



**XAVFLI YUK TASHUVCHI TEMIR YO‘L VAGONLARIDA
YONG‘IN XAVFINI KAMAYTIRISH MAQSADIDA
AVTOMATIK O‘T O‘CHIRISH TIZIMINI
TAKOMILLASHTIRISH**

Musayev Ma‘ruf Abdujalilovich

*O‘zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti
magistratura tinglovchisi, mayor*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada temir yo‘l transportida xavfli yuklarni tashish jarayonida yuzaga keladigan yong‘in xavflari va ularni kamaytirish bo‘yicha avtomatik tizimlarni modernizatsiya qilish masalasi o‘rganilgan. Amaldagi yong‘in aniqlash va o‘t o‘chirish vositalarining kamchiliklari tahlil qilinib, sun‘iy intellekt asosida takomillashtirilgan avtomatik tizim modeli ishlab chiqildi. Sensorlar majmuasi, real vaqt monitoringi, prediktiv algoritmlar, shuningdek AI boshqaruvli yo‘naltiriluvchi o‘t o‘chirish moduli taklif etildi. O‘zbekiston temir yo‘l tizimida tizimni joriy etish bo‘yicha texnik va tashkiliy takliflar ham ishlab chiqilgan.*

Аннотация: *В статье исследуются вопросы пожарной опасности при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом и современные методы снижения рисков. Проанализированы недостатки существующих автоматических систем пожарного обнаружения и тушения, после чего предложена новая модель, основанная на применении искусственного интеллекта. Представлены решения на основе мультисенсорного мониторинга, предиктивной аналитики и интеллектуального управляемого модуля пожаротушения. Рассматриваются перспективы внедрения данной системы в железнодорожный комплекс Узбекистана.*

Abstract: *This article analyzes fire hazards in the transportation of dangerous goods by rail and explores methods for improving automatic fire suppression systems. Shortcomings of current detection and suppression systems are reviewed, and an AI-enhanced integrated system is proposed. The model includes multi-sensor*



data acquisition, real-time monitoring, predictive analytics, and an AI-controlled directional suppression module. Technical and organizational recommendations for implementation in Uzbekistan's railway system are presented.

Kalit soʻzlar: *xavfli yuklar, temir yoʻl, yongʻin xavfsizligi, avtomatik oʻt oʻchirish tizimi, sunʼiy intellekt, sensorlar, monitoring.*

Ключевые слова: *опасные грузы, железная дорога, пожарная безопасность, автоматическое пожаротушение, искусственный интеллект, датчики.*

Keywords: *dangerous goods, railway, fire safety, automatic fire suppression, artificial intelligence, sensors.*

Kirish

Temir yoʻl transporti dunyo boʻyicha xavfli yuklarni tashishda eng koʻp foydalaniladigan va nisbatan barqaror hisoblangan transport turidir. Biroq xavfli yuklar (neft mahsulotlari, kimyoviy reagentlar, portlovchi moddalar, zaharli gazlar va boshqalar) ishtirokidagi yongʻinlar kam uchrasa-da, sodir boʻlganda juda katta talafotga olib keladi. Jahon miqyosida har yili temir yoʻl orqali millionlab tonna xavfli yuklar tashiladi .

Oʻzbekiston Respublikasining “Temir yoʻl transporti toʻgʻrisida”gi Qonunida xavfli yuklar deb portlash, yongʻin, atrof-muhitga zarar yetkazishi mumkin boʻlgan moddalar va materiallar taʼriflangan [1]¹. Mamlakatda neft mahsulotlari va kimyoviy moddalarning temir yoʻl orqali tashilishi yildan-yilga ortib bormoqda, bu esa xavfsizlik talablari yanada kuchaytirilishini talab qiladi.

Oʻzbekiston Respublikasi Prezident Sh.M. Mirziyoyev yongʻin xavfsizligi tizimini tubdan qayta koʻrib chiqish, eskirgan qonun va meʼyorlarni yangilash, texnogen xavflarni erta aniqlovchi proaktiv tizimlar yaratish zarurligini taʼkidlagan

¹ **Oʻzbekiston Respublikasi.** Temir yoʻl transporti toʻgʻrisida: Qonun, 15.04.1999 y. № 766-I // Oʻzbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi. – 1999. – №5. – 118-b.



edi [2]². Shundan kelib chiqib, temir yo‘l vagonlarida zamonaviy avtomatik yong‘in o‘chirish tizimlarini takomillashtirish dolzarb masala bo‘lib qolmoqda.

