



XFTAP 73.29.17

Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-150-1-268-259>

Интервалды реттеу жүйелерінің пойызаралық интервалға әсерін бағалау

Ж.Е. Шукманов* , Г.А. Сүлейменова  2

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

²М.Тынышбаев атындағы АЛТ университеті, Алматы, Қазақстан

E mail: shukamanov@bk.ru

Аңдатпа. Теміржол көлігі – жолаушылар мен жүк тасымалының сенімді әрі үнемді түрі ретінде көлік жүйесінде маңызды орын алады. Соңғы жылдары қозғалыс жиілігінің артуы мен қауіпсіздік талаптарының күшеюі теміржол желісінің өткізу қабілетін оңтайландыруды қажет етуде. Осы мақсатта пойыздар арасындағы интервалды басқару жүйелерін модельдеу – қозғалыс тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды құралына айналууда. Осы мақалада пойыздар арасындағы интервалды басқару жүйелерін модельдеу арқылы қозғалысты ұйымдастырудың тиімді жолдары қарастырылады. Пойыз аралық интервал – бұл пойыздар арасындағы кеңістіктік немесе уақыттық қашықтық, ол жүйенің қауіпсіз және тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді. Бұл интервалды нақты есептеу және түрлі басқару жүйелерінде (жартылай автоматты блоктау, автоматты блоктау, радиоблоктау) салыстыру теміржол желісінің өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндік береді. Жүргізілген есептеулерге сәйкес: жартылай автоматты блоктау жүйесінде интервал – 660 с., өткізу қабілеті – 5,45 пойыз/сағ.; автоматты блоктау жүйесінде интервал – 120 с., өткізу қабілеті – 30 пойыз/сағ.; радиоблоктау жүйесінде интервал – 72 с., өткізу қабілеті – 50 пойыз/сағ. Бұл нәтижелер радиоблоктау жүйесінің пойыздар қозғалысын басқарудағы ең тиімді жүйе екенін көрсетті, себебі ол ең аз интервалмен жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелері теміржол көлігінің цифрлық трансформациясына, қауіпсіздік пен өткізу қабілетін арттыруға үлес қосуы мүмкін.

Түйін сөздер: пойыздар қозғалысы, интервалды реттеу, өткізу қабілеттілік, пойызаралық интервал, модельдеу.

Түсті 24.06.2025. Жөнделді 10.07.2025. Мақұлданды 31.08.2025. Онлайн қолжетімді 30.09.2025

* хат-хабар автор үшін

Кіріспе

Қазіргі заманғы көлік жүйелерінде жолаушылар мен жүк ағындарының үнемі артуы теміржол телімдерінің өткізу қабілеттілігін арттыруды өзекті мәселеге айналдырып отыр. Өткізу қабілеттілігі – бұл белгілі бір уақыт ішінде теміржол телімі арқылы қауіпсіз және тиімді түрде өткізуге болатын пойыздар саны. Бұл көрсеткіш теміржол желісінің жалпы өнімділігіне, қозғалыс кестесінің тұрақтылығына, жүктің уақтылы жеткізілуіне және бүкіл көлік жүйесінің сенімділігіне тікелей әсер етеді [1].

Теміржол телімдерінің өткізу қабілеттілігіне көптеген факторлар әсер етеді: пойыздардың жылдамдығы, қозғалыс интервалдары, блоктау жүйелерінің түрі, станциялардың өткізу мүмкіндіктері және техникалық құралдардың жай-күйі. Осы факторлардың үйлесімді жұмыс істеуі жүйенің тиімділігін арттырады. Сондықтан телімнің өткізу қабілетін дәл бағалау, оны модельдеу және оңтайландыру – қазіргі көлік логистикасында маңызды зерттеу бағыты болып табылады.

Теміржол телімдерінің өткізу қабілетін арттыру мен қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз етуде пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйелері ерекше рөл атқарады. Бұл жүйелер пойыздар арасындағы кеңістіктік немесе уақыттық интервалды белгілеу арқылы олардың бір бағытта немесе қарсы бағытта қозғалысын ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Интервалды басқарудың негізгі мақсаты – соқтығысулар мен бөгелістердің алдын алу арқылы қозғалыс үдерісін оңтайландыру [2].

Интервалды реттеу жүйелері теміржол желілерінің құрылымына, пойыз қозғалысының тығыздығына және техникалық құралдардың деңгейіне байланысты әртүрлі болады. Қазіргі уақытта кең таралған жүйелерге жартылай автоматты блоктау, автоматты блоктау және радиоблоктау жатады. Әрбір жүйенің өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар, және олар нақты телімнің сипаттамасына қарай таңдалады.

Дұрыс таңдалған интервалды басқару жүйесі телімнің өткізу қабілетін едәуір арттырып, пойыздар қозғалысының үздіксіздігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Сондықтан бұл жүйелерді модельдеу және салыстырмалы түрде талдау теміржол көлігін жаңғырту мен автоматтандыруда маңызды орын алады.

