EFFECT OF RAILWAY INTERSECTION OPERATIONAL ALGORITHMS ON VEHICLE WAITING TIME

Boltaev Sunnatillo Tuymurodovich, Kosimova Kamara Amonovna,
Rakhmanov Bobomurod Bakhtiyorovich,Valiev Sakhibjamol Ibrahimovich
Tashkent state transport university, Uzbekistan, Tashkent

Abstract: *This article discusses the issues of reducing the waiting time of vehicles when trains of different categories approach crossings, automation of the operation of the transition signaling system. The principle of operation of the signaling system of the railway crossing has shown that at railway intersections at railway outposts where high-speed train traffic is established, the reason for the waiting of motor vehicles at long intervals is the regulatory time-based operation of the railway crossing. The article offers a method for automating the work of railway intersection signaling for railway intersections located in different directions. Based on the proposed method, the reporting time for trains of different categories was determined, and the cost-effectiveness of the automated method of the proposed rail crossing for the operating modes of motor vehicle engines was calculated.*
Key words: *railway crossing, train, motor vehicle, station, haul.*

ТЕМИР ЙЎЛ КЕСИШМАСИНИНГ ИШЛАШ АЛГОРИТМЛАРИНИ АВТОТРАНСПОРТ ВОСИТАЛАРИНИ КУТИШ ВАҚТИГА ТАЪСИРИ

Болтаев Суннатилло Туймуродович, Косимова Қамара Амоновна,
Рахмонов Бобомурод Бахтиёрович, Валиев Сохибжамол Ибрахимович
Тошкент давлат транспорт университети, Ўзбекистон, Тошкент

Аннотация: *Ушбу мақолада турли тоифадаги поездлар ўтиш жойларига яқинлашганда автотранспорт воситаларининг кутиш вақтини қисқартириш, ўтиш сигнализация тизимининг ишлашини автоматлаштириш масалалари муҳокама қилинади. Темир йўл кесишмасининг (ТЙК) сигнализация тизимининг ишлаш тамойилини шуни кўрсатдики, юқори тезюрар поездлар ҳаракати ташкил этилган темир йўл участкаларидаги темир йўл кесишмаларида автотранспорт воситаларининг кўп вақт оралиғида кутиб қолишига ТЙКнинг регламент вақт асосида ишлаши сабаб бўлмоқда. Мақолада турли йўналишларда жойлашган темир йўл кесишмалари учун ТЙК сигнализацияси ишини автоматлаштириш усули таклиф этилади. Таклиф этилаётган усул асосида турли тоифадаги поездлар учун хабар бериш вақти аниқланди ва автотранспорт воситаларининг двигателларининг иш режимлари учун таклиф этилаётган темир йщл кесишмасининг автоматлаштирилган усулнинг иқтисодий самарадорлиги ҳисоблаб чиқилди.*
Калит сўзлар: *ТЙК, поезд, автотранспорт, станция, перегон*.

Кириш

Темир йўл транспортида ТЙКларда поездлар ҳаракатининг хафвсизлигини таъминлаш бугунги кунда долзарб масалалардан бири бўлиб қолмоқда. Ҳозирги кунда “Ўзбекистон темир йўллар” АЖ темир йўл магистралларида 580 та ТЙКлар мавжуд бўлиб, улардан 28 % қўриқланадиган ТЙКлар тоифасига киради [1-5]. ТЙКда автотранспорт ва поездлар хавфсизлигини таъминлаш учун поездларнинг ТЙКга яқинлашишида ТЙКнинг ўз вақтида ёпилиши учун ТЙКга яқинлашиш участкаси ҳисобланади [1-5]. Техника фойдаланиш қоидаларга асосланган ҳолда темир йўл кесишмаларига яқинлашиш участкаси қуйидаги талаблар ҳисобга олинади: поезд ТЙКнин яқинлашиш участкасига кириши билан ТЙКнинг автоматик сигналлаштириш (ТЙКАТ) тизимни ишлаши учун талаб этиладиган кафолатланган вақт, ТЙКАТ ишга тушган вақтда ТЙК ҳудудига кирган автотранспорт воситаси ТЙК ҳудудини бўшатиши учун кетадиган вақт, ТЙКда автотранспорт йўлини ва темир йўл изининг нечта йўли кесиб ўтганлги, ТЙКда ҳаракатланаётган автотранспортнинг максимал узунлиги ва уни тезликлари ҳисобга олинади[6-13].

