



ӘОЖ 656

ГТАХА 73.29.61

https://doi.org/10.53364/24138614_2025_39_4_4

М.М. Нуржаубаев^{1*}, А.С. Избаирова¹, С. Болатқызы¹, Л.Х. Сарсенбаева²,
В.Ф. Лукиных³

¹Сатпаев Университеті, Алматы, Қазақстан

²Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал, Қазақстан

³Красноярск мемлекеттік аграрлық университеті, Красноярск, Ресей Федерациясы

*E-mail: make1370@mail.ru

ТЕМІРЖОЛ СТАНЦИЯЛАРЫНДА ЖОЛДАР МЕН ВАГОНДАРДЫҢ МАРШРУТТАРЫН ТИІМДІ БӨЛУ

Аңдатпа. Бұл мақалада вагон ағындарын өңдеу тиімділігін арттыру мақсатында өнеркәсіптік теміржол станцияларында жолдарды бөлуді оңтайландыру мәселелері қарастырылады. Тақырыптың өзектілігі шектеулі жол ресурстарын ұтымды пайдалану, станциялардың өткізу қабілеті мен өңдеу қабілетін арттыру және пайдалану шығындарын азайту қажеттілігіне байланысты. Негізгі назар аударылатын бағыт бойынша вагон ағындарын құрастыру және өңдеу ерекшеліктерін, қозғалыс кестесін, өңдеу тәртібін және шектеулі жол қорының ерекшеліктерін ескеретін модельдер мен оңтайландыру әдістерін әзірлеуге бағытталған. Ұсынылған шешімдер математикалық модельдеу, графиктер теориясы, сызықтық және дискретті бағдарламалау әдістерін қолдануға негізделген. Нәтижелер станцияларды басқарудың автоматтандырылған жүйелерін әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл вагондарды жолдар бойымен жоспарлауды және жедел бөлуді айтарлықтай жақсартады, жылжымалы құрамның тұрып қалуын қысқартады және жүктерді өңдеуді тездетеді.

Түйін сөздер: теміржол көлігі, өнеркәсіптік теміржол станциясы, қосалқы жол, маневрлік операциялар, вагондарды жинақтау, вагон маршруттары.

Кіріспе. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың теміржол көлігін пайдаланудың заманауи шарттары маневрлік жұмыс көлемінің күрт өсуімен сипатталады. Соңғы зерттеулер [1] көрсеткендей, дәстүрлі тәсілдер қазіргі динамикалық жүк ағындарын тиімді басқаруға жеткілікті емес. Посткеңестік елдерде теміржол инфрақұрылымының құрылысы негізінен Кеңес дәуірінде жоспарланған экономика жағдайында жүзеге асырылды. Олардың кірме жолдарының орналасуы жүктердің шағын ассортиментімен жұмыс істеуге және бір оператордың әмбебап вагондарында – инвентарлық теміржол вагондарында тасымалдауды жүзеге асыруға есептелген [2]. Қазіргі уақытта мамандандырылған вагондарда тасымалданатын жүктердің үлесі едәуір өсті. Сонымен қатар, вагондар паркі көптеген иелер арасында бөлінген, тіпті вагондар да бір-бірін алмастырмайды. Осылайша, жұмыс көлемінің төмендеуіне қарамастан, өнеркәсіптік кәсіпорындарда маневрлік өткелдер мен пойыздар құрамын жинақтау үшін жолдардың созылмалы жетіспеушілігі байқалады, бұл вагондардың қозғалыс бағыттарының ұлғаюының нәтижесі болып табылады. Бұл мәселе әсіресе тау-кен және металлургия кәсіпорындары үшін [3], сондай-ақ жүк тиеу-түсіру операцияларына қызмет көрсету үшін өзінің теміржол инфрақұрылымын пайдалануға бағытталған теңіз порттары үшін өте маңызды. Осыған байланысты жолдардың өткізу

қабілетінің тапшылығы жағдайында теміржол көлігінің жұмысын ұйымдастыру мәселесі өзекті болып табылады.

Әдебиетке шолу. Теміржол көлігі-күрделі жүйе. Бұл жағдайда бірдей операцияларды әртүрлі техникалық құралдармен жасауға болады. Бұл шарттарда жұмыстың минималды құнына немесе бөлінген жұмыстың максималды көлеміне қол жеткізу үшін техникалық құралдарды ұтымды бөлу бойынша әртүрлі міндеттер туындайды [4]. Магистральдық көлікте желі бойынша сұрыптау жұмыстарын бөлу міндеті пойыздар құрамын құрастыру жоспарын әзірлеу шеңберінде шешіледі. Жалпыға ортақ пайдаланылатын теміржолдармен жүру үрдісінде [5] пойыздардың қозғалыс көлемі бірнеше сұрыптау станциялары арқылы өтеді. Сұрыптау станцияларында қол жетімді жолдар саны мәселені шешуге шектеу ретінде қарастырылады. Егер Сұрыптау станциясының жұмысы үшін жолдар жеткіліксіз болса, бұл жұмыс басқа сұрыптау станциясына ауыстырылады. Магистральдық теміржол желісінің үлкен көлеміне байланысты сұрыптау жолдарын мамандандыру міндеттерін құрастыру жоспарын әзірлеу кезінде олар әр станция үшін бөлек шешіледі. Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы станциялардың аздығын ескере отырып, магистральдық көлікте қолданылатын әдістердің өнеркәсіптік көлікте қолданылуы шектеулі.

Магистральдық теміржол көлігімен салыстырғанда өнеркәсіптік кәсіпорындардың көлік жүйелері айтарлықтай аз. Сондықтан маневрлік жұмысты ұтымды ұйымдастыру міндеті бірнеше станциялар мен жүк фронттарымен шектеледі.

Белосевич И және Ивич М. [6], Гестрелиус С. және т.б. [7], Чжоу В. және т. б. [8] мақалалар жолдары шектеулі сұрыптау станцияларында пойыздарды бөлу, жинақтау және орналастыру үрдісін ұйымдастырумен байланысты. Соңғы жылдары бұл салада бірқатар инновациялық тәсілдер пайда болды: Козаченко Д. және т.б. [9], Сивицкий Д. және т. б. [11] мақалалар топтық пойыздарды құру міндеттеріне арналған. Қаралған мақалаларда жолдардың өткізу қабілетінің тапшылығы жағдайында топтық пойыздарды құрастыру мәселесі тек бір станция шегінде шешіледі. Бұл ретте бірнеше станциядан өту кезінде вагондарды сұрыптауды оңтайландыру мәселесі қарастырылмайды.

Порт торабындағы жіктеу жұмыстарын бөлу мәселесі Бородин Е. және басқалардың жұмысында қарастырылған. [12]. Бұл жұмыста түйіндегі жіктеу жұмыстарының міндеті пайдалану шығындарының минимумына қол жеткізу шарты негізінде рәсімделеді; дегенмен, бұл мәселені шешудің әдістемесі келтірілмеген. Бородин Е. және басқалардың жұмысында жұмысында [12] жұмысты екі станция арасында бөлу міндетін қарастырады: металлургиялық кәсіпорынның өндірістік сұрыптау станциясы және магистральдық сұрыптау станциясы арасындағы. Айта кету керек, бұл жұмыста бөлу мәселесін шешкен кезде жалпы міндет дәйекті түрде шешілетін ішкі міндеттерге бөлінді. Осыған байланысты алынған шешім, әдетте, қатаң оңтайлы емес.