Теміржол көлігінде пойыз қозғалысын интервалды реттеу жүйелерін жалпы үш топқа топтастыруға болады: жартылай автоматты блоктау (ЖАБ), автоматты блоктау (АБ) және радиоблоктау (РБ). ЖАБ жүйесінде бір блок-участкеде тек бір пойыз болуына рұқсат етіледі, бұл жүйенің өткізу қабілетін шектейді. АБ жүйесі блок-участкелерді қысқарту арқылы пойыздардың тығыз қозғалысын қамтамасыз етеді, ал РБ жүйесі пойыздардың нақты уақыттағы орнын бақылауға негізделіп, ең аз интервалмен ең жоғары өткізу қабілетін ұсынады.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасы теміржол желісі бойынша пойыздар қозғалысын интервалды реттеудің әртүрлі жүйелері қолданыста. Алайда, теміржол автоматикасы және телемеханикасы жүйелерінің техникалық жағдайы өткізу қабілетіне тікелей әсер етіп отыр.

Статистикалық мәліметтерге сәйкес, ЖАТ-тың шамамен 70%-ы өз қызмет ету мерзімін толықтай өткеріп, тозу шегіне жеткен құралдардан тұрады. Бұл – теміржол көлігінің инфрақұрылымындағы аса маңызды мәселелердің бірі [3].

Қазіргі талаптарға сай келмейтін ЖАТ жүйелері пойыздар қозғалысын басқарудың тиімділігі мен қауіпсіздігіне теріс әсер етеді. Әсіресе, жүйелердің элементтік базасының физикалық тұрғыдан тозуы олардың сенімділігін күрт төмендетіп, интервалды басқару

мүмкіндіктерін шектейді. Бұл мәселе Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі Көлік-логистикалық әлеуетін дамыту тұжырымдамасының 2.7.2-тармағында ресми түрде көрсетілген [5]. Осыған байланысты, интервалды реттеу жүйелерін жаңғырту және модельдеу, олардың тиімділігін бағалау мен салыстыру – теміржол көлігінің цифрлық трансформациясын жүзеге асыруда және өткізу қабілетін арттыруда шешуші мәнге ие.

Әдіснама

Теміржол телімінің өткізу қабілетін айқындайтын негізгі факторлардың бірі – пойыздар арасындағы интервалды басқару жүйесінің түрі. Интервалды реттеу жүйесі пойыздар қозғалысының қауіпсіздігі мен үзіліссіздігін қамтамасыз ету мақсатында олардың арасындағы кеңістіктік және уақыттық қашықтықты белгілеуге арналған.

Қазақстан теміржол жүйесінде негізінен үш түрлі интервалды реттеу жүйесі қолданылады: жартылай автоматты блоктау, автоматты блоктау және радиоблоктау. Әрбір жүйенің өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар.

ЖАБ жүйесі – пойыздардың қозғалысын кезекші немесе диспетчердің рұқсатымен реттейтін, басқаруы жартылай автоматтандырылған жүйе. Бұл жүйеде белгіленген аралықта бір мезгілде тек бір пойыз ғана қозғала алады. Жол телімінің босатылғаны туралы ақпарат көршілес станциялар арасында телефон немесе сымды байланыс арқылы беріледі. Автоматты блоктау жүйесі – пойыздардың қозғалысын автоматты түрде реттейтін жүйе. Теміржол телімі бірнеше қысқа блок-телімдерге бөлінеді.

Әр блокта орналасқан жолдық релелік құрылғылар пойыздың орналасуын анықтап, сигнал беру жүйесі арқылы арттағы пойыздарға ақпарат береді. Радиоблоктау – пойыз қозғалысын нақты уақыт режимінде басқаруға арналған ең заманауи жүйе. Мұнда физикалық блок-телімдер болмайды, оның орнына пойыздың позициясына негізделген виртуалды блок-телімдер қалыптасады.

Радиобайланыс арқылы әр пойыздың жылдамдығы, орнын, тежелу жолын және алдыңғы пойыздан қашықтығын автоматты түрде бақылайды [1-4].

Осы аталған интервалды реттеу жүйелерінің негізгі техникалық сипаттамаларын 1-кестеден көруге болады.

Теміржол жүйесінде пойыздар арасындағы интервал – бұл келесі пойызды қауіпсіз түрде қозғалысқа жіберуге рұқсат берілетін уақыт аралығы. Интервал ұзақтығы неғұрлым қысқа болса, жүйенің өткізу қабілеті соғұрлым жоғары болады [6-8].