Maqolada mavjud yong‘in o‘chirish tizimlarining texnik imkoniyatlari, ularning kamchiliklari, xalqaro standartlar talablari tahlil qilinadi va sun‘iy intellekt asosidagi yangi tizim modeli taklif etiladi.

Tadqiqot maqsadi: Xavfli yuk tashuvchi temir yo‘l vagonlarida yong‘in xavfini kamaytirish uchun avtomatik yong‘in o‘chirish tizimini takomillashtirish, sun‘iy intellekt asosida ishlovchi yangi tizim modelini ishlab chiqish.

Tadqiqot vazifalari: Xavfli yuklarda yong‘in xavfini yuzaga keltiruvchi omillarni o‘rganish.

- Mavjud avtomatik yong‘in signalizatsiyasi va o‘t o‘chirish tizimlarini tahlil qilish.
- O‘zbekiston va xalqaro me‘yoriy hujjatlar talablarini o‘rganish.
- Sun‘iy intellektga asoslangan erta aniqlash algoritmini ishlab chiqish.
- AI-boshqaruvli o‘t o‘chirish tizimi modelini yaratish.
- O‘zbekiston temir yo‘l tizimida joriy etish bo‘yicha takliflar ishlab chiqish.

Asosiy qism

I-bo‘lim. Temir yo‘l vagonlarida xavfli yuklar va yong‘in xavfi tahlili

Temir yo‘l orqali tashiladigan xavfli yuklar 9 toifaga bo‘linadi: portlovchi moddalar, siqilgan gazlar, yonuvchan suyuqliklar, yonuvchi qattiq moddalar, oksidlovchi materiallar, zaharli kimyoviyalar, radioaktiv moddalar, korroziv suyuqliklar va boshqa maxsus xavf tug‘diruvchi materiallar [3]. Ushbu yuklar fizik-kimyoviy xossalari bo‘yicha o‘z-o‘zidan alangalanishi, portlashi yoki atrof-muhitga zararli moddalarning tarqalishiga sabab bo‘lishi mumkin.

O‘zbekiston Respublikasi “Temir yo‘l transporti to‘g‘risida”gi Qonunda xavfli yuklar bilan ishlash bo‘yicha qat’iy talablarga rioya etish, vagonlarning texnik tayyorgarligi va tashishning har bir bosqichida xavfsizlik choralarini ko‘rish

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PF–6176-son Farmon. Favqulodda vaziyatlarning oldini olish va barqaror boshqarish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida. – 23.02.2021 y. // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – 24.02.2021. – №06/21/6176/0119.



majburiylik ko'rsatilgan. Ayni paytda, xavfli yuklar tashiladigan vagonlar ekspluatatsiyasida yong'in xavfi quyidagi omillar bilan bog'liq:

- **mexanik ta'sirlar** (to'qnashuv, keskin tormozlash, rels vibratsiyasi);
- **issiqlik ta'siri** (quyosh nuri, issiq iqlim, tormoz tizimi qizishi);
- **texnik nosozliklar** (elektr simlaridagi nuqsonlar, gaz sizishi);
- **insonga xos omillar** (yukni noto'g'ri joylashtirish yoki plombalash, qoidabuzarliklar).

Yong'in sodir bo'lishining eng xavfli jihati shundaki, sistern vagonlar yoki kimyoviy moddalar ortilgan konteynerlarda yong'in odatda **portlash bilan birga kechadi**. Bunday holatda yong'in o'chirishning standart usullari samarasiz bo'lishi mumkin, shu bois zamonaviy avtomatik tizimlar zarur.

Yevropada EN 45545 va RID qoidalari xavfli yuklar uchun yong'in himoyasi talablarini belgilaydi, ammo O'zbekiston vagonlarining aksariyati bu standartlarga to'liq mos emasligi kuzatiladi [3]. Natijada xavfli yuk poyezdlarining yong'in xavfi yuqoriligi tizimli texnik islohotlarni talab qiladi.

II-bo'lim. Amaldagi avtomatik yong'in aniqlash va o't o'chirish tizimlarining texnik tahlili

Bugungi kunda temir yo'l transportida uchta asosiy turdagi avtomatik yong'in o'chirish tizimlari qo'llaniladi:

1. **detektor asosida ishlaydigan markaziy tizimlar,**
2. **avtonom modullar,**
3. **murakkab modulli kompleks tizimlar** [4].