Темир йўл кесишмасидаги кутилиш вақтларини ошишига олиб келадиган сабаблар

Темир йўл станцияларнинг бўйнида жойлашган темир йўл кесишмалари, қоида биноан, бир нечта темир йўл изларни кесиб ўтади, бу эса ўтиш ТЙКнинг лойиҳаланишини мураккаблашишига ва ўтиш жойи узунлигининг ошишига олиб келади [1-5]. Бу, ўз навбатида, автотранспорт воситаларининг ТЙКдан ўтиш тезлиги ва хабар бериш вақтининг узайишига, ҳамда, автотранспортларининг самарасиз тўхтаб қолишига олиб келади[1-13].

Бугун кунда темир йўл кесишмалари юқори тезюрар линияларда жойлашган станцияларда жойлашган бўлса бунда статнсияларда маршрутларни тайёрлаш алгоритмлари оддий линияларда поездларга маршрутларни тайёрлаш алгоритмларидан фарқ қилади. Юқори тезликли линияларда жойлашган станцияларда маршрутларни белгилаш қуйидагича амалга оширилади:

“Оддий ҳаракат” режимида станциядаги ТЙКга яқинлашаётган участканинг бандлиги ҳар доим ҳам ТЙКни ёпиш заруратини англатмайди [1-2]. Масалан, станция чегарасида жойлашган ТЙКга яқинлашиш участкаси сифатида қабул қилиш-жўнатиш йўлда турган поездни йўлни банд қилиши орқали аниқлаш мумкин бўлади[3]. Электр марказлаштириш тизимларида маршрутларни тайёрлаш алгоритмлари станция йўлларини узунликлар турли хил бўлганлиги сабабли ТЙКга яқинлашиш участкалари узунлиги тур хил бўлиши мумкин[1-5]. Бу эса ўз вақтида поездларни ТЙКга вақтлироқ ёки кеч бориб қолишини исътесно қилиш мақсадида станцияда йўлларини темир йўл кесишмаларига яқинлашишини инобатга олган ҳолда станциялардаги чиқиш светофорларини очиш учун кутиш вақтларини қўшиш керак бўлади. Бу эса поездларни темир йўл кесишмаларига станция йўлларидан қатъий назар яқинлашиш вақтлари бир хил бўлишини таъминлайди.

Бугунги кунда ан'анавий поездлар учун темир йўл кесишмаларига яқинлашиш вақти қуйидаги (1) ифода ёрдамида аниқланади.

$$T_{cros_now} = 0,28 \cdot v_{\max} \cdot \left(\frac{l_n + l_p + l_0}{v_p} + t_2 + t_3 \right) \qquad (1)$$

бу ерда: *ln*– ТЙК узунлиги яъни релснинг чеккасидан энг узоқда жойлашган ТЙК светофоридан (ёки ярим шлагбаумдан) қарама қарши томондаги релс чеккасигача бўлган масофа ҳамда 2,5м қўшилган, м; *lp*=24м – автотранспортнинг узунлиги; *l0*=5м – ТЙК светофоридан автотранспорт тўхташ жойигача бўлган масофа; *Vp*=1,4 м/с – автотранспорт воситасининг ТЙКни кесиб ўтиш тезлик; *t2* = 4с – ТЙК сигнализатсияси қурилмаларини бошқариш қурилмалари ва яқинлашиш хабарини бериш занжирининг ишлаш вақти, с; *t3* = 10с – захира кафолат вақти, с;

“Юқори тезликда ҳаракатланиш” режимида станцияларда ТЙКга яқинлашиш участкаларини алоҳида участкаси назарда тутилмаган ва унинг ёпилиши регламент асосида амалга оширилади (олдиндан, регламентга мувофиқ, юқори тезюрар поездни ТЙКга яқинлашишидан 10 дақиқа олдин ёпилади). Амалиёт шуни кўрсатадики, бундай ёндашув билан тезюрар линияларда поездлар ҳаракатини ташкил этиш темир йўл кесишмаларида автотранспорт воситаларининг катта тўпланиши ҳосил қилади.

Автотранспорт воситаларининг темир йўл кесишмасидаги кутиш вақтини ёқилғи сарфини ортишига таъсири

Автотранспорт воситаларининг ҳаракатлаши даврида автотранспорт двигателининг ишлаш режимидан келиб чиққан ҳолда автомашинанинг ёқилғи сарфининг ҳажмини аниқлаш мумкин бўлади.