Жүргізілген талдау маневрлік жұмыстарды орындау үшін теміржол инфрақұрылымын оңтайлы пайдалану мәселесі өзекті екенін және одан әрі зерттеуді қажет ететінін көрсетеді. Бұл мәселені шешу әртүрлі технологиялық операцияларды орындауға кететін уақытты бағалау үшін теміржолды пайдалану теориясының әдістерін, сондай-ақ оңтайлы шешімдерді табу үшін операцияларды зерттеу әдістерін қолданумен байланысты [14].

Маневрлік операцияларды орындауға кететін уақыт шығындарын бағалау үшін қазіргі уақытта негізінен имитациялық және статистикалық әдістер қолданылады. Бірінші тәсіл қозғалыс теңдеулерін шешуге және маневр жасау үрдісінде болатын операцияларды модельдеуге негізделген. Бұл әдіс маневрлік операциялардың ұзақтығын жоғары дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді.

Материалдар мен зерттеу әдістері.

Мақсаты. Вагондар топтары үшін жинақтау маршруттарын жекелеген бағыттар арасында бөлу әдісін жетілдіру.

Әдістері. Зерттеулер жеке бағыттар үшін вагондарды жинақтау маршруттарын мамандандырудың тиімділігін бағалау үшін темір жолды пайдалану теориясы мен

имитациялық модельдеу әдістерін, сондай-ақ вагондардың баратын орындары арасындағы маршруттардың оңтайлы таралуын табу үшін динамикалық бағдарламалау әдісін қолдану арқылы жүргізілді. Бұл тәсіл халықаралық тәжірибеде қолданылатын заманауи әдістермен [14] салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді.

Негізгі материалды ұсыну. Ірі кәсіпорындардың теміржол инфрақұрылымына жалпы пайдаланудағы темір жол желісінен келетін және оған кететін вагон тасымалының көлемін реттейтін өнеркәсіптік аралық немесе жазық аумақтар, сондай-ақ әртүрлі цехтарға қызмет көрсететін жүк станциялары жатады. Пойыз қозғалысы әдетте металлургиялық зауыт станциялары арасында ұйымдастырылады. Сұрыптау жолының нөмірін анықтау тәртібі ҚНЖЕ 2.05.07-91 «Өнеркәсіптік көлік» белгіленген. Осы нормативтік құжатқа сәйкес өнеркәсіптік станциялар мен ірі жүк фронттарында вагондарды жинақтауға арналған мамандандырылған сұрыптау жолдарының саны күніне бір жолдан 150 вагонды шығару шартымен белгіленеді. Пойыздарды шикізат пен отынның сорттары, вагондарды өңдеу түрлері, сусымалы жүктерді тиеуге жылжымалы құрамның техникалық жарамдылығы және т.б. бойынша бөлуге арналған вагондарды мамандандырылған сұрыптау жолдарынан шығару бір жолдан тәулігіне 100-110 вагон есебімен жүргізіледі. Вагондарды мамандандырылмаған сұрыптау жолдардан шығару жинақталған бағыттардың санына және қайта ұйымдастырылатын пойыздардағы вагондардың санына байланысты тәулігіне 30-65 вагонды құрайды.

Вагондарды жинақтау үшін тәуліктік өнімділігі 200 вагоннан аспайтын бір жол бөлінген. Мамандандырылған және мамандандырылмаған жолдарда жинақталған вагондардың күнделікті айырмашылық тағайындалған орындары арасында жинақтау маршруттарын ұтымды бөлу мәселесін тұжырымдауға мүмкіндік береді.

Жобалау тапсырмаларына қарағанда, қажетті жолдар саны анықталған кезде жұмыстың белгілі көлемдерін орындау үшін, пайдалану тапсырмаларда белгіленген жұмыс көлемдерін орындау үшін қолданыстағы жол схемасының ең ұтымды нұсқасын табу қажет.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың жұмысына жасалған талдаулар өңдеу алаңдарында қалыптасқан бағыттардың саны негізінен жобалық шарттарға сәйкес келетінін көрсетеді. Сонымен бірге жүк станцияларында вагондардың бағытталу санының артуына байланысты вагондар қозғалысының көлемін қосымша өңдеу қажеттілігі туындайды.

Пойыздарды тағайындау, құрастыру және маневрлік жұмыстар өнеркәсіптік станциялардың негізгі қызметі болып табылады. Бұл маневрлік жұмыстарды орындау үшін вагондарды итеру арқылы сұрыптауға арналған сұрыптау алаңдары мен арнайы профильді бағыттама бұрмалары салынады.

Пойыздарды тарқатуға және маневрлік ауыстыруларды жүргізуге арналған маневрлік жұмыстарға кететін уақыт вагондарды жинақтау үшін бөлінген жолдар санына тәуелді. Бұл вагондардың әртүрлі бағыттары арасында қолжетімді маршруттарды бөлу мәселесін тудырады. Бұл мәселе ірі өнеркәсіптік зауыттың қапталында жүк вагондарын өңдеу үрдісінің бір бөлігін қарастырады, ол өнеркәсіптік өңдеу алаңына келетін пойыздарды тарқатуды, пойыздарды немесе маневрлік тасымалдауларды құруды, пойыздарды бұзуды немесе жүк алаңдарында маневрлік тасымалдауларды қамтиды. Сұрыптау алаңының жолдарын мамандандырған кезде әрбір жүк алаңына бекітілген вагондарды жинақтау үшін қанша жол бөлінгенін және оның мекен-жайы бойынша пойыздардың қандай түрін (бір немесе топтық) құрайтынын анықтау қажет. Маневрлік жұмыстарды қайта бөлу бір кәсіпорынның ішінде болатынын ескере отырып, қабылданған шешімдердің тиімділігін бағалау үшін табиғи көрсеткішті – маневрлік жұмысқа жұмсалған ең аз уақытты пайдалануға болады. Бұл мәселедегі шектеулер тізгіндеу алаңында вагондарды жинақтау үшін бөлінген жолдардың жалпы саны, сондай-ақ тізгіндеу алаңы мен жүк алаңының өткізу қабілеті болып табылады.