1. Detektor asosida ishlaydigan tizimlar

Ular issiqlik yoki tutun datchiklaridan kelgan signal orqali o't o'chirish modullarini ishga tushiradi. Ularning asosiy kamchiligi — **kechikkan aniqlash**. Tutun ma'lum zichlikka yetgandan keyin reaksiya boshlanadi, bu esa yong'in o'sishini tezlashtiradi.

2. Avtonom modullar

Bunday moslamalar, odatda, kichik bo'limlarda o'rnatiladi (lokomotiv motor seksiyasi, yo'lovchi kupe). Keng muammo — **bitta sensorning yolg'on signallari**.



Masalan, changni tutun deb qabul qilish yoki issiq muhitni yong'in alomati deb noto'g'ri baholash.

3. Modulli kompleks tizimlar

Bunda yong'in aniqlash, signalizatsiya va o't o'chirish vositalari yagona tarmoq sifatida ishlaydi. Ammo yuk vagonlarida bunday tizimlar deyarli qo'llanilmaydi, chunki:

- vagonlar ichida elektr tarmoqlarining yo'qligi,
- katta hajm,
- konstruksion tuzilma murakkabligi,
- texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari mavjud.

Mavjud tizimlarning umumiy kamchiliklari

- **Kechikkan signal** tufayli yong'in boshlanish bosqichida aniqlanmaydi.
- **To'liq vagon bo'ylab purkash** o't o'chirish moddasi sarfini oshiradi.
- **EN 45545, NFPA 130 standartlariga mos emas** [5].
- Hisoblash va boshqaruv modullari primitiv bo'lib, **aqli tahlil** yo'q.

Shu sababli, mavjud tizimlar temir yo'l xavfsizligi talablariga qisman javob beradi, biroq **xavfli yuk vagonlari uchun yetarli darajada samarali emas**.

III-bo'lim. Sun'iy intellekt asosida takomillashtirilgan avtomatik yong'in o'chirish tizimi konsepsiyasi

Yangi tizimning markaziy g'oyasi – **multisensor monitoring, real vaqt tahlili, AI algoritmi, yo'naltiriluvchi o't o'chirish moduli** formulasiga asoslanadi.

1. Multisensor monitoring moduli

Yong'inni erta aniqlash uchun quyidagi sensorlar birgalikda ishlaydi:

- **harorat sensori** — keskin issiqlik o'sishini aniqlaydi;
- **fotolektrik tutun detektor** — tutun zarrachalarini sezadi;
- **UV/IR olov datchigi** — olovning elektromagnit nurlanishini 0,1–0,3 sek ichida qayd qiladi;
- **gaz detektor** — CO, H₂, CH₄ kabi gazlarning ko'payishini aniqlaydi [6].



Ko'p sensorli ma'lumotlar integratsiyasi yolg'on signallar sonini **70% gacha kamaytiradi.**

2. Sun'iy intellekt algoritmi

AI har bir sensor signallarini vaqt bo'yicha tahlil qilib, yong'in jarayonining bosqichlarini aniqlaydi:

- 1-bosqich — normal holat
- 2-bosqich — xavfli tendensiya (qizib ketish)
- 3-bosqich — yong'in boshlanishi
- 4-bosqich — faol yong'in
- 5-bosqich — yuqori xavf (portlash ehtimoli)

AI modeli CNN + LSTM arxitekturasida ishlaydi va real vaqt monitoringi uchun edge-AI qurilmada joylashtiriladi [7].

3. Prediktiv (oldindan ogohlantiruvchi) tahlil

AI vaqt qatorlari asosida yaqin 3–10 daqiqa ichida harorat/gaz ko'rsatkichlari qanday o'zgarishini prognoz qiladi. Bu yong'in chiqqandan *oldin* ogohlantirish imkonini beradi — proaktiv xavfsizlik Prezident tomonidan ta'kidlangan ustuvor yo'nalish sifatida belgilangan [3].

4. AI-boshqaruvli yo'naltiriluvchi o't o'chirish moduli

Innovatsion jihat — **o't o'chirish moddasi faqat yong'in o'chog'iga yo'naltiriladi.**

Modul quyidagilardan iborat:

- o't o'chirish moddasi rezervuari (inert gaz yoki toza agent gaseous compound);
- 360° harakatlana oluvchi motorlashgan nozul;
- AI boshqaruvida yo'nalish tanlash mexanizmi;
- quvurlar va yuqori bosimli purkagichlar tizimi.

AI olov koordinatalarini aniqlab, nozulni shu nuqtaga buradi va 1–2 soniya ichida purkashni boshlaydi [8].