Автотранспорт воситаларининг эгаларининг кунлик ёқилғи сарфи учун кетказадиган сарф ҳаражатлари қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$Z = S \cdot V \cdot C \cdot \left(\frac{V}{S}\right) \cdot L \cdot n \qquad (2)$$

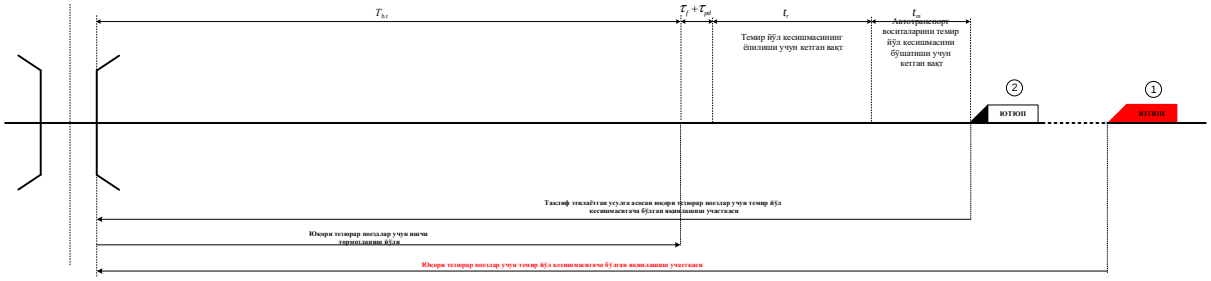
Бу ерда: Z – ёқилғи ёқиш учун кетадиган ҳаражат;

S - 10 литр ёқилғида автотранспорт босиб ўтадиган йўли;

V – 100 км масофага сарф қилинадиган ёқилғи ҳажми;

L – автомабил юриш йўли бўйича мавжуд темир йўл ва автотранспорт йўлларининг бир даражадаги кесишмаси;

n – автотранспортни бир кунда ўртача ТЙКдан ўтиб қайтишлар сони;



1-расм: ТЙКга юқори тезликдаги поездларни яқинлашиш учун хабар бериш усули

Автотранспорт воситалари двигателларининг юклама билан ишлаганида ТЙКда ёқадиган ёқилғи сарф-ҳаражатлари (3):

$$Z_{двиг.юкламали} = V_{автотра.дв.юкламали} \cdot N_{автотрансп.ўрни} \cdot 2 \cdot C_{ёкилги\ учун\ хараж} \cdot$$

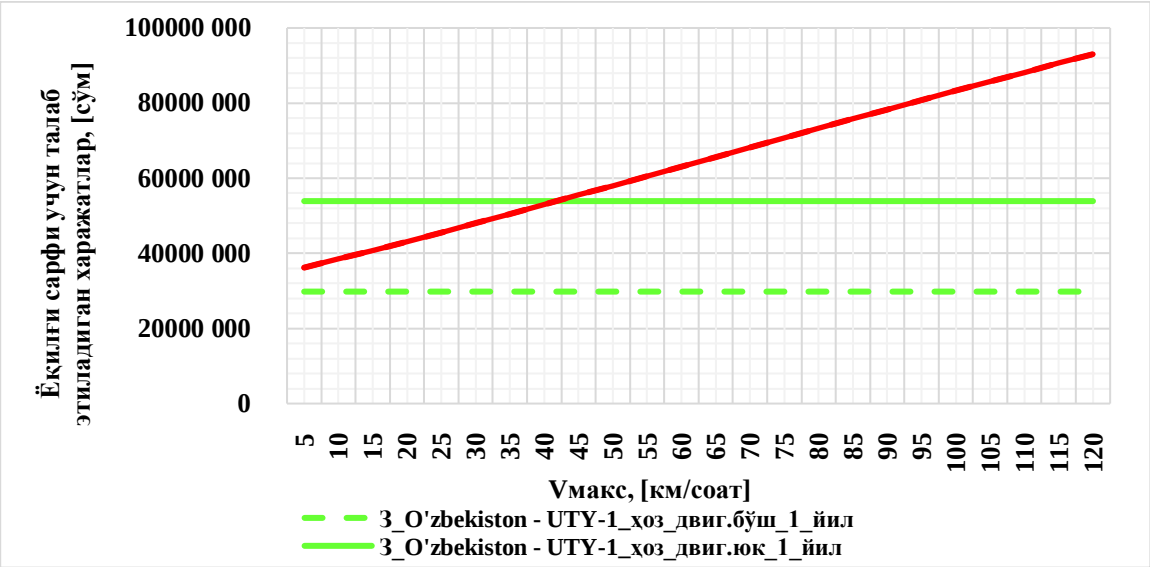
$$\cdot \left(\int_{v'}^{v''} \frac{m * f_p * v}{P - ((r_0 + F_G) * v + r_1 * v^2 + r_2 * v^3)} dv + \left(\frac{l_n + l_p + l_0}{v_p} \right) + t_{aat} \right) \qquad (3)$$