Жартылай автоматты блоктау жүйесінде пойыз аралық интервал келесі формуламен есептеледі.

$$T_{\min \text{ ЖАБ}} = \frac{S}{V} \cdot 3600 + t_k, \quad \text{с} \quad (1)$$

мұндағы $T_{\min \text{ ЖАБ}}$ – пойыздар арасындағы ең аз уақыттық интервал (секундпен). Бұл уақыт ішінде келесі пойыздың жүруі қауіпсіз деп есептеледі; S – пойыз құрамы жүріп өтетін аралықтың ұзындығы; V – пойыздың қозғалыс жылдамдығы (км/сағ); 3600 – сағатты секундқа айналдыру коэффициенті (1 сағат = 3600 секунд); t_k – қосымша қауіпсіздік уақыты, яғни алдыңғы пойыз телімді босатқаннан кейін диспетчердің келесі пойызға рұқсат беру уақыты. Бұл байланыс, тексеріс, нұсқау беру сияқты уақыттарды қамтиды.

Автоматты блоктау жүйесінде пойыз аралық интервалды есептеу келесідей ерекшеліктерге ие, себебі, бұл блоктау жүйесінде аралық бірнеше блок-телімдерге бөлінеді.

1-Кесте. Интервалды реттеу жүйелерінің негізгі техникалық сипаттамалары

Сипаттама	Жартылай автоматты блоктау (ЖАБ)	Автоматты блоктау (АБ)	Радиоблоктау (РБ)
Басқару әдісі	Қолмен (диспетчер арқылы)	Автоматты, сигнализациямен	Радиобайланыс арқылы автоматты түрде
Ақпарат беру	Телефон, сымды байланыс	Релелік құрылғылар мен сигналдар	Радио және цифрлық деректер
Бақылау жүйесі	Кезекшінің визуалды бақылауы	Пойыздың жолдағы орналасуы бақыланады	GPS және onboard сенсорлар арқылы
Сигнал беру	Қолмен берілетін рұқсат	Автоматты бағдаршамдар	Машинистің дисплейіне тікелей хабарлама
Жүйенің сенімділігі	Төмен	Орташа	Өте жоғары
Техникалық күрделілік	Төмен	Орташа	Жоғары
Жабдықтарға тәуелділік	Минималды	Электрлік реле және датчиктер	Цифрлық жүйелер, серверлер, сенсорлар
Жаңғырту мүмкіндігі	Шектеулі	Бар	Кеңейтілген (жаңартуға бейім)
Автоматтандыру деңгейі	Төмен	Орташа	Жоғары
Инфрақұрылымға қойылатын талаптар	Қарапайым	Орташа	Жоғары деңгейдегі цифрлық инфрақұрылым
Кадрларға тәуелділік	Жоғары (диспетчер, кезекші)	Орташа (техникалық қызмет)	Төмен (автоматтандырылған жүйе)
Жүйе икемділігі	Төмен	Орташа	Жоғары
Қауіпсіздік технологиясы	Дәстүрлі	Электронды бақылау	Заманауи (ETCS, CBTC, т.б.)
Қызмет көрсету жиілігі	Жоғары (қолмен тексеру қажет)	Орташа	Төмен (өздігінен диагностика жүргізеді)

$$T_{min AB} = \frac{L_{блок}}{V} \cdot 3600, \quad c \quad (2)$$

мұндағы $T_{min AB}$ – пойыздар арасындағы ең аз уақыттық интервал (секундпен). Бұл уақыт ішінде келесі пойыздың жүруі қауіпсіз деп есептеледі; S – пойыз құрамы жүріп өтетін аралықтың ұзындығы; V – пойыздың қозғалыс жылдамдығы (км/сағ); 3600 – сағатты секундқа айналдыру коэффициенті (1 сағат = 3600 секунд).

Радиоблоктау жүйесінде жылжымалы блок-телімдердің болуы есебінен, пойыз

аралық интервалды есептеу барысында қауіпсіз арақашықтық параметрі ескеріліп, келесі формула қолданылады:

$$T_{min PB} = \frac{d_{\text{қауіпсіз}}}{V} \cdot 3600 \text{ с}, \quad (3)$$

мұндағы $T_{min PB}$ – пойыздар арасындағы ең аз интервал, нақты уақыт тәртібінде есептеледі; $d_{\text{қауіпсіз}}$ – қауіпсіз арақашықтық (км), яғни алдыңғы пойыз толық тоқтаған жағдайда, артындағы пойыз да қауіпсіз тоқтай алатын тежеу жолы; V – пойыздың қозғалыс жылдамдығы (км/сағ); 3600 – сағатты секундқа айналдыру коэффициенті (1 сағат = 3600 секунд).

Егер аралықтың ұзындығы 10 км, пойыз құрамының жылдамдығы 60 км/сағ, сонымен қатар қосымша қауіпсіздік уақытын 60 секунд және автоматты блоктау жүйесінде блок-телімнің ұзындығы 2 км, ал радиоблоктау жүйесінде қауіпсіз арақашықтықты 1,2 км алатын болсақ, жоғарыда көрсетілген үш жүйе бойынша пойыз аралық интервалдың және аралықтың өткізу қабілетінің келесідей салыстырмалы көрсеткіштерін аламыз:

$$T_{min ЖАБ} = \frac{10}{60} \cdot 3600 + 60 = 660 \text{ с}$$

$$T_{min АБ} = \frac{2}{60} \cdot 3600 = 120 \text{ с}$$

$$T_{min РБ} = \frac{1,2}{60} \cdot 3600 = 72 \text{ с}$$

Осы көрсеткіштерді ескере отыра, аралықтың өткізу қабілетін келесі формуламен есептейміз:

$$N = \frac{3600}{T_{min}}, \quad \text{пойыз/сағ.} \quad (4)$$

Олай болса, жартылай автоматты блоктау жүйесіндегі аралықтың өткізу қабілеті:

$$N_{ЖАБ} = \frac{3600}{660} = 5,45 \quad \text{пойыз/сағ.}$$

Автоматты блоктау жүйесіндегі аралықтың өткізу қабілеті:

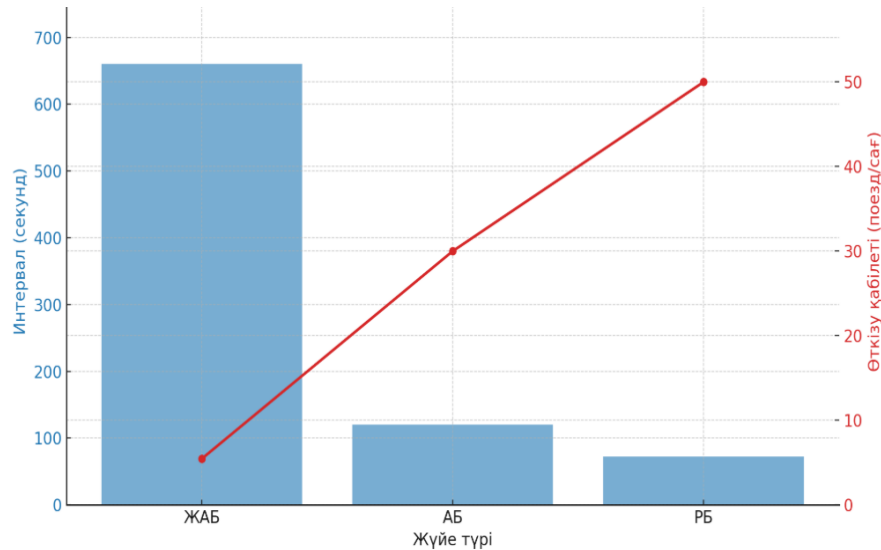
$$N_{АБ} = \frac{3600}{120} = 30 \quad \text{пойыз/сағ.}$$

Радиоблоктау жүйесіндегі аралықтың өткізу қабілеті:

$$N_{РБ} = \frac{3600}{72} = 50 \quad \text{пойыз/сағ.}$$

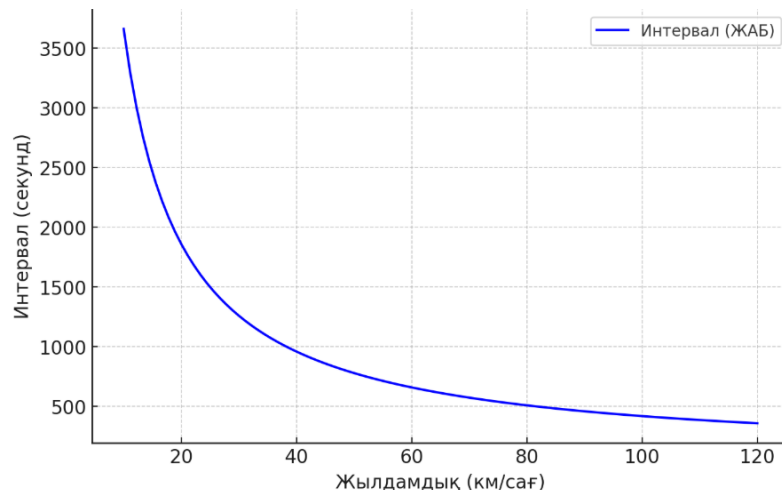
Нәтижелер мен талқылау

Есептеулердің нәтижесінде жартылай автоматты блоктау жүйесінде пойызаралық интервалдың үлкен болуына байланысты, бұл аралықтың өткізу қабілеті төмен екенін байқауға болады. Ал, радиоблоктау жүйелерінде жылжымалы блок-телімнің болуына байланысты пойызаралық интервал төмен және аралықтың өткізу қабілеті жоғары болатынын байқаймыз (1-сурет).