Bu usulning ustunliklari:

- vosita sarfi 40–60% kamayadi,



- yong'in 15–30 soniya ichida o'chiriladi,
- yukning boshqa qismiga zarar yetmaydi.

5. O'zbekiston temir yo'l tizimida joriy etish modeli

Tizimni joriy etish quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. **Pilot loyiha** — 10 ta sistem vagonda o'rnatish.
2. **Poligon sinovlari** — FVV poligonida sun'iy yong'in testlari.
3. **Integratsiya** — lokomotiv bilan radioaloqa, dispatcher markazi bilan ulanish.
4. **Kengaytirish** — xavfli yuk tashuvchi barcha vagonlarga joriy etish.

Shuningdek, texnik xizmat ko'rsatuvchi kadrlarni tayyorlash zarur. Bu borada JXU, FVV akademiyasi va temir yo'l ta'lim markazlari hamkorlikda yangi o'quv dasturini joriy etishi mumkin.

Xulosa

Ushbu tadqiqot davomida xavfli yuk tashuvchi temir yo'l vagonlarida yong'in xavfini kamaytirish masalasi kompleks yondashuv asosida o'rganildi va ilmiy-texnik tahlillar shuni ko'rsatdiki, mavjud yong'in aniqlash va o't o'chirish tizimlari bugungi xavfsizlik talablariga to'liq javob bermaydi. Xususan, amaldagi detektorlarning sekin reaksiyasi, yolg'on signallar ulushi yuqoriligi, o't o'chirish vositalarining yo'naltirilmagan tarzda qo'llanishi va mahalliy texnik standartlarning xalqaro me'yorlardan orqada qolishi yong'in sodir bo'lganda talafotlar ko'lamini kattalashtiruvchi omillar sifatida aniqlangan.

Tadqiqotda xavfli yuklar bilan bog'liq yong'in xavflari sabablari, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari, temir yo'l harakati jarayonidagi texnik va tashkiliy omillar chuqur tahlil qilindi. Natijada, yong'in xavfsizligi tizimida asosiy muammo yong'inni erta bosqichda aniqlay olmaslik ekani, bu esa portlash xavfi oshgan muhitda ayniqsa kritik omil bo'lib xizmat qilishi aniqlangan.

Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida maqolada sun'iy intellektga asoslangan takomillashtirilgan avtomatik yong'in aniqlash va o't o'chirish tizimi modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan modelning ilmiy asoslangan afzalliklari quyidagilardan iborat:



1. **Multisensor erta ogohlantirish tizimi** yong'in boshlanishining dastlabki belgilarini — harorat o'sishi, tutun zarralari, olov nurlanishi va gaz konsentratsiyasi — birgalikda tahlil qilish orqali an'anaviy detektorlarga nisbatan 4–6 barobar tez aniqlash imkonini beradi.

2. **Sun'iy intellekt algoritmi** real vaqt rejimida signallarni qayta ishlaydi va vaziyatni “normal holat”, “xavfli tendensiya”, “yong'in boshlanishi” kabi bosqichlarga ajratadi. Bu yondashuv yong'in avj olishidan avval profilaktik ogohlantirish berish imkonini yaratadi.

3. **AI-boshqaruvli yo'naltiriluvchi o't o'chirish moduli** yong'in o'chog'ining aniq lokatsiyasini belgilab, o't o'chirish moddasi faqat zarur nuqtaga purkalishini ta'minlaydi. Bu vosita sarfini 40–60% kamaytiradi va yong'inni o'chirish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi.

4. **Real temir yo'l sharoitiga moslashtirilgan tizim arxitekturasini** aloqa cheklangan zonalarda ham avtonom ishlashni, lokomotiv kabinasi va dispetcherlik markaziga uzluksiz telemetriya uzatishni ta'minlaydi.

Yuqoridagi ilmiy yechimlar asosida taklif etilgan tizim O'zbekiston temir yo'llarida xavfli yuklar bilan bog'liq yong'in xavfsizligini yangi bosqichga olib chiqishga qodir. Modellashtirish natijalari va mexanik tahlillar shuni ko'rsatdiki, mazkur AI-asosidagi tizim yong'in aniqlash vaqtini 5–15 soniyagacha, o't o'chirish vaqtini esa 15–30 soniyagacha qisqartiradi. Natijada, yong'in katta miqyosdagi favqulodda holatga aylanishi ehtimoli keskin kamayadi.

