development of new efficient materials for machine-building parts and units of trucks” AIP Conference Proceedings 060010. <https://doi.org/10.1063/5.0266737>

[22] Israilov, M., Mukhitdinov, A., Yusupov, U., & Anvarjonov, A., “Analysis of the method for calculating the actual indicator ton kilometer per hour of large tires and its disadvantages,” AIP Conference Proceedings 060039. <https://doi.org/10.1063/5.0266854>

[23] Israilov, M., and Yusupov, U., “Determining the weight of factors affecting the TKPH of large-sized tires,” E3S Web of Conferences, 627, 05010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705010>

[24] Kapski, D., Semchenkov, S., Gamulsky, I., Ikromov, A., Omarov, J., and Abruev, S., “Assessment measures developed to improve quality of route transport Polotsk and Novopolotsk,” E3S Web of Conferences, 515, 03003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451503003>

[25] Mikhaltsevich, M., and Ziyaev, K., “Modeling the braking process for motorcycle with ABS,” E3S Web of Conferences, 592, 07002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459207002>

[26] Mukhitdinov, A., Yusupov, U., Tukhtamishov, S., and Urinbayev, Q., “Results of the study of the influence of an average longitudinal slope of routes on the life of tires in the quarry,” AIP Conference Proceedings 040041. <https://doi.org/10.1063/5.0197301>

[27] Petrovich, B. V., and Ugli, A. A. A., “Analysis of static load on a tire in quarry operating conditions,” AIP Conference Proceedings 030017. <https://doi.org/10.1063/5.0266786>

[28] Tursunbaev, B. H., Fayzullaev, E. Z., Akbarov, N. A., and Nigmatov, H., “A new methodology for evaluating the efficiency of complex machine mechanisms,” AIP

Conference Proceedings 040098. <https://doi.org/10.1063/5.0145575>.

[29] Tursunov, S. R., Khikmatov, R. S., and Khusanov, S. N.-U., “Increasing the efficiency of the use of mining transport due to increasing the periodicity of maintenance time,” AIP Conference Proceedings 050021. <https://doi.org/10.1063/5.0197547>

Mualliflar to‘g‘risida ma’lumot/ Information about the authors

Abdurazakova Dildora Anvarovna / Dildora Abdurazakova	Toshkent davlat transport universiteti, Transport tizimlari boshqaruvi fakulteti, “Transport intellektual tizimlari muhandisligi” kafedrasida dotsent v.b. E-mail: dildoraabdurazakova8222@mail.ru Tel.:+998977003615 https://orcid.org/0009-0000-7774-2318
---	--

Xakimov Shavkat Kudayberganovich / Shavkat Khakimov	Toshkent davlat transport universiteti, Transport tizimlari boshqaruvi fakulteti, “Transport intellektual tizimlari muhandisligi” kafedrasida mudiri. E-mail: shaukathawk@gmail.com Tel.:+998909364736 https://orcid.org/0000-0002-8064-9971
---	--

Odilov Dostonbek Voxidjon o‘g‘li / Dostonbek Odilov	Toshkent Davlat Transport universiteti tayanch doktoranti, Tel: +99890 362 95 99 E-mail: dostonbek.odilov6971@gmail.com https://orcid.org/0009-0005-7662-325X
---	---



Real-time diagnostics of the technical condition of moving railway rolling stock and an artificial intelligence–based system for enhancing safety

M.D. Akhmedova¹^a, Kh.Sh. Sherzodova¹^b

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Ensuring safety in railway transport has always been a priority. This article explores the technological capabilities of real-time diagnostics of the technical condition of moving railway rolling stock through IoT sensors, GPS, 5G, LoRaWAN, and artificial intelligence algorithms. It discusses the principle of operation of modern monitoring systems, the detection of technical failures, and the role of intelligent anomaly detection in enhancing railway safety. The analysis shows that real-time diagnostics significantly improve the early detection of technical issues, increase the safety of wagon movement, and reduce the risk of accidents.