1-сурет. Блоктау жүйелеріндегі пойыз аралық интервал мен өткізу қабілетінің салыстырмалы графигі

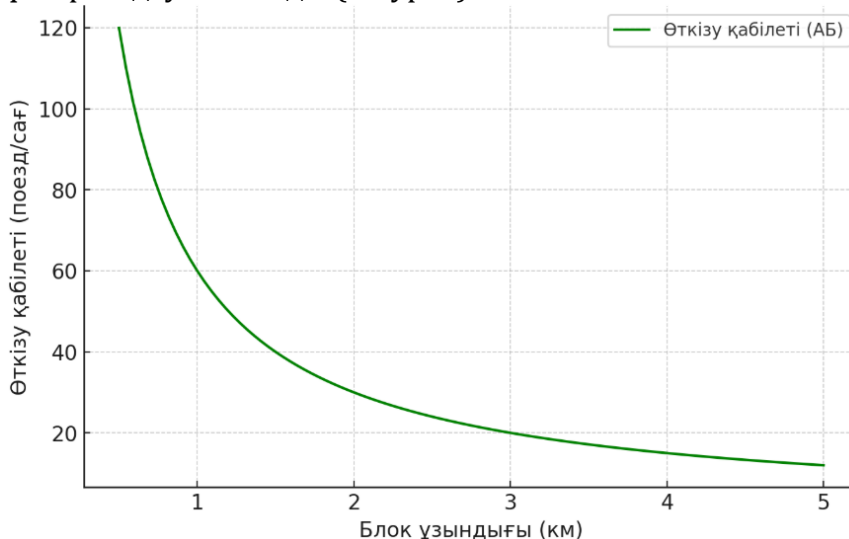
Сонымен қатар, пойызаралық интервал мен аралықтың өткізу қабілетін есептеу барысында қолданылған параметрлердің өзара тәуелділік графиктерінен келесідей тұжырымдама жасауға болады.



2-сурет. Пойыз жылдамдығының пойызаралық интервалға тәуелділігі

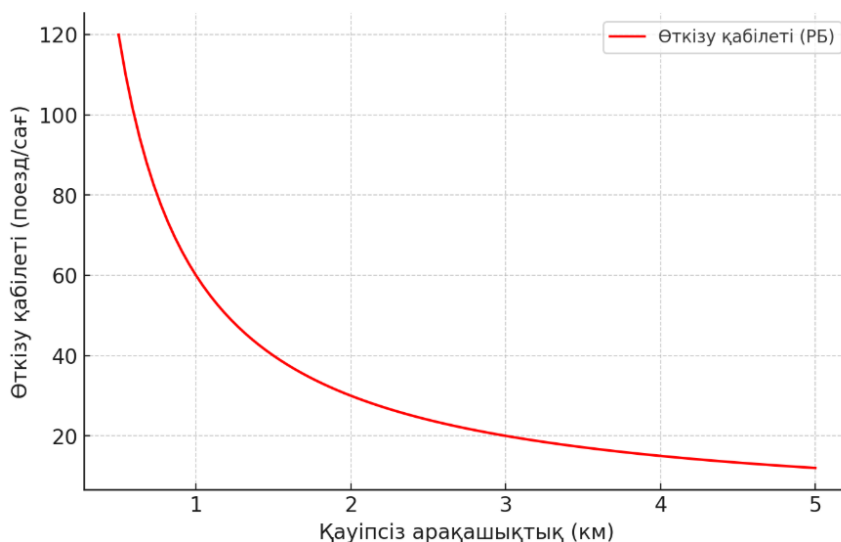
Жартылай автоматты блоктау жүйесінде жылдамдық артқан сайын, аралықтың өткізу қабілеті артады (2-сурет). Мысалы, пойыз құрамының жылдамдығы 10-нан 120 км/сағ-қа дейін өзгертілген жағдайда, өткізу қабілеті артады. Дегенмен, қазіргі таңда теміржол инфраструктурасы мен жолдық жағдайы пойыз құрамының жылдамдығын айтарлықтай жоғарлатуға мүмкіндік бермейді.

Автоматты блоктау жүйесінде аралықтағы блок-телім ұзындығының өткізу қабілетіне әсерін келесідей тұжырымдауға болады (3-сурет).



3-сурет. Блок-телім ұзындығының аралықтың өткізу қабілетіне тәуелділігі

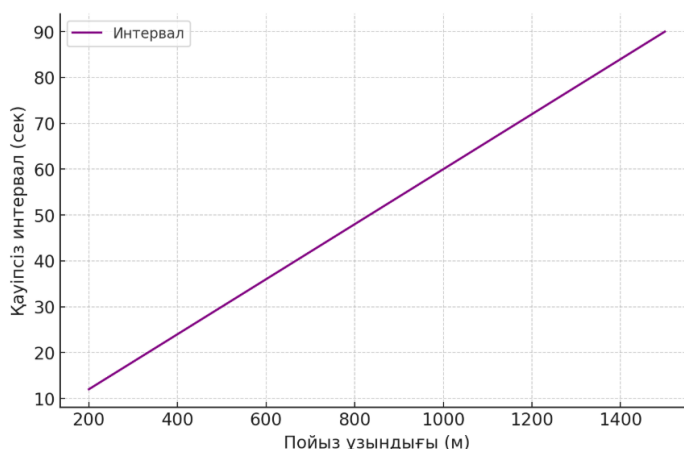
Графикте көрсетілгендей, аралықтағы блок-телім ұзындығы 0.5-тен 5 км-ге дейін өзгертілген. Бұл жағдайда, блок-телім ұзындығы артқан сайын пойыз аралық интервалдың өсіп, аралықтың өткізу қабілетін азайтатынын көруге болады. Дегенмен, қысқа блок-телімдер жоғары тиімділік береді, бірақ олардың техникалық күрделілігі жоғары болады.