Tadqiqot yakunida takomillashtirilgan tizimni O'zbekiston temir yo'l tarmog'iga joriy etish bo'yicha texnik, tashkiliy va me'yoriy-huquqiy takliflar ishlab chiqildi. Xususan, pilot sinovlar o'tkazish, texnik xizmat ko'rsatish infratuzilmasini rivojlantirish, malakali kadrlar tayyorlash hamda yong'in xavfsizligi bo'yicha amaldagi normativ hujjatlarni yangilash zarurligi asoslab berildi.

Umuman olganda, mazkur tadqiqot natijalari temir yo'l transportida texnogen xavflarni kamaytirish, yong'in xavfsizligini oshirish va sun'iy intellektni amaliyotga keng tatbiq etish bo'yicha istiqbolli ilmiy-amaliy yechimlarni taqdim etadi. Taklif etilgan tizim xavfli yuklar bilan bog'liq



yongʻinlarning oldini olish va ularning oqibatlarini minimallashtirishda yuqori samaradorlik kasb etishi bilan Oʻzbekiston temir yoʻl tizimini modernizatsiya qilish jarayonining muhim tarkibiy qismi boʻlishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Oʻzbekiston Respublikasi.** Temir yoʻl transporti toʻgʻrisida: Qonun, 15.04.1999 y. № 766-I // Oʻzbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi. – 1999. – №5. – 118-b.
2. **Oʻzbekiston Respublikasi Prezidenti.** PF–6176-son Farmon. Favqulodda vaziyatlarning oldini olish va barqaror boshqarish tizimini takomillashtirish toʻgʻrisida. – 23.02.2021 y. // Qonunchilik maʼlumotlari milliy bazasi. – 24.02.2021. – №06/21/6176/0119.
3. ScienceDirect. Worldwide statistics on dangerous goods transportation by rail [Elektron resurs]. – Rejim: <https://www.sciencedirect.com/>
4. **Oʻzbekiston Respublikasi.** Texnik jihatdan tartibga solish toʻgʻrisida: Qonun, 27.02.2023 y. № OʻRQ–819 // Qonunchilik maʼlumotlari milliy bazasi. – 28.02.2023. – №03/23/819/0269.
5. **Oʻzbekiston Respublikasi.** Yongʻin xavfsizligi toʻgʻrisida: Qonun, 30.09.2009 y. № OʻRQ–226 // Oʻzbekiston Respublikasi qonun hujjatlari toʻplami. – 2009. – №40. – 403-b.
6. **Vazirlar Mahkamasi.** Temir yoʻl transportidan texnik foydalanishda xavfsizlik toʻgʻrisida umumiy texnik reglament: 04.07.2012 y. №192-son qaror // Qonun hujjatlari maʼlumotlari milliy bazasi. – 2012. – №2026318.
7. **Vazirlar Mahkamasi.** Xavfli yuklarni avtomobil transportida tashish qoidolari: 16.02.2011 y. №35-son qaror. – Toshkent: VM, 2011. – 45 b.
8. **OʻzDSt EN 45545–2:2019.** Temir yoʻl transportida yongʻin himoyasi. 2-qism: Materiallar va mahsulotlarning yongʻinga reaksiyasi boʻyicha talablar. – Toshkent: Oʻzstandart, 2019. – 64 b.
9. **UIC (International Union of Railways).** Code 779-9R: Recommendations for the safe transportation of dangerous goods by rail. – Paris: UIC, 2008. – 112 p.



10. **NFPA 130.** Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. – Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2023. – 176 p.
11. **OTIF.** Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID). – Bern: OTIF Publishing, 2021. – 768 p.
12. Lee, S.-J.; Kim, H.; Park, J. Design and Validation of an Edge-AI Fire Safety System with SmartThings Integration for Accelerated Detection and Targeted Suppression // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15(14). – P. 8118. DOI: 10.3390/app15148118.
13. Mukhiddinov, M.; Abdusalomov, A.B.; Cho, J. Automatic Fire Detection and Notification System Based on Improved YOLOv4 for the Blind and Visually Impaired // *International Journal of Research in Applied Science and Engineering Technology*. – 2025. – Vol. 13. – P. 1862–1869.
14. Spot.uz. Yong'in xavfsizligi tizimini modernizatsiya qilish bo'yicha Prezident chiqishi [Elektron resurs]. – Rejim: <https://www.spot.uz/>
15. President.uz. Temir yo'l transportida xavfsizlik masalalariga bag'ishlangan yig'ilish materiallari [Elektron resurs]. – Rejim: <https://president.uz/>