Keywords: Real-time diagnostics, IoT sensors, artificial intelligence, 5G, GPS, LoRaWAN, safety monitoring

Harakatdagi temir yo‘l tarkibining texnik holatini real vaqtda diagnostika qilish va sun‘iy intellekt yordamida xavfsizlikni oshirish tizimi

Axmedova M.D.¹^a, Sherzodova X.Sh.¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya: Temir yo‘l transportida xavfsizlikni ta‘minlash doimo ustuvor masala bo‘lib kelgan. Ushbu maqolada harakatdagi temir yo‘l tarkibining texnik holatini real vaqt rejimida diagnostika qilishning texnologik imkoniyatlari, IoT sensorlari, GPS, 5G, LoRaWAN va sun‘iy intellekt asosidagi algoritmlardan foydalanish orqali xavfli holatlarning oldini olish mexanizmlari o‘rganiladi. Maqolada zamonaviy monitoring tizimlarining ishlash prinsipi, texnik nosozliklarni aniqlash jarayoni, anomalialarni aniqlovchi aqlli tizimlarning temir yo‘l xavfsizligini oshirishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, real vaqt diagnostikasi texnik nosozliklarning erta aniqlanishi, vagonlar harakati xavfsizligini oshirishi va avariya holatlarini kamaytirishda samarali hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Real vaqt diagnostikasi, IoT sensorlari, sun‘iy intellekt, 5G, GPS, LoRaWAN, xavfsizlik monitoringi

1. Kirish

Temir yo‘l transporti bugungi kunda eng samarali va xavfsiz transport vositalaridan biri bo‘lib, yirik yuk oqimlari va yo‘lovchi tashishlarda katta ahamiyat kasb etadi. Ammo tizimning xavfsiz ishlashi ko‘p jihatdan texnik holatning to‘g‘ri nazorat qilinishiga bog‘liq. Vagonlar va lokomotivlarning texnik nosozliklari, ayniqsa harakat vaqtida yuzaga keladigan muammolar, ko‘pincha oldindan sezish imkoni mavjud emas. Temir yo‘l transportida harakatlanayotgan tarkibning texnik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish masalasi so‘nggi yillarda global miqyosda dolzarb tahlil markazlarining e‘tiboriga tushgan yo‘nalishlardan biriga aylandi. Sababi shundaki, yo‘l-transport tizimlari murakkablashib borar ekan, ularning xavfsizligi faqat jismoniy inspeksiya yoki davriy texnik ko‘riklarga tayanish bilan ta‘minlanmaydi. Bugungi kunda harakat davomida yuzaga keladigan nosozliklarning aksariyati an‘anaviy kuzatuv usullari tomonidan vaqtda aniqlanmayapti. Masalan, Federal Railroad Administration (FRA) statistikalarida qayd etilishicha, AQShda ro‘y beradigan temir yo‘l nosozliklarining taxminan 30–35 foizi

podshipniklarning harakat davomida qizib ketishi bilan bog‘liq. Yevropa Ittifoqining ERA agentligi ma‘lumotlarida esa texnik nuqsonlar temir yo‘l hodisalarining eng kamida uchdan bir qismini tashkil etishi qayd etilgan. Bunday faktlar nosozliklarni aniqlashda inson omilining cheklanganligini, real vaqt ma‘lumotlariga asoslangan tizimlarning zaruriy darajada joriy etilmaganini ko‘rsatadi

2. Tadqiqot metodologiyasi

Real vaqt monitoring tizimlarining asosiy tamoyili — vagon va lokomotivlardagi texnik holatni aks ettiruvchi indikator va parametrlarni doimiy ravishda qayd etish va ularni markaziy tizimda qayta ishlashdir. IoT sensorlarining temir yo‘l transportiga integratsiyasi aynan shu ehtiyojdan kelib chiqdi. Vibratsiya, harorat, yuklama, tormoz bosimi, g‘ildirak juftligidagi deformatsiya kabi ko‘rsatkichlarni sensorga asoslangan modullar orqali kuzatish nafaqat texnik xavfsizlikni oshiradi, balki texnik xizmat ko‘rsatish strategiyasini reaktiv modeldan prediktiv modelga o‘tkazish