4-сурет. Қауіпсіз арақашықтықтың аралықтың өткізу қабілетіне тәуелділігі

Радиоблоктау жүйесінде қауіпсіз арақашықтықтың өзгеруі де, аралықтың өткізу қабілетіне әсер етеді (4-сурет).

Бұл жағдайда, қауіпсіз арақашықтық артқан сайын, пойызаралық интервал да артады. Бұл өз кезегінде аралықтың өткізу қабілетінің төмендеуіне алып келеді. Радиоблоктау жүйесінде тежеу технологияларын жетілдіру арқылы қауіпсіз арақашықтықты қысқарту – өткізу қабілетін арттырудың маңызды жолы болып табылады. Сонымен қатар радиоблоктау жүйесінде қауіпсіз интервалдың пойыз құрамының ұзындығына да тәуелділігін бақылауға болады (5-сурет).



5-сурет. Қауіпсіз арақашықтықтың аралықтың өткізу қабілетіне тәуелділігі

Бұл нәтижеге келесідей талдау жүргізуге болады: пойыз ұзындығы ұлғайған сайын, тежелу жолы да артады, соның нәтижесінде, қауіпсіз интервал да ұлғаяды, себебі соңғы пойыз құрамы толық тоқтауға үлгеруі тиіс. Бұл әсіресе радиоблоктау жүйесінде маңызды, себебі интервал нақты тежелу мүмкіндігіне байланысты есептеледі [9, 10].

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйелерінің тиімділігіне әртүрлі факторлардың ықпалын нақты көрсетті. Үш түрлі жүйе бойынша (жартылай автоматты блоктау – ЖАБ, автоматты блоктау – АБ және радиоблоктау – РБ) салыстырмалы модельдеу жүргізіліп, олардың техникалық және операциялық артықшылықтары мен шектеулері талданды.

ЖАБ жүйесі қарапайым құрылымымен ерекшеленсе де, интервал ұзақтығының үлкендігі мен қолмен басқаруға тәуелділігі жүйенің өткізу қабілетін шектейді.

АБ жүйесінде автоматтандырылған блоктар арқасында интервал қысқарады және өткізу қабілеті артады, дегенмен блок ұзындығына тәуелділік сақталады. Ең озық РБ жүйесінде қозғалысты үздіксіз бақылау мен нақты уақыттағы мәліметтерді пайдалану арқылы ең аз интервалмен ең жоғары өткізу қабілеті қамтамасыз етіледі.

Графиктік модельдеу нәтижелері көрсеткендей:

- жылдамдық артқан сайын интервал қысқарады (ЖАБ жүйесінде);
- блок немесе қауіпсіз арақашықтық ұзындығы артқан сайын өткізу қабілеті төмендейді (АБ және РБ жүйелерінде);
- автоматтандыру деңгейі артқан сайын интервал азайып, жүйе тиімділігі күрт өседі;
- поезд ұзындығы ұлғайған сайын тежелу жолы артып, РБ жүйесінде интервал өседі.

Жалпы алғанда, радиоблоктау жүйесі ең тиімді болып танылды: ол қысқа интервалмен жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз ете отырып, теміржол желісінің өткізу мүмкіндігін максималды пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу теміржол көлігін цифрлық трансформациялау мен интеллектуалды басқару жүйелерін енгізу үшін ғылыми-тәжірибелік негіз бола алады. Алынған нәтижелер болашақта теміржол телімдерінің жұмысын оңтайландыруға, қозғалыс қауіпсіздігін арттыруға және жүк пен жолаушылар тасымалын тиімді ұйымдастыруға бағытталған стратегиялық шешімдер қабылдауға негіз бола алады.

Алғыс айту, мүдделер қақтығысы

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым Комитетінің қаржылық қолдауымен, ИРН АР22685501 «Пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйелерінің темір жол желілерінің өткізу қабілеттілігіне әсерін бағалау» жобасы аясында жүзеге асырылды.

Авторлардың қосқан үлесі.

Шукманов Ж.Е. – тұжырымдаманы құру, зерттеу жүргізу, әдебиетпен жұмыс

Сүлейменова Г.А. – зерттеу нәтижелерін талдау және синтездеу, валидациялау және интерпретациялау