Есептің математикалық тұжырымы келесідей. Жүк станциясының шартты нөмірі i болсын $i = k, l$ (мұнда k – жүк станцияларының саны). Сұрыптау станция мен i -ші жүк

станциясы арасында жүретін вагондардың қозғалыс көлемінің параметрлері d_i станциясының мекенжайына келетін вагондардың межелі жерімен, N_i вагон қозғалысының тәуліктік көлемімен және пойыздағы вагондар санымен m_i сипатталады. x_i айнымалысы i -ші жүк станциясының мекен-жайы бойынша вагондарды жинақтау үшін сұрыптау алаңында бөлінген жолдар санын белгілесін. x_i айнымалысы $0 << x_i \leq W$ болатын бүтін мәндерді қабылдай алады (мұндағы W - жинақтау алаңында вагондарды жинақтау үшін бөлінген жолдар саны). b_i логикалық айнымалысы арқылы i -ші жүк станциясының мекен-жайындағы сұрыптау алаңында пойыздар тобының құрастыру белгісін белгілейік. Бұл жағдайда егер $b_i = 0$ болса, онда бір топтың пойыздары вагондар кездейсоқ ретпен орналасқан i -ші жүк станциясына жіберіледі, ал егер $b_i = 1$ болса, онда топтық пойыздар вагондар кездейсоқ ретпен орналасқан i -ші жүк станциясына жіберіледі. баратын жерлеріне қарай топтарға бөлінеді.

i -жүк станциясының орналасуы бойынша вагон қозғалысының көлемдері бойынша маневрлік жұмыстарға жұмсалатын уақыт шығындарына S_i сұрыптау станцияда болған уақыт және F_i жүк станциясында болған уақыт жатады.

$$T_i = S_i + F_i, \quad T_i = f(N_i, m_i, d_i, x_i, b_i) \quad (1)$$

S_i және F_i мәндері функционалды түрде пойыздар қозғалыс көлемінің параметрлеріне және x_i және b_i мәндеріне тәуелді.

$$T_i = f_S(N_i, m_i, d_i, x_i, b_i) + F_i, \quad (2)$$

$$T_i = f_S(N_i, m_i, d_i, x_i, b_i) + f_F(N_i, m_i, d_i, b_i). \quad (3)$$

D_S сұрыптау станциясы арқылы маневрлік құраммен алынған уақыт ұзақтығын және D_i жүк станциясы арқылы маневрлік құраммен алынған уақыт ұзақтығын белгілейік. Жалпы жағдайда, вагондар топтарын жинақтау үшін өнеркәсіптік сұрыптау станцияның жолдарын жеке тағайындаулар арасында бөлу мәселесі бағытталған функциясының мәнін минимумға келтіретін N_i, m_i, d_i ($i = 1, k$) берілген мәндері үшін x_i және b_i айнымалыларының мәндерін табудан тұрады.

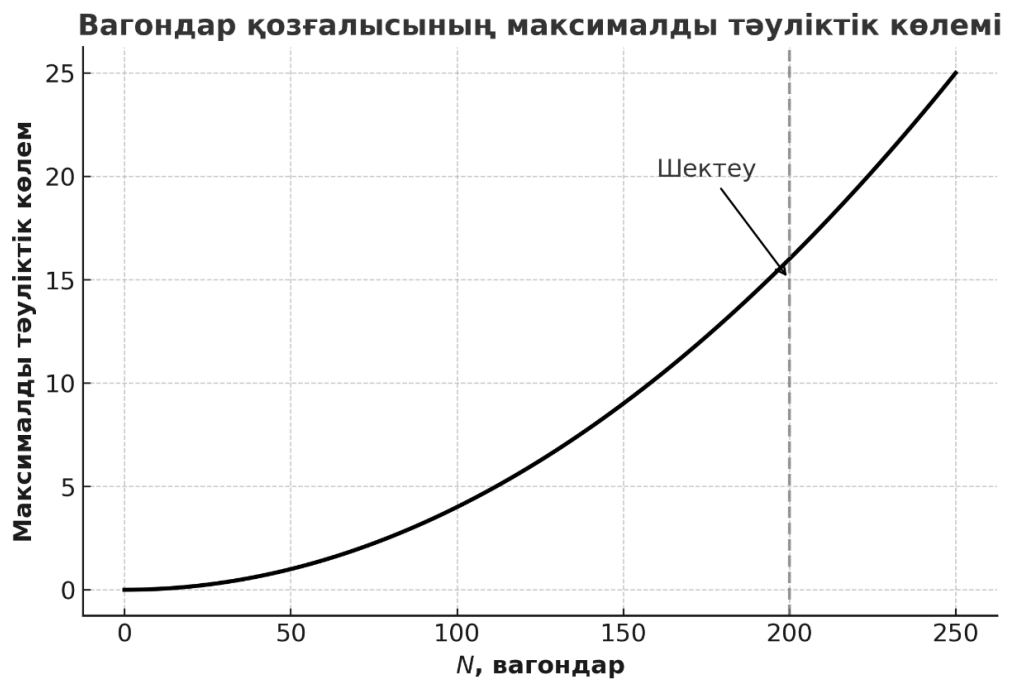
$$\min \sum_{i=1}^k T_i(x_i, b_i), \quad (4)$$

шектеулерде

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^k f_S(x_i, b_i) \leq D_S \\ f_F(b_i) \leq D_i, \quad i = \{1, \dots, k\}, \\ 0 < x_i \leq W, \quad i = \{1, \dots, k\}, \\ \sum_{i=1}^k x_i \leq W \end{array} \right. \quad (5)$$

Функциялардың (1 және 2) параметрлерін анықтау үшін темір жолды пайдалану теориясының әдістері қолданылды. Белгілі бір бағыттарға арналған вагондарды жинақтау үшін сұрыптау станцияда бөлінген жолдар саны пойыздарды таратуға да, құрастыруға да жұмсалатын уақытқа әсер етеді. Пойыздарды немесе маневрлерді тарату кезінде олардың

вагондары жинақтау жолдарына түседі. Пойыздың жинақталуын аяқтағаннан кейін бұл пойыз технологиялық операциялар бойынша жинақтау жолында біраз уақыт бос тұрып, оларды күтеді. Белгілі бір бағыттағы пойызды жинақтау үшін бір жол бөлінген болса, онда жинақтау жолы толған кезде келген вагондар сұрыптау жолына жіберіліп, қайта сұрыпталады. Қайта сұрыптауды болдырмау үшін екі немесе одан да көп жолдар болса, жинақтау үрдісі басқа жинақтау жолында басталады. Жинақтау жолдарға келетін вагондардың тәуліктік саны мен сұрыптау маршрутына жіберілген вагондар саны арасындағы байланыстың пішінін бағалау үшін имитациялық модельмен бірқатар есептеу тәжірибелері жүргізілді. Эксперименттерді жүргізу кезінде жинақтау жолын вагондармен толтыру модельденді. Вагондар топ-топ болып келді. Жинақтау жолдары толған кезде, артық вагондар қайта сұрыптау үшін сұрыптау жолына жіберілді. Есептеу эксперименттерінің нәтижелерінің мысалы 1-суретте келтірілген.



Сурет - 1 Жинақтау жолына келген вагондар саны мен сұрыптау жолдарына жіберілген вагондар саны арасындағы қатынас

Станциялық имитациялық модельді қолдану арқылы орындалған есептеу эксперименттерінің нәтижелерін статистикалық өңдеу негізінде $n_{rs,i}$ сұрыптау жолына жіберілген вагондар санының өңдеуге келген i -ші тағайындалған вагондардың тәуліктік санына тәуелділігі квадраттық сипатта болатыны анықталды [14].

$$n_{rs,i} = (a_0 + a_1 N_i + a_2 N_i^2) \cdot \delta(x_i - 1) \quad (6)$$

$$\delta(x_i - 1) \begin{cases} 1 & x_i = 1, \\ 0 & x_i > 1. \end{cases} \quad (7)$$

мұндағы a_0 , a_1 , a_2 көпмүшелік регрессия коэффициенттері.