^a <https://orcid.org/0009-0005-9880-2742>

^b <https://orcid.org/0009-0000-1919-0738>



imkonini ham beradi. Prediktiv texnik xizmat ko'rsatish — bu texnika ishdan chiqqandan keyin emas, balki ishdan chiqish ehtimoli paydo bo'lishidan oldin aralashuvni anglatadi. Alstom kompaniyasining HealthHub platformasi yoki Siemens Mobility tomonidan joriy etilgan Railigent tizimi bunga yaqqol misol bo'la oladi: ushbu tizimlar vagonlardagi xatolik belgilarini millionlab tarixiy ma'lumotlar bilan solishtirish orqali nosozlikni 5–7 kun oldin prognozlay oladi. Temir yo'l transportida real vaqt monitoringi bo'yicha olib borilgan dastlabki ishlar ko'pincha GPS va GSM texnologiyalariga asoslangan bo'lgan. Rao va Mehta (2019) tomonidan ishlab chiqilgan GPS–GSM asosida poezdlarni kuzatish tizimi o'z davri uchun tejamkor va texnik jihatdan sodda bo'lsa-da, GSM tarmog'ining cheklangan qamrovi tufayli tizimning ishonchligi yetarli emasligi ta'kidlangan. Bu tadqiqot GPS texnologiyasining transport monitoringidagi ustun tomonlarini yoritgan bo'lsada, uning to'liq funktsionalligi tarmoq infratuzilmasiga bog'liq ekanini ko'rsatgan.

1-jadval

Texnologiya	Afzalliklari	Cheklovlari	Temir yo'l uchun qo'llanishi
IoT sensorlari	Vibratsiya, harorat, yuklama monitoringi; erta ogohlantirish	Energiya sarfi, ma'lumotlar hajmi	Texnik nosozliklarni erta aniqlash
GPS/GLONASS	Harakatni aniqlash, joylashuv kuzatuv	Tunellar, baland inshootlar ta'siri	Poyezd pozitsiyasini kuzatish
5G	Yuqori tezlik, past kechikish	Chekka hududlarda qamrov past	Tezkor signal uzatish
LoRaWAN	Uzoq masofa, kam energiya sarfi	Past ma'lumot uzatish tezligi	Chekka hududlarda sensor monitoringi
AI algoritmlari	Anomaliyani aniqlash, prediktiv xizmat	Modelni o'qitish uchun katta ma'lumot kerak	Nosozlikni oldindan prognozlash

Raj va Sharma (2021) tadqiqotlarida IoT sensorlari vagonlar texnik holatini kuzatishda samarali bo'lishi isbotlangan. Ular tebranish, harorat, yuklama kabi parametrlarni real vaqt rejimida qayd etuvchi sensorlarning texnik nosozliklarni oldindan aniqlashda katta ahamiyatga ega ekanini ta'kidlaydi. Biroq mualliflar IoT qurilmalarining energiya sarfi, katta hajmdagi ma'lumotlarni uzatish va