Автотранспорт воситалари двигателларининг юкламасиз ишлаганида ТЙКда ёқадиган ёқилғи сарф-ҳаражатлари (4):

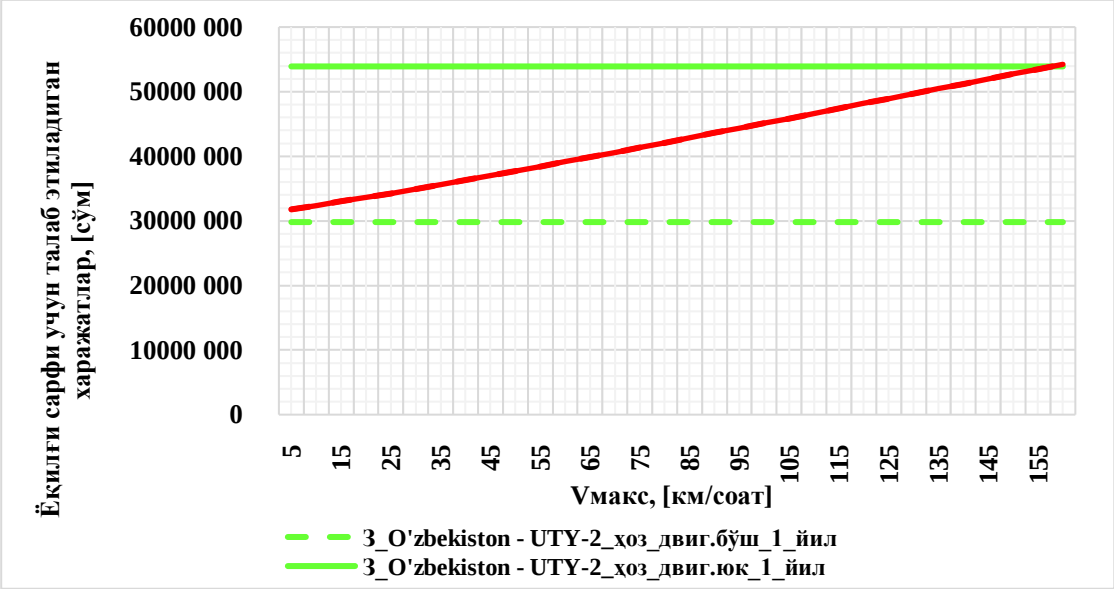
$$Z_{двиг.юкламасиз} = V_{автотра.дв.юкламасиз} \cdot N_{автотрансп.ўрни} \cdot 2 \cdot C_{ёкилги\ учун\ хараж} \cdot$$

$$\cdot \left(\int_{v'}^{v''} \frac{m * f_p * v}{P - ((r_0 + F_G) * v + r_1 * v^2 + r_2 * v^3)} dv + \left(\frac{l_n + l_p + l_0}{v_p} \right) + t_{aat} \right) \qquad (4)$$