Вагондарды қайта сұрыптау үшін маневрлік жұмыстарға кеткен уақытты келесі ұғымнан анықтауға болады:

$$T_{rs,i} = t_{rs} \cdot (a_0 + a_1 N_i + a_2 N_i^2) \cdot \delta(x_i - 1), \quad (8)$$

мұндағы t_{rs} – бір вагонды қайта сұрыптауға кеткен орташа уақыт, мин.

Өнеркәсіптік сұрыптау станцияда пойызды құрастыру немесе маневрлік ауыстыру операциялары вагондардың жекелеген топтарын тарту арқылы қосуды, сондай-ақ топтық пойыздар құрамында вагондарды ретке келтіруді қамтиды. Маневрлік құрамдарды қайта тартуға кететін уақыт ретінде келесідей анықталады:

$$m_c = \frac{T_{pul}}{0.08}, \quad (9)$$

$$T_{pul} = \frac{8}{100} m_c = \frac{2}{25} m_c$$

мұндағы m_c – пойыздағы вагондар саны.

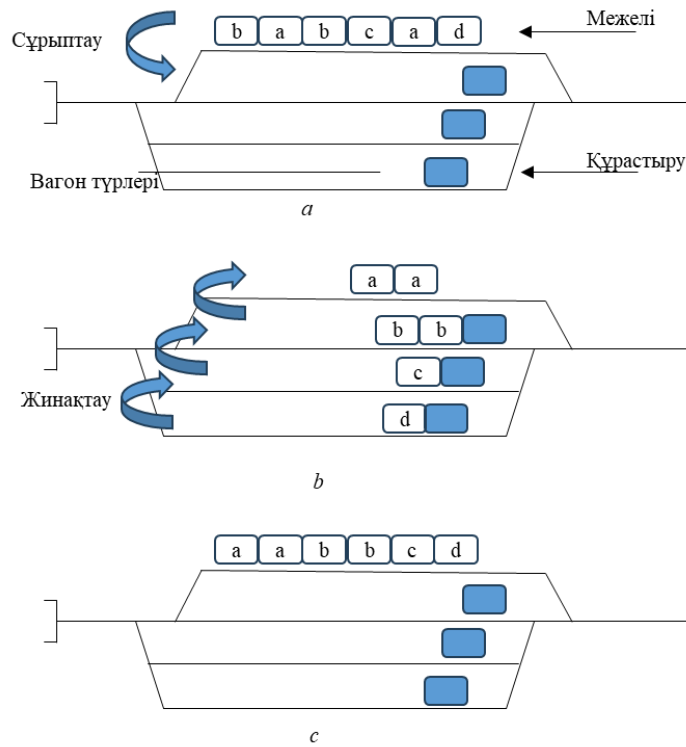
T_{pul} мәні тек вагондардың жалпы санына байланысты екенін ескерсек, ол жолдың мамандануы өзгерген кезде өзгермейді және мақсаттық функциядан (3) және шектеулер жүйесіндегі (4) P_5 мәнінен алып тастауға болады.

Пойыздағы вагондарды орналастыруға кететін уақыт пойыздың жинақталуына бөлінген жолдар санына байланысты. Бір топтық пойыздар жөнелтілген кезде вагондар оларға қойылмайды. Белгілі бір бағыттағы вагондарды жинақтау үшін бір жол бөлінген болса, онда вагондарды топтарға іріктеу 2а-суретте көрсетілгендей, олардың бағытына қарай жолдың соңында вагондарды сұрыптауды қамтиды және олардың кейінгі құрастыру бір жолда болатыны 2б-суретте көрсетілген. Нәтижесінде пойыздағы вагондар топтарға жиналады. Топтық пойыз вагондарын жинақтау үшін бөлінген жолдар саны тағайындау санына тең болса, онда жиналған вагон топтарын бір жолға біріктіру жеткілікті. Бұл жағдайда топтық пойыздың құрастырылуы суретте көрсетілген. 3а,б-суретте көрсетілген. Топқа вагондарды тандаудың аралас нұсқасы жинақтауға бөлінген жолдар саны 1-ден көп, бірақ вагон тағайындауларының санынан аз болған кезде де мүмкін болады.

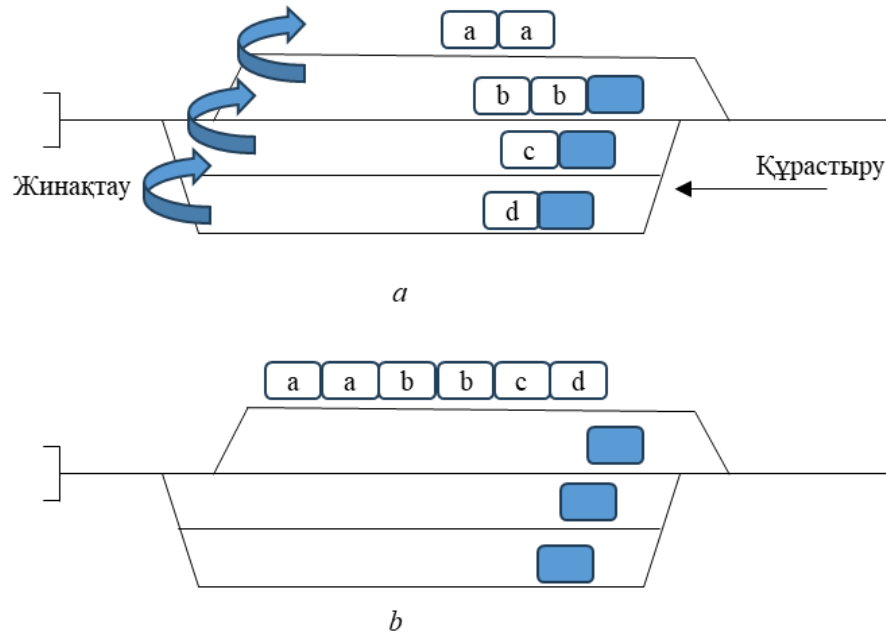
$$t_{a,i} = \begin{cases} t_{s,i} + t_{col,i}, & \text{егер } b_i = 1 \\ 0, & \text{егер } b_i \neq 1 \end{cases} \quad (10)$$

m_c вагондары мен g ағытпалардан құралған пойыздарды сұрыптау ұзақтығы келесі формула бойынша анықталады:

$$t_c = A \left(g + \frac{B}{A} m_c \right) \quad (11)$$



Сурет-2 Топтық пойыздың вагондарын жинақтау үшін бір жол бөлінген шартында құрастыру:
a – вагондардың тағайындалуы бойынша жинақтау және сұрыптау; *b* – вагондарды құрастыру; *c* – құрастырылған пойыз



Сурет -3 Топтық пойыздың вагондарын жинақтау үшін бір жол бөлінген шартында құрастыру:
a – вагондарды жинақтау және құрастыру; *b* - құрастырылған пойыз

мұндағы А, В станцияның техникалық жабдықталуына тәуелді коэффициенттер, мин/ағытпа және мин/вагон.