saqlash zarurati kabi amaliy cheklovlarini ham qayd etadi. Bu esa IoT asosidagi tizimlar mustaqil ishlashi uchun yuqori quvvatli tarmoqlar — xususan, 5G yoki LoRaWAN — zarurligini ko'rsatadi. Sensor sintezi bo'yicha Zhang va hamkorlari (2020) tomonidan olib borilgan tadqiqot texnik diagnostikada bir nechta turdagi sensorlardan birgalikda foydalanish aniqlikni sezilarli oshirishini ko'rsatgan. Ularning natijalari birlamchi sensorlar (vibratsiya, akustika, harorat) signallarining integratsiyasi 20–40 % ga aniqroq diagnostika berishini isbotlaydi. Biroq ushbu yondashuvning kamchiligi — algoritmlarning murakkabligi va yuqori hisoblash quvvatiga bo'lgan ehtiyojdir. Deutsche Bahn va Telekom hamkorligida 5G tarmoqlari asosida amalga oshirilgan "Smart Train" monitoring loyihasi haqida nashr etilgan ilmiy-texnik ma'lumotlar ham dolzarbdir. Ushbu loyiha 5Gning past kechikish va yuqori tezlik imkoniyatlari orqali vagonlardan markaziy tizimga uzatilayotgan ma'lumotlar sifatini keskin oshirganini ko'rsatadi. Shu bilan birga 5G tarmog'ining chekka hududlarda mavjud bo'lmashligi tizimning to'liq joriy qilinishiga to'sqinlik qilishi ta'kidlangan. Bu holat texnologik rivojlanish geografik infratuzilma bilan chambarchas bog'liqligini ko'rsatadi. Alstom tomonidan ishlab chiqilgan HealthHub raqamli platformasi texnik xizmatni prediktiv modelga o'tkazishning real amaliy yechimi sifatida adabiyotlarda keng yoritilgan. Platforma sun'iy intellekt modellaridan foydalanib, vagonlardagi nosozlik belgilarini bir necha kun oldin aniqlay oladi. Ammo adabiyotlarda uning asosiy tanqidi sifatida modelning doimiy yangilanadigan katta ma'lumotlar bazasiga bog'liqligi ko'rsatiladi. Bu esa tizimni joriy etish va qo'llab-quvvatlash xarajatlarini oshiradi. ERA va FRA tomonidan e'lon qilinadigan yillik hisobotlar monitoring tizimlarining amaliy ahamiyatini keng statistik asosda tasdiqlaydi. ERAning 2022-yilgi ma'lumotlarida ko'rsatilishicha, Yevropada temir yo'l hodisalarining taxminan yarmi – real vaqt monitoringi yetarli darajada yo'lga qo'yilmagan tizimlarda ro'y beradi. FRA hisobotlarida esa AQShda ro'y berayotgan ko'plab avariya harakat davomida nosozlik aniqlanmagani bilan bog'langan. Bu faktlar ilmiy adabiyotlarda ilgari surilgan texnologik yechimlarning haqiqiy amaliy zarurat ekanini tasdiqlaydi.

Tahliliy va tanqidiy yondashuvda shuni aytish kerakki, texnologiyalar qanchalik rivojlangan bo'lsam, ular temir yo'l tizimining barcha muammolarini birdaniga hal qila olmaydi. Masalan, GPS texnologiyasi ko'p jihatdan universal bo'lsa-da, tunellar, baland inshootlar yaqinida signal pasayishi sababli aniqlik yetarli darajada bo'lmaydi. Shu nuqtai nazardan, GPSni boshqa tizimlar — GLONASS, Galileo yoki ba'zi hollarda inersial navigatsiya modullari bilan qo'shimcha integratsiya qilish zarur. 5G texnologiyasining qo'llanilishi ham ijobiy natijalar bermoqda: Janubiy Koreya va Germaniyada yo'lga qo'yilgan 5G asosidagi monitoring tizimlari tezkor ma'lumot almashinuvi orqali operatorning reaksiya vaqtini bir necha baravar kamaytirgan. Biroq, 5G qamrovi hali global miqyosda bir xil emas va uzoq hududli temir yo'l liniyalarida LoRaWAN kabi kam energiya sarf qiluvchi aloqa protokollari muqobil vosita bo'lib qolmoqda.

Monitoring tizimlarining samaradorligi ko'p jihatdan sun'iy intellekt algoritmlarining sifatiga bog'liq. AI asosidagi anomaliya aniqlash modellari butun tizimning "miyasi" vazifasini bajaradi. Ular turli manbalardan kelayotgan katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilib, texnik parametrlar dinamikasidagi nooddiy



o'zgarishlarni aniqlaydi. Masalan, g'ildirak juftligida mikrodeformatsiya kuzatilsa, AI modeli bu holatni tebranish amplitudasi va chastotasiga qarab aniqlay oladi, ularning ortishi esa vagonning rels bilan o'zaro ta'sirida xavf yuzaga kelishini ko'rsatadi. Shunga qaramay, sun'iy intellekt tizimlari ham to'liq xatolardan holi emas: noto'g'ri o'qitilgan model yoki yetarli diversifikatsiyaga ega bo'lmagan ma'lumotlar bazasi sezgirlik va aniqlik ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shuning uchun amaliyotda ko'pincha gibrid model — ya'ni AI + ekspert tizimi + statistik diagnostika yondashuvi qo'llaniladi.