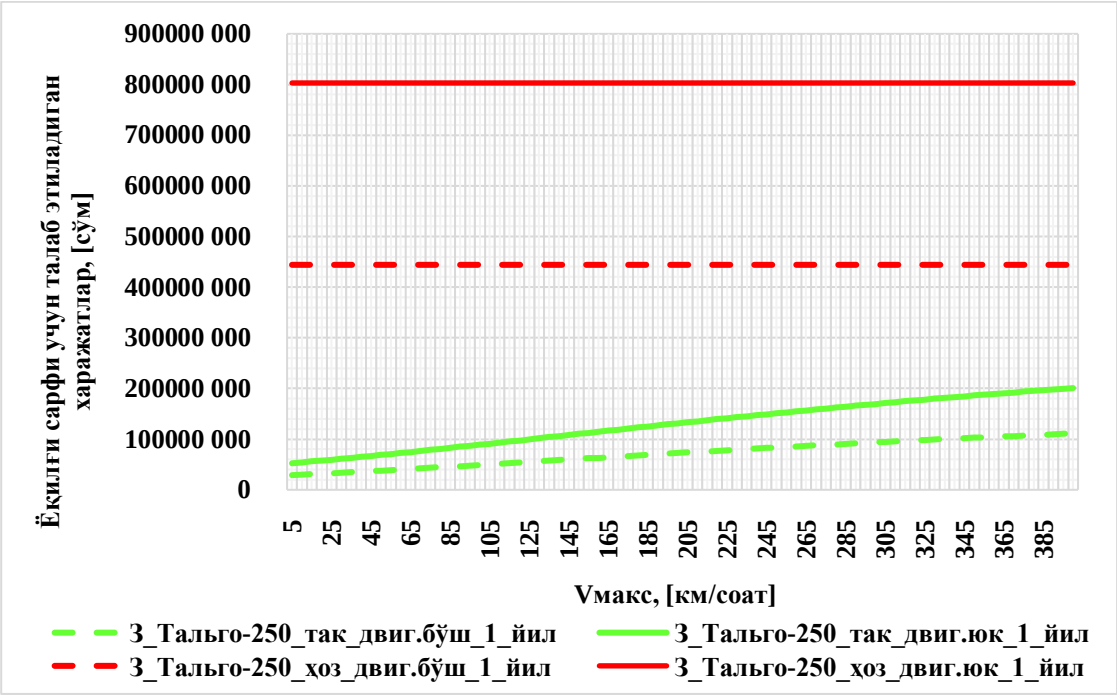
Бу ерда: t_{aat} - машинистнинг ҳаракат вақти; fp - оғирлик коеффициенти; a - тезлик билан боғлиқ тезланиш [m/s2]; FG - қаршилик кучи [kN]; P - барча двигателларнинг қуввати [kW]; r0 - массага боғлиқ механик қаршилик коеффициенти [kN]; r1 - оғирликни механик қаршиликка боғлиқлик коеффициенти [kN*(s/m)]; r2 - аеродинамик қаршилик коеффициенти [kN*(s2/m2)]; S – тормозланиш йўли [m]; v - тезлик [m/s]; v’ - бошланғич тезлик [m/s]; v’’ - охирги тезлик [m/s]; t - вақт [s]; m - поезд массаси [t];.


Ёқилғи сарфи учун талаб этиладиган харажатлар, [сўм]
100000 000
80000 000
60000 000
40000 000
20000 000
0
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120
Vмакс, [км/соат]
З_O'zbekiston - UTY-1_ҳоз_двиг.бўш_1_йил
З_O'zbekiston - UTY-1_ҳоз_двиг.юк_1_йил

а)