«Өнеркәсіптік теміржол станцияларын жобалау жөніндегі нұсқаулыққа» сәйкес, бір жағынан станциясына келетін вагондар саны m_i мен d_i станциясына келетін вагондар саны, екінші жағынан жүк түсірудің орташа саны g_i және пойызға енгізілген вагон тағайындау саны q_i арасында статистикалық байланыс бар. Осыған байланысты пойыздағы ағытпалардың орташа санын келесі формула арқылы анықтауға болады:

$$m_s = \frac{g}{a_g}; \quad \text{егер } a_g \neq 0 \quad (12)$$

$$a_g = \frac{g}{m_s}; \quad \text{егер } m_s \neq 0 \quad (13)$$

$$a = \frac{q_i}{a_q}; \quad \text{егер } a_q \neq 0 \quad (14)$$

$$a_q = \frac{q_i}{a}; \quad \text{егер } a \neq 0 \quad (15)$$

мұндағы a_g, q_i - сәйкесінше вагон/ағытпа және тағайындау/ағытпа коэффициенттері
Содан кейін пойызды сұрыптау уақыты келесі формула арқылы табуға болады:

$$t_s = \begin{cases} R \cdot m_s, & m_s > 0 \\ 0, & m_s = 0 \end{cases} \quad (16)$$

мұндағы R – станцияның техникалық жабдықталуына тәуелді коэффициент, мин/вагон.

Бірнеше жолда жиналған вагондарды сұрыптауға кеткен жалпы уақытты келесі формула бойынша анықтау ұсынылады:

$$S_{c,i}(x_i, b_i) = \delta(b_i - 1) \cdot \delta(x_i - q_i) \cdot \frac{(q_i - x_i + 1)}{q_i} R_s M_i m_i, \quad (17)$$

мұндағы R_s – сұрыптау станцияның техникалық жабдықталуына байланысты коэффициент, мин/вагон.

z жолдар бойынша сұрыпталған m_s вагондар құрамын бір жолда құрастыру уақытын келесі формула бойынша анықталады:

$$t_{col} = z \left(P + \frac{(z-1)}{z^2} E m_s \right), \quad (18)$$

мұндағы P, E - мин/жол және мин/вагонды сұрыптау станцияның техникалық жабдықталуына байланысты коэффициенттер.

(8) теңдеуін шығарған кезде барлық жолдарда вагондар саны бірдей деп есептеледі.

Бірнеше жолдарда вагондарды құрастыруға кеткен жалпы уақыт келесі формула бойынша анықталады:

$$S_{col,i}(x_i, b_i) = \delta(b_i - 1) \cdot \left[\delta(x_i - q_i) \cdot q_i \frac{P M_i}{m_i} + (1 - \delta(x_i - q_i)) \cdot x_i \frac{P M_i}{m_i} \right] + \frac{(q_i - 1) E N_i}{q_i} \quad (19)$$

Пойыз жүк станцияға келгеннен кейін оны сұрыптау қажет. Пойыздың жүк станциясында сұрыптау ұзақтығы (5) формула бойынша анықталады. Бір топтық және

топтық пойыздардың құрамында келген кезде вагондардың жалпы саны өзгермейтінін ескере отырып, бағытталған функциясының (3) және P_i шектеуінің (4) есебін салыстыру кезінде (5) теңдеудегі екінші мүшені алып тастауға болады. Нәтижесінде жүк станциясында вагондарды сұрыптауға кететін уақытты келесі теңдеу арқылы анықтауға болады:

$$F_i(b_i) = \frac{A_{F,i} N_i}{\alpha_g} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_g} \right)^{b_i}, \quad (20)$$

мұндағы $A_{F,i}$ – i -ші жүк станциясының техникалық жабдықталуына тәуелді коэффициент, мин/ағытпа.

Жалпы бағытталған функциясының (3) мәнін (7, 9 және 10) теңдеуге сүйене отырып анықтауға болады:

$$T_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^k [S_{c,i}(x_i, b_i) + S_{col,i}(x_i, b_i) + F_i(b_i)] \rightarrow \min. \quad (21)$$

Жүйеде (4) маневрлік жұмыстардың максималды рұқсат етілген ұзақтығын шектеуді келесідей көрсетуге болады:

$$\sum_{i=1}^k S_{c,i}(x_i, b_i) + S_{col,i}(x_i, b_i) \leq D_s - G_s, \quad (22)$$

және жүк станцияларында

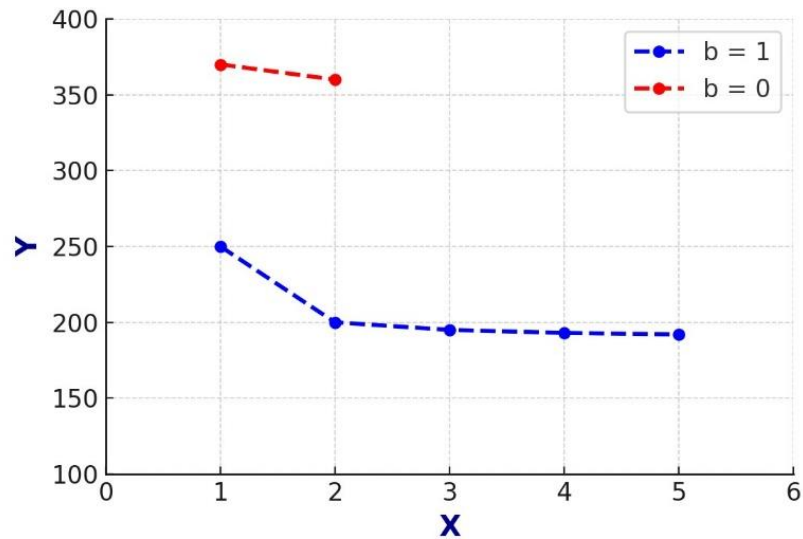
$$F_i(b_i) \leq D_i - G_i, \quad i = \{1, \dots, k\}, \quad (23)$$

мұндағы G_s , G_i – x_i және b_i -ге тәуелсіз маршалдық және жүк станцияларындағы маневрлік жұмыстарға арналған тұрақты уақыт шығындары, мин.

Нәтижелер және оларды талқылау.

(21) функциясы екі айнымалының сызықты емес функциясы болып табылады және оның аргументтері тек бүтін мәндерді қабылдай алады. Маневрлік жұмыстарға жұмсалған уақыттың, бір жағынан жөнелтілетін пойыздардың түріне және олардың жинақталуына бөлінген жолдар санына, екінші жағынан, тәуелділігінің мысалы 4 суретте көрсетілген.

Бұл тәуелділіктерді талдау көрсеткендей, жинақтау жолдарының санын арттыру алдымен маневрлік операциялардың жалпы уақытын азайтады, дегенмен белгілі бір шектен кейін бұл әсер азаяды, бұл ресурстарды шектен тыс жинақтаудың тиімсіз екенін көрсетеді. Тәуекелдерді талдау зерттеулер [14] жұмысында атап өтілгендей, белгісіздік жағдайында берік шешімдерді әзірлеу тәжірибесіне сәйкес келеді.



Y-уақыт, минут; X-Жинақтау жолдардың саны.