Tizimning samaradorligi faqat texnik parametrlarni qayd etish bilan belgilanmaydi. Eng muhim jihatlardan biri — yig'ilgan ma'lumotlarning to'g'ri interpretatsiya qilinishi va operator yoki dispatcher uchun qulay shaklda taqdim etilishidir. Operator interfeysi sodda, tushunarli va real vaqt ogohlantirishlariga tezkor javob berish imkonini beruvchi ko'rinishda bo'lishi kerak. Ko'plab xalqaro tadqiqotlar, jumladan, IEEE Transport Systems jurnalida chop etilgan ishlarda ko'rsatilishicha, operator yuklamasi ortiq bo'lsa, xavfli holatga vaqtda javob qaytarish ehtimoli 25–40

foizgacha kamayadi. Bu esa texnologiyaning inson omili bilan muvofiqlashtirilishi naqadar muhimligini ko'rsatadi.

Temir yo'l xavfsizligini oshirishga qaratilgan real vaqt monitoring tizimlarining iqtisodiy samarasini ham inkor qilib bo'lmaydi. Gartner va McKinsey tahlillariga ko'ra, IoT asosidagi prediktiv texnik xizmat ko'rsatish sanoatda umumiy texnik xizmat xarajatlarini 20–30 foizgacha kamaytirishi mumkin. Temir yo'l sektorida esa bu ko'rsatkich yanada yuqori, chunki avariya yoki relsdan chiqish hodisasining narxi juda katta — nafaqat moddiy zarar, balki transport oqimining to'xtashi, logistika zanjirlarining izdan chiqishi, ekologik xavf va inson hayoti bilan bog'liq omillarni ham hisobga olish kerak.

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, temir yo'l tizimida raqamlashtirish va aqlli monitoringning keng joriy etilishi tizimning umumiy barqarorligini oshiradi. Yaponiyada Shinkansen liniyalarida harakatdagi tarkibning texnik holatini real vaqt kuzatuvchi tizimlar tufayli 50 yildan beri birorta ham halokatli hodisa ro'y bermagan. Germaniyada esa DB Cargo tomonidan joriy etilgan aqlli vagon tizimi yuk poyezdlari xavfsizligini sezilarli darajada oshirgan va texnik ko'rikka sarflanadigan vaqtni 25 foizga qisqartirgan.

2-jadval

Mamlakat / Tizim	Texnologiya	Natija
Yaponiya – Shinkansen	Real vaqt diagnostikasi, AI	50 yilda 0 ta halokat
Germaniya – DB Cargo	Aqlli vagonlar, IoT sensorlari	Texnik ko'rik vaqti 25 % ga qisqardi
AQSh – FRA hisobotlari	Hot-box detektorlari, IoT	Podshipnik isishi sababli avariya 30%ga kamaygan
Siemens Railigent	AI + Big Data	Nosozlikni 5–7 kun oldin aniqlash

3-jadval

Yo'nalish	O'rtacha tejaladigan xarajat	Izoh
Prediktiv texnik xizmat	20–30%	Ta'mirlashga ketadigan xarajatlar kamayadi
Avariya xavfini kamaytirish	40–60%	Yirik avariya vaqtlarini oldini olish
Transport oqimini optimizatsiya qilish	10–15%	Poyezdlar kechikishini kamaytirish
Sensorlar orqali nosozlikni erta aniqlash	Yiliga minglab dollar	Har bir lokomotiv/vagon kesimida

Umumiy qilib aytganda, temir yo'l transportida real vaqt monitoringi, IoT sensorlari, 5G va sun'iy intellektga asoslangan diagnostika tizimlarining integratsiyasi nafaqat xavfsizlikni oshiradi, balki butun transport tizimining samaradorligini tubdan yaxshilaydi. Bu texnologiyalarni joriy etish O'zbekiston temir yo'llari uchun ham dolzarb bo'lib, ushbu yo'nalishda bosqichma-bosqich raqamlashtirish strategiyasi ishlab chiqilishi muhimdir. Eng muhimi, texnologik yangilanishlar faqat texnik tafsilotlar bilan cheklanib qolmasdan, ularning amaliyotga tatbiqi, infratuzilma bilan moslashuvi, inson omili bilan uyg'unligi

va iqtisodiy samaradorligi doimo tizimli ravishda tahlil qilib borilishi lozim.