Әдебиеттер тізімі

1. Сансызбай Қ.М., Орунбеков, М.Б., Шукманов, Ж.Е., Тасболатова, Л.Т., Сагмединов, Д.С. Общие тенденции развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики на сети железных дорог Казахстана // Вестник КазАТК. – 2022. – № 2 (121). – С. 414-424. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2022-121-2-414-424>
2. Шукманов Ж.Е., Сүлейменова Г.А., Тогжанова К.О., Джулаева Ж.Т., Жұмахан Н. Үш мәнді пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйесінде пойыз аралық интервалының блок-телім ұзындығына тәуелділігін анықтау // ҚазККА хабаршысы. – 2024. – № 5 (134). – Б. 188–194. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-134-5-188-194>
3. Шукманов Ж.Е., Сүлейменова Г.А., Орунбеков М.Б., Есмаханова Л.Н., Тлемисов Б.Б. ПҚИРЖ-Е жүйесінде радиобайланыстың рұқсат етілген ең ұзақ болмау уақытын есептеу // «Қазақстан ғылымы мен техникасы» ғылыми журналы. – 2024. – № 4. – Б. 362-371. <https://doi.org/10.48081/XMCL2311>
4. Киселева О.Г., Шукманов Ж.Е., Жеңісова А.Д., Пейшбек А.Ә. Эффективность регулировочных мероприятий на железнодорожном транспорте с использованием прогнозных данных // Вестник КазАТК. – 2020. – № 3 (114). – С. 131-136. <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/issue/view/2/2>
5. Концепция развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года, утвержденный Постановлением Правительства Республики Казахстан № 1116 от 30 декабря 2022 года. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116>
6. Алиев А.К., Жақсыбаев А.С. Поезд қозғалысын басқарудың автоматтандырылған жүйелері және қозғалыс қауіпсіздігі. – Алматы: Транстех баспасы, 2021. – 312 б.
7. Калиев Б.С., Тажибаев Ж.Ш. Теміржол көлігінде пойыз қозғалысын ұйымдастыру. – Алматы: Эверо, 2020. – 256 б.
8. Жарқынов Н.Ш. Теміржол көлігіндегі қозғалысты басқару және автоматтандыру

жүйелері. – Астана: ҚазҰТЗУ баспасы, 2022. – 280 б.

9. Bestemyanov P.F., Baranov L.A. Control Algorithms and Mathematical Modeling of Interval Train Traffic // Russian Electrical Engineering. – 2023. – № 94. – P. 621-624. https://doi.org/10.3103/S1068371223090055_055

10. Aliev, R. Method inductive communications for interval traffic control. AIP Conference Proceedings. – 2023. – 2612(1), 060002–060002-9. <https://doi.org/10.1063/5.0113212>

Ж.Е. Шукаманов^{*1}, Г.А. Сулейменова²

¹Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

²АЛТУ университет имени М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан

Оценка влияния систем интервального регулирования на межпоездной интервал

Аннотация. Железнодорожный транспорт занимает важное место в транспортной системе как надёжный и экономичный вид перевозки пассажиров и грузов. В последние годы увеличение интенсивности движения и усиление требований к безопасности требуют оптимизации пропускной способности железнодорожной сети. С этой целью моделирование систем интервального управления движением поездов становится важным инструментом обеспечения эффективности и безопасности движения. В данной статье рассматриваются эффективные способы организации движения на основе моделирования систем интервального управления между поездами. Межпоездной интервал — это пространственное или временное расстояние между поездами, обеспечивающее безопасную и стабильную работу системы. Точное определение этого интервала и его сравнительный анализ в различных системах управления (полуавтоматическая блокировка, автоматическая блокировка, радиоблокировка) позволяет повысить пропускную способность железнодорожной сети. Согласно проведённым расчётам: в системе полуавтоматической блокировки интервал составляет 660 с, пропускная способность – 5,45 поездов/ч; в системе автоматической блокировки интервал – 120 с, пропускная способность – 30 поездов/ч; в системе радиоблокировки интервал – 72 с, пропускная способность – 50 поездов/ч. Эти результаты показывают, что система радиоблокировки является наиболее эффективной системой управления движением поездов, так как она обеспечивает наименьший интервал и высокую пропускную способность. Результаты исследования могут способствовать цифровой трансформации железнодорожного транспорта, а также повышению безопасности и пропускной способности.

Ключевые слова: движение поездов, интервальное регулирование, пропускная способность, межпоездной интервал, моделирование.

Zh.E. Shukamanov^{*1}, G.A. Suleimenova²

¹M.H. Dulati Taraz University, Taraz, Kazakhstan

²ALT University M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan

Assessment of the impact of interval control systems on the inter-train interval

Abstract. Railway transport holds a significant place in the transportation system as a reliable

and cost-effective means of passenger and freight transportation. In recent years, the increasing frequency of train movements and stricter safety requirements have necessitated the optimization of railway network capacity. To this end, modeling train interval control systems has become a key tool for ensuring movement efficiency and safety. This article explores effective methods for organizing train operations through the modeling of interval control systems. The train interval is the spatial or temporal distance between trains that ensures the safe and stable operation of the system. Accurate calculation of this interval and its comparison across various control systems (semi-automatic block, automatic block, and radio block) allow for the enhancement of railway line capacity. According to the calculations: In the semi-automatic block system, the interval is 660 seconds, and the capacity is 5.45 trains/hour; In the automatic block system, the interval is 120 seconds, with a capacity of 30 trains/hour; In the radio block system, the interval is 72 seconds, providing a capacity of 50 trains/hour. These results indicate that the radio block system is the most efficient for train traffic management, as it ensures the shortest interval and the highest throughput. The research findings can contribute to the digital transformation of railway transport, improving both safety and capacity.