Сурет 1 – Маневрлік жұмыстарға кеткен уақыттың, бір жағынан жөнелтілетін пойыздардың түріне, сондай-ақ оларды жинақтау үшін бөлінген жолдар санына тәуелділігі

Бағытталған функциясының (21) сипатын ескере отырып, вагондардың топтарын жинақтау үшін жолдарды жеке тағайындаулар арасында бөлу мәселесін динамикалық бағдарламалау есебіне келтіруге болады.

Жеке жүк станциясы үшін шектеу (23) тек оның параметрлеріне байланысты. Сондықтан (23) шарт орындалмаған жүк станциялары үшін b_i айнымалысын оңтайландыру басталғанға дейін 1-ге тең етіп орнатуға болады, ал шектеудің (23) өзін тапсырмалық шарттарынан алып тастауға болады.

Тапсырманың шешімін екі кезеңде алуға болады. Бірінші кезеңде шектеуді (22) есепке алмай, бағытталған функциясының (21) минимумына жетуді қамтамасыз ететін x_i және b_i айнымалыларының мәндері анықталады. Тапсырманы шешу үшін жалпы тапсырманы шешуге мүмкіндік беретін қайталану қатынасы енгізіледі. Бағытталған функциясының (21) ең кіші мәнін іздеу кезіндегі бұл қайталану қатынасы былай жазылады:

$$T_k(W) = \min[H_k(x_k) + T_{k-1}(W - x_k)], \quad x_k = \{1, \dots, k\};$$

$$T_{k-1}(W) = \min[H_{k-1}(x_{k-1}) + T_{k-2}(W - x_{k-1})], \quad x_k = \{1, \dots, k\};$$

...

$$T_2(W) = \min[H_2(x_2) + T_1(W - x_2)], \quad x_k = \{1, \dots, k\};$$

$$T_1(W) = \min[H_1(x_1) + 0], \quad x_k = \{1, \dots, k\}.$$

Жоғарыдағы қайталану қатынасының көмегімен алынған шешім функцияның (21) ғаламдық минимумы болып табылады. Егер алынған мән (22) шартты қанағаттандырса, онда ол есептің шешімі болып табылады. Егер (22) шарт орындалмаса, онда есептің шешімі (22) шарттың орындалуын қамтамасыз ететін және жаһандық минимумға қатысты бағытталған функциясы мәнінің минималды өсуіне әкелетін x_i және b_i айнымалылар жиыны болады. Айта кету керек, бағытталған функциясының (21) ғаламдық минимумына жеткенде қосымша сұрыптау жолдарын пайдалану арқылы (22) теңдеудің сол жағының мәнін азайту мүмкін емес, өйткені бұл бір уақытта бағытталған функциясының (21) мәнінің төмендеуіне әкеледі. Демек, (22) теңдеудің сол жағындағы қысқаруға тек жеке топтық пойыздарды құрудан бас тарту арқылы қол жеткізуге болады. Өнеркәсіптік станциялар

арқылы пойыздарды құрайтын маршруттардың шектеулі санын ескере отырып, бұл мәселені жан-жақты іздеу арқылы шешуге болады.

Модель параметрлерінің таңдалу негіздемесі. Зерттеу барысында қолданылған математикалық модельдердің параметрлері (мысалы, (6) теңдеудегі a_0, a_1, a_2 , коэффициенттері, (11) теңдеудегі A, B коэффициенттері, (16) теңдеудегі R коэффициенті) нақты өнеркәсіптік станциялардың деректері негізінде анықталды. Бұл параметрлерді баптау үшін регрессиялық талдау әдістері, сондай-ақ станциялардың жұмыс журналдары мен нормативтік құжаттары (мысалы, ҚНЖЕ 2.05.07-91) пайдаланылды. Алынған параметрлердің физикалық мағынасы мынадай: олар станция инфрақұрылымының (жолдардың ұзындығы, бағдарлама бұрмаларының орналасуы, локомотивтердің өнімділігі) және технологиялық процестің (вагондарды іріктеу, құрастыру уақыты) ерекшеліктерін сипаттайды. Мысалы, (11) теңдеудегі A коэффициенті бір ағытпаны қосуға кететін орташа уақытты, ал B коэффициенті бір вагонды орналастыруға кететін қосымша уақытты білдіреді.

Салыстырмалы талдау. Мысал ретінде 5 жүк станциясына бекітілген пойыздарды құрастыру үшін өнеркәсіптік сұрыптау станцияның 7 сұрыптау жолдарын мамандандыру тапсырмасы қарастырылған. Вагон ағындарының сәйкес параметрлері кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Жүк станцияларының вагон ағындарының параметрлері

i	N_i	m_i	g_i	q_i
1	80	20	8.9	4.7
2	150	20	7.9	3.6
3	70	15	7.5	2.9
4	16	10	7.0	5.8
5	43	15	7.1	5.0

Бір топтық пойыздарды құрастыру кезінде сұрыптау станциялар мен жүк станцияларында маневрлік жұмыстарға кеткен жалпы уақыт 1800 минутты құрайды. Оңтайландыру нәтижесінде жүк станцияларында вагондарды жинақтау үшін тиісінше 1, 2, 2, 1 және 1 жолдарды бөліп, жүк станциясында топтық пойыздарды құрастыру арқылы маневрлік жұмыстарға кететін жалпы уақытты 25,4%-ға қысқартып, 1342 минутты құрайтыны анықталды.

Алынған нәтижелерді салыстыру. Жұмыста ұсынылған тәсілдің тиімділігін бағалау үшін оны басқа әдістермен салыстыру жүргізілді. Дәстүрлі эвристикалық тәсіл (сарапшылардың тәжірибесіне негізделген жолдарды бөлу) бойынша маневрлік жұмыстардың жалпы уақыты шамамен 1550-1650 минут аралығында болды. Wang & Li (2024) жұмысында сипатталған гибридік алгоритмдерге қарағанда, біздің ұсынылған динамикалық бағдарламалау тәсілі есептеу тиімділігі жағынан артықшылықтарға ие, әсіресе операциялық жоспарлау контекстінде. Сонымен қатар, жұмыста қарастырылған динамикалық бағдарламалау тәсілі тек қана жалпы уақытты азайтпай, сонымен бірге жолдарды бөлудің бірнеше нұсқаларын жүйелі түрде салыстыруға мүмкіндік береді, бұл шешімнің тұрақтылығын және оңтайлылығын арттырады. Бұл жетістік негізінен (6), (11), (16) теңдеулер сияқты модельдердің нақтылығына және олардың параметрлерінің нақты эксплуатациялық деректермен дәйектелуіне байланысты.

Жалпы, жұмыстың өзіндік ерекшелігі пойыздар мен маневрлерді жинақтау үшін бөлінген жолдар санына байланысты құрастыру бойынша маневрлік жұмыстардың ұзақтығын бағалаудың жетілдірілген әдісін ұсынуында. Сондай-ақ жұмыста динамикалық бағдарламалау мәселесі ретінде жекелеген бағыттардың арасында вагондар топтарын жинақтау жолдарын бөлу мәселесін ресімдеу және шешу әдісі ұсынылады.