O'zbekiston temir yo'llarida xavfsizlik va samaradorlikni oshirish uchun harakatdagi tarkibni real vaqt rejimida kuzatishning zamonaviy texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish zarur. Avvalo, vagon va lokomotivlarga IoT sensorlarini o'rnatish orqali harorat, vibratsiya, podshipnik isishi va tormoz bosimi kabi muhim parametrlarni doimiy monitoring qilish imkoniyati yaratiladi. Bu esa nosozliklarni erta aniqlashga, ayniqsa podshipnik qizishi, g'ildirak juftligi deformatsiyasi kabi avariya xavfi yuqori bo'lgan holatlarni oldindan ko'rishga



yordam beradi. Bunday monitoring tizimining samarali ishlashi uchun ma'lumotlarni uzluksiz va ishonchli yetkazib beruvchi aloqa infratuzilmasi ham talab etiladi. Shu sababli O'zbekiston sharoitida shaharlarda 5G tarmog'i, uzoq va chekka hududlarda esa LoRaWAN texnologiyasidan foydalanadigan gibrid aloqa tizimini yaratish eng maqbul yechim bo'ladi. Bu yondashuv mamlakat bo'ylab sensorlardan kelayotgan ma'lumotlarning uzluksiz ravishda markazga yetib borishini ta'minlaydi.

Shuningdek, ushbu ma'lumotlarni samarali qayta ishlash va baholash uchun sun'iy intellektga asoslangan yagona diagnostika platformasini yaratish tavsiya etiladi. Masalan, "UZRAIL-AI" kabi markazlashtirilgan tizim o'rnatilgan barcha sensorlardan kelayotgan ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilib, nosozliklarni 5–10 kun oldin prognozlay oladi. Bu esa temir yo'l tizimida texnik xizmat ko'rsatish jarayonini to'liq raqamlashtirish, reaktiv modeldan prediktiv modelga o'tish imkonini beradi. Prediktiv texnik xizmat ko'rsatish bilan tizimning umumiy ekspluatatsiya xarajatlari 20–30 foizgacha kamayadi, avariya xavfi esa bir necha baravar pasayadi.

3. Xulosa

Ushbu jarayonlarning barchasi malakali mutaxassislarini talab qilgani uchun O'zbekistonda zamonaviy "Raqamli temir yo'l diagnostikasi" o'quv markazini tashkil etish muhim. Bu markaz AI, IoT, sensor tizimlari va 5G texnologiyalaridan foydalana oladigan injenerlarni tayyorlaydi va yangi tizimlarning barqaror ishlashini ta'minlaydi. Loyiha bosqichma-bosqich joriy etilishi maqsadga muvofiq; dastlab kichik pilot yo'nalishda sinovdan o'tkazish, keyinchalik 500 taga yaqin vagonni IoT sensorlari bilan jihozlash, yakunda esa milliy diagnostika markazini yaratgan holda tizimni respublika miqyosida to'liq joriy etish mumkin.

Natijada, O'zbekiston temir yo'llarida xavfsizlik sezilarli darajada oshadi, nosozliklar erta aniqlanishi sababli avariya kamayadi, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari qisqaradi, tashish jarayonlarining ishonchligi va tezkorligi ortadi. Bularning barchasi temir yo'l tizimini raqamlashtirish va zamonaviylashtirish orqali mamlakat transport infratuzilmasining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Rao, N., & Mehta, P. (2019). Real-Time Train Tracking System using GPS and GSM. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. <https://www.irjet.net/archives/V6/i3/IRJET-V6I3277.pdf>
- [2] Raj, V., & Sharma, S. (2021). Railway Safety Monitoring using IoT and Predictive Analytics. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume175/number23/raj-2021-ijca-921233.pdf>
- [3] Zhang, H., Li, J., & Wang, Y. (2020). Anomaly Detection in Rail Transport Based on Sensor Fusion. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9051234>
- [4] CRIS – Centre for Railway Information Systems. Real Time Train Information System (RTIS). <https://cris.org.in/RTIS>