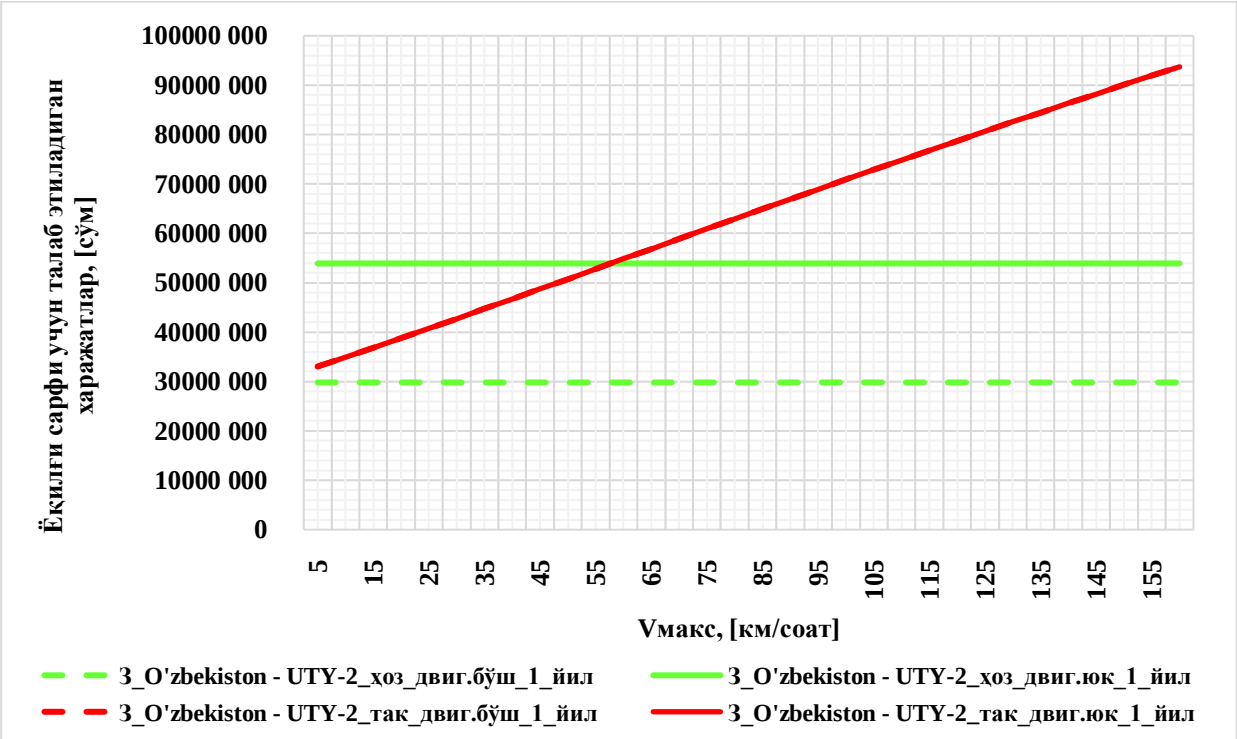

Ёқилғи сарфи учун талаб этиладиган харажатлар, [сўм]
60000 000
50000 000
40000 000
30000 000
20000 000
10000 000
0
5 15 25 35 45 55 65 75 85 95 105 115 125 135 145 155
Vмакс, [км/соат]
З_O'zbekiston - UTY-2_ҳоз_двиг.бўш_1_йил
З_O'zbekiston - UTY-2_ҳоз_двиг.юк_1_йил

б)

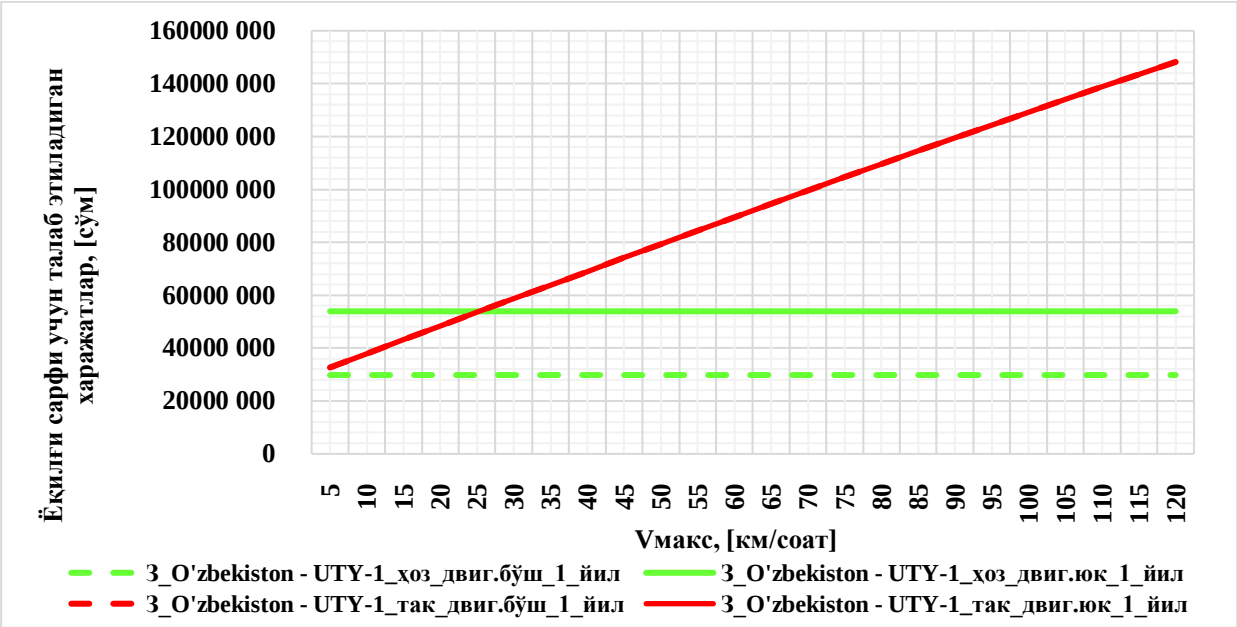


c)