Жұмыстың **тәжірибелік құндылығы** мынада: ұсынылған әдіс теміржол станцияларының қолданыстағы жол құрылыстарын ұтымды орналастыру есебінен

пойыздарды құру және тарату және маневрлік жұмыстарға кететін уақытты қысқартуға және соның нәтижесінде станциялардың өткізу қабілетін арттыруға, сондай-ақ кәсіпорындардың өнімнің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Жүргізілген есептеулер және салыстырмалы талдау ұсынылған әдістің тиімділігін растайды. Вагондар топтарын жинақтау жолдарын оңтайлы бөлу арқылы маневрлік операциялардың жалпы уақытын 25%-дан астам қысқартуға болады, бұл станцияның өткізу қабілетін айтарлықтай арттырады және эксплуатациялық шығындарды төмендетеді.

Жүргізілген зерттеулер келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік кәсіпорындардың кіреберіс жолдарында пойыздарды жинақтау және маневрлік жұмыстар үшін жол өткізу қабілетінің өткір тапшылығы байқалады. Оның себебі вагондарды тағайындау санының артуы болып табылады, бұл жеке меншік иелері арасында вагондар паркінің бөлінуі және тиеу үшін пайдаланылатын мамандандырылған вагондардың үлес салмағының артуы. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың темір жол көлігін осындай жағдайда пайдалану вагондарды қайта сұрыптауды қажет етеді. Сондықтан темір жол көлігі көбінесе өнім көлемін шектейтін және оның өзіндік құнын арттыратын элементке айналады. Мәселені шешу өнеркәсіптік станцияларда техникалық құралдарды ұтымды орналастыруда, атап айтқанда, маневрлік жұмыстарды орындау үшін олардың жолын эзірлеуде болуы мүмкін.

2. Вагондар топтарын жинақтау үшін өнеркәсіптік теміржол станцияларының жолдарын жекелеген бағыттар арасында бөлуді оңтайландыру міндеті өндірістік сұрыптау станциясы мен жүк станциясы арасындағы сұрыптау жұмыстарының осындай бөлінуін, сондай-ақ маневрлік жұмыстарды жүргізуге ең аз уақыт шығынын қамтамасыз ететін жекелеген межелі пункттер арасындағы сұрыптау станциясының жолын осылайша бөлуді табудан тұрады. Бұл қолданбалы мәселені шешу үшін осы жұмыста динамикалық бағдарламалау әдісі бейімделген.

3. Зерттеу барысында эзірленген модельдер мен әдістер халықаралық тәжірибеде қолданылатын заманауи тәсілдермен [14] салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді және олардың тиімділігін растайды. Болашақ зерттеулер [14] жұмысында сипатталғандарға ұқсас цифрлық егіздерді енгізу негізінде автоматтандырылған басқару жүйелерін эзірлеуге бағытталуы мүмкін.

***Қаржыландыру.** Мақала Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қолдауымен «Жас ғалым» AP25795671 «Көліктік тапсырмалардың көп өлшемділігін ескере отырып, Қазақстан темір жолдар желісіндегі вагон ағындарын ұйымдастыру әдістемесін эзірлеу» жобасы бойынша жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды.*

Әдебиеттер тізімі

1. Хуссан, Б., Абдиев, А., Битимбаев, М., Кузьмин С., Исагулов С., Матаев А. (2022). Обоснование и разработка инновационной контейнерной технологии подъема горной массы из глубоких карьеров. Добыча полезных ископаемых, 16(4), 87-95. DOI: 10.33271/mining16.04.087.

2. Турпак С.М., Таран И.О., Фомин О.В., Третьяк О.О. (2018). Логистические технологии доставки сырья для металлургического производства. Научный вестник Национального городского университета, (1), 162-169. DOI: 10.29202/nvngu/2018-1/3.

3. Фишер, С. (2022). Георешетчатое армирование балластированного верхнего строения железнодорожного пути для стабилизации геометрии железнодорожного пути – пример. Геотекстиль и геомембраны, 50(5), 1036-1051. DOI: 10.1016/j.geotextmem.2022.05.005.

4. Фишер, С. (2022). Исследование геометрии горизонтального пути с учетом армирования георешеткой под балластом. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(3), 89-101. DOI: 10.12700/APH.19.3.2022.3.8.
5. Болин, М., Гестрелиус С., Дамс Ф., Михалак М., Флиер Х. (2016). Методы оптимизации для многоэтапного формирования грузовых поездов. *Transportation Science*, 50(3), 823-840. DOI: 10.1287/trsc.2014.0580.
6. Белосевич И., Ивич М. (2018). Поиск переменного соседства для многоэтапной классификации поездов на уровне стратегического планирования. *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33(3), 220-242. DOI: 10.1111/mice.12304.
7. Гестрелиус С., Аронссон М., Жоборн М., Бохлин М. (2017). На пути к комплексной модели распределения путей и планирования времени движения на сортировочных станциях. *Журнал планирования и управления железнодорожным транспортом*, 7(3), 157-170. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2017.06.002.
8. Чжоу В., Ян С., Цинь Дж., Дэн Л. (2014). Оптимизация долгосрочного плана работы железнодорожной сортировочной станции для анализа использования пропускной способности. *Журнал Scientific World*, 1-13. DOI: 10.1155/2014/251315.
9. Козаченко Д., Бобровский В., Гера Б., Сковрон И., Горбова А. (2021). Метод оптимизации формирования многогрупповых поездов на станциях. *Международный журнал железнодорожного транспорта*, 9(1), 61-78. DOI: 10.1080/23248378.2020.1732235.
10. Козаченко Д., Бобровский В., Сковрон И., Яблонските Я. (2019). Повышение эффективности формирования многогрупповых поездов. В материалах 23-й Международной научной конференции. *Транспортные средства 2019*, 3, 1083-1089. Получено с <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-2019-Part-3.pdf>.
11. Сивицкий Д.А., Карасев С.В., Осипов Д.В. (2022). Методология выбора многоэтапных методов классификации поездов и параметров проектирования специализированных маневровых комплексов на основе моделирования. *Transportation Research Procedia*, 61, 323-332. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.053.
12. Бородина Е., Прокофьева Е., Вакуленко С., Петров, А. (2020). Моделирование взаимодействия станций в портовых железнодорожных узлах. *IOP Conf. Серия: Материаловедение и инженерия*, 795, 012005. DOI: 10.1088/1757-899X/795/1/012005.
13. Наумов В., Жаманбаев Б., Агабекова Д., Жанбирова З., Таран, И. (2021). Нечетко-логический подход к оценке предпочтений пассажиров при выборе автобусной линии в системе общественного транспорта. *Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*, 23(3), A150-A157. DOI: /10.26552/.
14. Huang, Y., Yang, L., & Wang, D. (2023). Integrated optimization of train routing and shunting scheduling in a large-scale railway station. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 25, 100362. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2023.100362.