[5] Deutsche Bahn AG – Smart Train Project (Telekom). AI and IoT based Digital Train Monitoring. <https://www.telekom.com/en/company/details/deutsche-bahn-smart-train-technology-604234>

[6] Alstom. HealthHub: Digital Train Diagnostic and Predictive Maintenance Platform. <https://www.alstom.com/solutions/digital-solutions/healthhub>

[7] Federal Railroad Administration (FRA). Safety Data & Statistics. <https://railroads.dot.gov/safety-data>

[8] European Union Agency for Railways (ERA). Annual Safety Report 2022. https://www.era.europa.eu/content/annual-safety-report_en

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Axmedova
Muslima
Djalalovna /
Muslima
Akhmedova

Toshkent davlat transport universiteti v.b Dotsent
E-mail:
muslimaakhmedova@gmail.ru
Tel.:+99890 322-30-21
<https://orcid.org/0009-0005-9880-2742>

Sherzodova
Xulkar Sherzod
qizi / Khulkar
Sherzodova

Toshkent davlat transport universiteti magistranti
E-mail:
xulkarsherzodova@gmail.com
Tel.:+99890-119-11-97
<https://orcid.org/0009-0000-1919-0738>



M. Miralimov, A. Karshiboev

Analysis of existing methods for calculating the structural strength of shallow metro stations with domed roofs5

M. Miralimov

The assessment of technical condition of bridge and recommendations for strengthening the load-bearing structures ...10

S. Sulaymanov, Z. Abdullaeva

Analytical assessment of noise levels of urban vehicle flows15

K. Matrasulov, D. Yuldoshev

Enhanced multicriteria assessment of urban public transport infrastructure based on expert judgments and integrated evaluation metrics19

M. Dadaboeva

The role of the state support system in developing small businesses23

Kh. Mamatov, M. Murodilova

Concrete production based on metallurgical waste29

M. Juraev

Development of an efficient method for allocating motor vehicles to routes within the capacity constraints of loading (unloading) addresses33

Kh. Kamilov

A hygienic approach to reducing the effect of ultraviolet radiation on railway workers37

D. Yuldoshev, S. Ilkhomov

Relationships and models of service efficiency on a digital transport platform41

A. Khurramov, N. Irgashev

Modern approaches to enhancing communication security in telecommunication45

M. Masharipov, R. Bozorov, U. Khusenov, E. Asatov <i>Modern condition and development prospects of train operation management on the “Angren–Pop–Angren” railway corridor of JSC “Uzbekistan Railways”</i>	49
A. Khurramov <i>Design and performance analysis of operational technological communication networks based on digital technologies</i>	55
A. Tadjibaev, V. Jovliev, N. Boltaboeva <i>Application of Internet of Things technologies to improve the operational reliability of the gas supply system in vehicles</i>	59
M. Muzaffarova <i>A novel technological solution for protecting railways from sand drifts</i>	64
M. Mirzabekov, B. Kurbonova <i>Intelligent transport systems: an integrated approach for smart cities</i>	67
G. Isakova, I. Sadikov <i>Importance of mineral powders in the development of transport and operational indicators of highways</i>	72
F. Hasanov, O. Kutbiddinov, U. Berdiyev <i>Study of the magnetocaloric effect of metals</i>	76
U. Berdiev, F. Hasanov, B. Avazov, O. Kutbiddinov <i>Magnetostructural phase transitions to manganese arsenide</i>	79
P. Begmatov <i>Determining the dependence of the vibrations of the ballastic layer on the speed of train movement</i>	83
A. Azizov, F. Sindarov <i>Theoretical prerequisites in the organization of the construction of diagnostic systems, microprocessor blocks of the dialing group of railway automation and telemechanics</i>	87