Keywords: train movement, interval control, throughput capacity, train interval, modeling

References

1. Sansyzbaj Қ.М., Orunbekov, M.B., SHukamanov, ZH.E., Tasbolatova, L.T., Sagmedinov, D.S. Obshchie tendencii razvitiya sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki na seti zheleznih dorog Kazakhstana [General trends in the development of railway automation and telemechanics systems on the railway network of Kazakhstan] // Vestnik KazATK. – 2022. – № 2 (121). – С. 414-424. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2022-121-2-414-424> [in Russian].
2. SHukamanov ZH.E., Sulejmenova G.A., Togzhanova K.O., Dzhulaeva ZH.T., ZHymahan N. Ysh мәнді pojyzdar қозғалысын интервалды реттеу зһыесінде pojyz аралық интервалының блок-телим ұзындығына тәуелділігін анықтау [Determination of the dependence of the inter-train interval on the length of the block in the system of interval regulation of the movement of three-value trains] // ҚазККА habarshysy. – 2024. – № 5 (134). – В. 188–194. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-134-5-188-194>
3. SHukamanov ZH.E., Sulejmenova G.A., Orunbekov M.B., Esmahanova L.N., Tlemisov B.B. PҚIRZH-E zhyesinde radiobailanystың рұқсат етилген ең uзақ болмау uақтыын еsepteu [Calculation of the maximum allowable absence of radio communication in the PCIRR-E system] // «Қазақстан қылымы мен teхникасы» қылымы zhurnaly. – 2024. – № 4. – В. 362-371. <https://doi.org/10.48081/XMCL2311>
4. Kiseleva O.G., SHukamanov ZH.E., ZHeңisova A.D., Pejshbek A.Ә. Effektivnost' regulirovochnyh meropriyatij na zheleznodorozhnom transporte s ispol'zovaniem prognoznyh dannyh [Effectiveness of regulatory measures in railway transport using forecast data] // Vestnik KazATK. – 2020. – № 3 (114). – С. 131-136. <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/issue/view/2/2> [in Russian].
5. Konceptiya razvitiya transportno-logisticheskogo potenciala Respubliki Kazahstan do 2030 goda [The concept of development of the transport and logistics potential of the Republic of Kazakhstan until 2030], utverzhdenyj Postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan № 1116 ot 30 dekabrya 2022 goda. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116> [in Russian].
6. Aliev A.K., Zhaқsybaev A.S. Poezd қозғалысын басқарудың avtomattandyryлған зһыелери zһәne қозғалыс қаuipsizdigi [Automated train traffic control systems and Traffic Safety]. – Almaty:

Transteh baspasy, 2021. – 312 b.

7. Kaliev B.S., Tazhibaev ZH.SH. Temirzhol keliginde pojyz qozғalysyn yjymdastyru [Organization of train traffic in railway transport]. – Almaty: Evero, 2020. – 256 b.

8. ZHarkynov N.SH. Temirzhol keligindegi qozғalysty basқaru zhәne avtomattandyru zhyjeleri [Traffic control and automation systems in railway transport]. – Astana: QazҰTZU baspasy, 2022. – 280 b.

9. Bestemyanov P.F., Baranov L.A. Control Algorithms and Mathematical Modeling of Interval Train Traffic // Russian Electrical Engineering. – 2023. – № 94. – P. 621-624. https://doi.org/10.3103/S1068371223090055_055 [in English].

10. Aliev, R. Method inductive communications for interval traffic control. AIP Conference Proceedings. – 2023. – 2612(1), 060002–060002-9. <https://doi.org/10.1063/5.0113212> [in English].

Авторлар туралы мәлімет

Шукаманов Ж.Е. – хат алмасу авторы, М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің «Автоматтандыру және телекоммуникация» кафедрасының аға оқытушысы, жоба жетекшісі, Төле би көшесі, 60, 080000, Тараз, Қазақстан.

Сүлейменова Г.А. – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университетінің «Автоматтандыру және басқару» кафедрасының меңгерушісі, Шевченко көшесі, 97, 050000, Алматы, Қазақстан.

Шукаманов Ж.Е. – автор для корреспонденции, руководитель проекта, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и телекоммуникация» Таразского университета имени М.Х. Дулати, ул. Толе би, 60, 080000, Тараз, Казахстан.

Сулейменова Г.А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление» АЛТ университета имени М. Тынышпаева, ул. Шевченко, 97, 050000, Алматы, Казахстан.

Shukamanov Zh.E. – corresponding author, Senior Lecturer, Department of Automation and Telecommunications, M.H. Dulati Taraz University, Tole bi str., 60, 080000, Taraz, Kazakhstan.

Suleimenova G.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation and Control, ALT M. Tynyshpaev University, 97 Shevchenko str., 050000, Almaty, Kazakhstan.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)