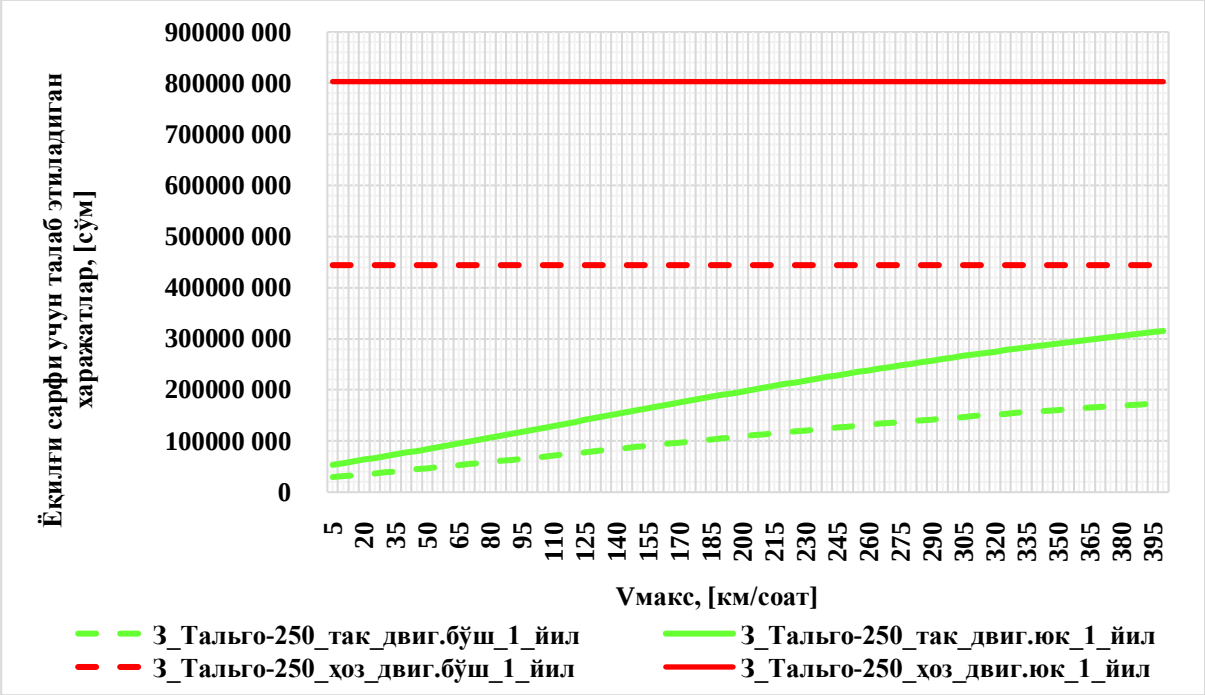
2-расм: Темир йўл кесишмаларига текис ҳаракатда поездларнинг яқинлашиши жараёнидаги автомашиналарнинг ўртача йиллик сарф-харажатлар: а - O'zbekiston - UTY-2 йўловчи поездлари учун; б - “O'zbekiston - UTY-1” юк поездлари учун; с - Тальго-250 юқори тезюрар Афросиёб поездлари учун;



a)



б)



с)

3-расм: Темир йўл кесишмаларига текис тезланувчан ҳаракатда поездларнинг яқинлашиши жараёнидаги автомашиналарнинг ўртача йиллик сарф-харажатлар: а - O'zbekiston - UTY-2 йўловчи поездлари учун; б - “O'zbekiston - UTY-1” юк поездлари учун; с - Тальго-250 юқори тезюрар Афросиёб поездлари учун;

Поездларни ТЙКга яқинлашиш вақтларига асосланиб ҳисобланган автотранспорт воситалари ёқилғисининг сарф-ҳаражатларидан кўриниб турибдики ҳозирги вақтда юқори тезюрар поездлар учун мавжуд бўлган регламент асосида поездларни ТЙКдан ўтказиш ҳисобига автотранспорт воситаларини ёқилғи сарф-ҳаражатларини ошганини кўришимиз мумкин(1с - ва 3, с - расмда).

2а, б – расмда йўловчи ва юк поездларни темир йўл кесишмаларига яқинлашиб келиши ҳисобига автотранспорт воситаларини ёқилғи сарф-харажатларини фарқини кўришимиз мумкин.

2а – чизмада юк поездларини кичик тезликларида таклиф қилинаётган усул орқали поездларни ТЙКга хабар бериш усул автотранспорт маторлари юкламасиз ишлаганда ўринли бўлмайди, сабаби ёқилғи сарф-саражатлар ошади.

2б – чизмада йўловчи поездларини ҳар қандай тезликларида таклиф қилинаётган усул орқали поездларни ТЙКга хабар бериш усул автотранспорт маторлари юкламасиз ишлаганда ўринли бўлмайди, сабаби ёқилғи сарф-саражатлар ошади.