References

1. Khussa B., Abdiev A., Bitimbayev M., Kuzmin S., Issagulov S., Matayev A. (2022). Substantiation and development of innovative container technology for rock mass lifting from deep open pits. *Mining of Mineral Deposits*, 16(4), 87-95. DOI: 10.33271/mining16.04.087.
2. Turpak S. M., Taran I. O., Fomin O. V., Tretiak O.O. (2018). Logistic technology to deliver raw material for metallurgical production. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1), 162-169. DOI: 10.29202/nvngu/2018-1/3.
3. Fischer S. (2022). Geogrid reinforcement of ballasted railway superstructure for stabilization of the railway track geometry – A case study. *Geotextiles and Geomembranes*, 50(5), 1036-1051. DOI: 10.1016/j.geotexmem.2022.05.005.

4. Fischer, S. (2022). Investigation of the Horizontal Track Geometry regarding Geogrid Reinforcement under Ballast. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(3), 89-101. DOI: 10.12700/APH.19.3.2022.3.8.
5. Bohlin M., Gestrelus S., Dahms F., Mihalak M., Flier H. (2016). Optimization methods for multistage freight train formation. *Transportation Science*, 50(3), 823-840. DOI: 10.1287/trsc.2014.0580.
6. Belosevic I., Ivic M. (2018). Variable neighborhood search for multistage train classification at strategic planning level. *ComputerAided Civil and Infrastructure Engineering*, 33(3), 220-242. DOI: 10.1111/mice.12304.
7. Gestrelus S., Aronsson M., Joborn M., Bohlin M. (2017). Towards a comprehensive model for track allocation and roll-time scheduling at marshalling yards. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 7(3), 157-170. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2017.06.002.
8. Zhou W., Yang X., Qin J., Deng L. (2014). Optimizing the Long-Term Operating Plan of Railway Marshalling Station for Capacity Utilization Analysis. *The Scientific World Journal*, 1-13. DOI: 10.1155/2014/251315.
9. Kozachenko D., Bobrovskiy V., Gera B., Skovron I., Gorbova A. (2021). An optimization method of the multi-group train formation at fl at yards. *International Journal of Rail Transportation*, 9(1), 61-78. DOI: 10.1080/23248378.2020.1732235.
10. Kozachenko D., Bobrovskiy V., Skovron I., Jablonskyte J. (2019). Improving the efficiency of multi-group trains formation. In *Proceedings of 23 rd International Scientific Conference. Transport Means 2019*, 3, 1083-1089. Retrieved from <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-2019-Part-3.pdf>.
11. Sivitsky D. A., Karasev S. V., Osipov D.V. (2022). Methodology for Selecting the Multistage Methods of Train Classification and Design Parameters of Specialized Shunting Facilities Based on Modeling. *Transportation Research Procedia*, 61, 323-332. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.053.
12. Borodina E., Prokofieva E., Vakulenko S., Petrov A. (2020). Modelling the interaction of stations in the port railway Junctions. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 795, 012005. DOI: 10.1088/1757-899X/795/1/012005.
13. Naumov V., Zhamanbayev B., Agabekova D., Zhanbirov Z., Taran, I. (2021). Fuzzy-logic approach to estimate the passengers' preference when choosing a bus line within the public transport system. *Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*, 23(3), A150-A157. DOI: 10.26552/com.C.2021.3.A150-A157.
14. Huang, Y., Yang, L., & Wang, D. (2023). Integrated optimization of train routing and shunting scheduling in a large-scale railway station. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 25, 100362. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2023.100362.

ЭФФЕКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ И МАРШРУТОВ ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации распределения путей промышленных железнодорожных станций с целью повышения эффективности обработки вагонопотоков. Актуальность темы обусловлена необходимостью рационального использования ограниченного путевого ресурса, повышения пропускной и перерабатывающей способности станций, а также снижения эксплуатационных затрат. Основное внимание уделено разработке моделей и методов оптимизации, учитывающих особенности формирования и переработки вагонопотоков по назначениям, график движения, очередность обработки и ограниченность путевого фонда. Предлагаемые решения основаны на применении методов математического моделирования, теории графов, линейного и дискретного программирования. Результаты*

могут быть использованы для разработки автоматизированных систем управления станцией, что позволит значительно улучшить планирование и оперативное распределение вагонов по путям, снизить простои подвижного состава и ускорить обработку грузов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, промышленная железнодорожная станция, запасной путь, маневровые операции, скопление вагонов, маршруты вагонов.

OPTIMIZATION OF TRACK DISTRIBUTION OF INDUSTRIAL RAILWAY STATIONS BETWEEN CAR DESIGNATIONS

Abstract. This article considers the issues of optimization of industrial railway station track distribution in order to improve the efficiency of wagon flow processing. The relevance of the topic is due to the need for rational use of limited track resources, increasing the throughput and processing capacity of stations, and reducing operating costs. The main attention is paid to the development of optimization models and methods that take into account the features of the formation and processing of wagon flows by destination, the schedule, the processing sequence and the limited track fund. The proposed solutions are based on the application of mathematical modeling methods, graph theory, linear and discrete programming. The results can be used to develop automated station control systems, which will significantly improve planning and operational distribution of wagons along the tracks, reduce rolling stock downtime and speed up cargo processing. Objective. To improve the method of distributing industrial railway stations tracks for the accumulation of wagon groups between individual destinations. The optimization problem is to find such a distribution of classification works between an industrial marshalling yard and freight stations, as well as such a distribution of marshalling yard tracks between individual destinations, which ensures minimal time costs for shunting operations.

Keywords: railway transport, industrial railway station, siding, shunting operations, accumulation of wagons, carriage routes.

Авторлар туралы мәлімет

Нуржаубаев Мейрам Маханович	PhD докторант, Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан, E-mail: make1370@mail.ru
Избаирова Алия Сериковна	т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан E-mail: a.izbairova@satpayev.university
Болатқызы Салтанат	Ассистент профессор, Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан, E-mail: Saltab@mail.ru
Сарсенбаева Лунара Хабаровна	Магистр, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал, Қазақстан, E-mail: alina290510@mail.ru
Лукиных Валерий Федорович	э.ғ.д., профессор, Красноярск мемлекеттік аграрлық университеті, Красноярск, Ресей, E-mail: lukinih_vf@mail.ru

Сведение об авторах

Нуржаубаев Мейрам Маханович	Докторант PhD, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан, E-mail: make1370@mail.ru
Избаирова Алия Сериковна	К.т.н., ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан, E-mail: a.izbairova@satpayev.university
Болатқызы Салтанат	Ассистент профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан, E-mail: Saltab@mail.ru
Сарсенбаева Лунара Хабаровна	Магистр, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск, Казахстан, E-mail: alina290510@mail.ru
Лукиных Валерий Федорович	д.э.н., профессор, Красноярский Государственный аграрный университет, Красноярск, Россия, E-mail: lukinih_vf@mail.ru

Information about the authors

Nurzhaubayev Meiram Mahanovich	PhD student, K. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: make1370@mail.ru
Izbaïrova Aliya Serikovna	candidate of technical sciences, associate professor, K. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan E-mail: a.izbaïrova@satpayev.university
Bolatkyzy Saltanat	Assistant Professor, K. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: Saltab@mail.ru
Sarsenbayeva Lunara	Master's degree, West Kazakhstan innovation and Technology University, Uralsk, Kazakhstan, E-mail: alina290510@mail.ru
Lukinykh Valery Fedorovich	doctor of economic sciences, professor, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russia, E-mail: lukinih_vf@mail.ru