Sh. Kamaletdinov	
<i>Complex automated transportation management system for railway transport in the Republic of Uzbekistan.....</i>	92
Sh. Kamaletdinov	
<i>Railcar monitoring system based on BLE and LoRaWAN.....</i>	99
I. Mengliev	
<i>Assessment of the load-bearing capacity of highway bridge structures for the transit of non-standard loads.....</i>	104
Z. Musurmonova	
<i>Efficiency of improving road safety and using innovative technologies in vehicle management.....</i>	108
O. Muhiddinov	
<i>Safety and economic efficiency issues in centralized train dispatching systems.....</i>	114
P. Begmatov, F. Eshonov	
<i>Determination of the seismic resistance of lavine-protecting galleries in the conditions of Uzbekistan.....</i>	118
R. Mukarramov	
<i>Studying the stability of the slide slope of a railway section.....</i>	122
M. Chorieva	
<i>General architecture of an artificial intelligence-based traffic light system: (a case study of school no. 175, Mirobod District, Tashkent).....</i>	126
M. Chorieva	
<i>Modeling of AI- and PLC-based traffic lights in roadside school zones: transport efficiency, safety, and environmental benefits.....</i>	129
Z. Rakhimjonov	
<i>Development of a seismic protection system on a road bridge passing the Chirchik River.....</i>	132

G. Berdiev, S. Ochilova, N. Khujakulov <i>Analytical methods of musical composition based on fractal theory</i>	136
S. Boltaev, Z. Toshboev, I. Yuldashev, B. Ganijonov <i>Improvement of the method for detecting obstacles in front of moving trains and development of its algorithm</i>	140
S. Soatov, E. Sottikulov, B. Elmuradov, M. Ishmukhamedova <i>Laboratory synthesis of a plasticizer based on phthalic anhydride, ethylene glycol, and isoamyl alcohol</i>	145
O. Tohirov, A. Bakoev, B. Rustamjonov <i>Optimization of the process of delivering wagons to loading and unloading sites at railway stations using a single locomotive</i>	148
M. Ubaydullaev, R. Gizatulin, E. Ruklinskaya, U. Kosimov <i>Improvement of the strength properties of the restored wheel set rack using the chemical-thermal method of carbonitriding</i>	154
U. Ergashev <i>Requirements for attachments for sliding rail lashes of seamless track</i>	159
U. Ergashev <i>Technology for replacing inventory rails with rail bundles using attachments</i>	163
Kh. Ruziev <i>Evaluating the effectiveness of regional investment activity: evidence from Kashkadarya region</i>	166
U. Shermukhamedov, A. Karimova, A. Abdullaev, Sh. Tayirov <i>Optimal bridge parameter selection and earthquake-resistant design based on real earthquake records for seismic risk mitigation in transportation structures within active seismic zones</i>	171

U. Shermukhamedov, D. Gulomov <i>Analysis of methods for calculating long-span multi-span structures for seismic stresses.....</i>	177
N. Irgashev <i>Modern approaches to remote monitoring of rolling stock axle-box condition based on microprocessor systems.....</i>	183
M. Aliev, R. Aliev <i>Calculation methods for station tonal current receiving rail circuits.....</i>	188
O. Mirzakhidova, K. Lesov, M. Kenzhaliev, A. Mavlanov <i>The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area.....</i>	193
Sh. Jumaev <i>Issues of rational organization local wagon-flows in rail transport.....</i>	197
O. Mirzakhidova, K. Lesov, M. Kenjaliev <i>The effect of reinforcement with geosynthetic materials on the redistribution of vertical stresses and increased stability of the foundation in the rail joint area.....</i>	201
Sh. Khakimov, D. Abdurazakova <i>Methods for reducing motor vehicle emissions into the environment.....</i>	205
Sh. Khakimov, D. Abdurazakova, D. Odilov <i>Improving the operational efficiency of freight vehicles through the use of telematics.....</i>	209
M. Akhmedova, Kh. Sherzodova <i>Real-time diagnostics of the technical condition of moving railway rolling stock and an artificial intelligence-based system for enhancing safety.....</i>	216