2- ва 3-чизмалар икки йўлли ТЙКга турли хил поездларни яқинлашишидаги автотранспорт воситаларининг моторларининг юкланиш билан ва юкланишсиз ишлаган ҳолатлар учун кунлик ва йиллик ёқилғи сарф-ҳаражатлари ҳисобланган.

Хулоса

ТЙК темир участкаларининг энг хавфли қисмларидан бири бўлиб ҳисобланади. Бунга сабаб темир йўлларнинг автотранспорт йўлларини бир даражада кесишишидир. Бу эса ўз навбатида автотранспорт воситаларини ҳайдовчиларини йўл транспорт воситаларининг ҳавфсизлигига бўлган талабларни оширади. Поездларни ТЙКга яқинлашиш вақтини поездлар ҳаракат ҳавфсизлигига асосан камайтириш автотранспорт воситаларини ёқилғи сарф-ҳаражатларини камайтиришга ҳамда автотранспорт восталарини темир йўл кесишмаларида тўпланишини камайтирилишига сабаб бўлади. (3) ва (4) ифодадан фойдаланган ҳолда турли хил поездларнинг темир йўл кесишмаларига яқинлашишини ҳособга олган ҳолда турли автотранспорт воситаларининг ёқилғи сарф-ҳаражатларини двигателларининг иш режимидан келиб чиққан ҳолда аниқлаш имкониятини яратади.

Ҳисоб-китобларга кўра, ТЙКдаги автотранспорт воситаларининг кутиш вақтида автотранспорт воситаларининг ёнилғи сарфи жорий кутиш вақтига нисбатан сезиларли даражада қисқариши, ТЙКАТ сигнализация тизими иши таклиф этилаётган усул ҳисобиган эришилиши мумкин бўлади.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников, И. М. Кокурин, В. А. Кононов, А. А. Лыков, А. Б. Никитин. – М.: Маршрут, 2006. – 247 с.
2. S. T. Boltayev, S. I. Valiyev and Q. A. Qosimova, "Improving the Method of Sending Information about the Approach of Trains to Railway Crossings," 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 2022, pp. 558-565, doi: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755564.
3. S. T. Boltayev, R. B. Abdullaev, B. G. Ergashov and B. Q. Hasanov, "Simulation of a Safe Train Traffic Management System at the Stations," 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 2022, pp. 566-571, doi: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755616.
4. Никитин А.Б., Болтаев С.Т. Обеспечение безопасности на станционных переездах при организации высокоскоростного движения на действующих линиях / А.Б. Никитин, С.Т. Болтаев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2016. – № 2. – С. 206-214.
5. Valiyev, S., Kosimova, Q., Boltayev, S., Ergashov, B. (2023). Improved Method and Algorithm of Railway Crossing Automatic Signaling System. In: Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 510. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11051-1_114
6. D. Efanov, D. Plotnikov and G. Osadchy, "Prognosis Service for Navigation Systems Regarding Time Parameters of Railroad Crossing," 2018 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/EWDTS.2018.8524770.
7. https://www.globalrailwayreview.com/topic/level-crossings/ (*мурожаат қилинган вақт 2022-йил 1-ноябр*).
8. https://www.anl.gov/taps/reference/vehicle-idle-reduction-savings-worksheet-pdf (*мурожаат қилинган вақт 2022-йил 1-ноябр*).
9. Larue G., Miska M., Qian G., Wullems C., Rodwell D., Chung E., Rakotonirainy A. Can road user delays at urban railway level crossings be reduced? Evaluation of potential treatments through traffi c simulation. Case

Studies on Transport Policy, Volume 8, Issue 3, September 2020, pp. 860–869.
10.Abioye O. F., Dulebenets M. A., Pasha J. et al. Accident and hazard prediction models for highway–rail grade crossings: a state-of-the-practice review for the USA. Rail. Eng. Science 28, 251–274 (2020). https://doi.org/10.1007/s40534–020–00215-w.
11.Chris De Gruyter & Graham Currie (2016) Rail-road crossing impacts: an international synthesis, Transport Reviews, 36:6, 793–815. DOI: 10.1080/01441647.2016.1188429.
12.Gitelman V., Hakkert A. S. The evaluation of road-rail crossing safety with limited accident statistics. Accident Analysis & Prevention, Vol. 29, Issue 2, March 1997, pp. 171–179.
13.Borsos A., Gabor M., Koren C. (2016) Safety ranking of railway crossings in Hungary. Transp Res Procedia 14:2111–2120.