

*Досліджено вхідні та вихідні вагонопотоки по станції П, зокрема порожні під навантаження концентрату та завантажені по відправленню. Визначено параметри розподілу відповідних випадкових величин. Виконано імітаційне моделювання роботи станції, на підставі якого встановлені основні причини затримок і ускладнень в роботі. Запропоновано з метою покращення показників функціонування станції вдосконалити конструкцію колійного розвитку, що дозволить зменшити тривалість маневрових пересувань і відповідні експлуатаційні витрати*

*Ключові слова: промисловий залізничний транспорт; вагонопотік; імітаційне моделювання роботи станції; колійний розвиток*

*Исследованы входящие и выходящие вагонопотоки по станции П, в т. ч. порожние под погрузку концентрата и груженные по отправлению. Определены параметры распределения соответствующих случайных величин. Выполнено имитационное моделирование работы станции, на основании которого установлены основные причины задержек и сложностей в работе. Предложено с целью улучшения показателей функционирования станции усовершенствовать конструкцию путевого развития, что позволит уменьшить продолжительность маневровых передвижений и соответствующие эксплуатационные расходы*

*Ключевые слова: промышленный железнодорожный транспорт; вагонопоток; имитационное моделирование работы станции; путевое развитие*

УДК 656.212

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.40402

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ СТАНЦІЇ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЇЇ КОНСТРУКЦІЇ

**В. В. Журавель**

Кандидат технічних наук  
Кафедра «Станції та вузли»\*

E-mail: zhuravel72@mail.ru

**І. Л. Журавель**

Старший викладач

Кафедра «Управління  
експлуатаційною роботою»\*

E-mail: ziro4ka2014z@yandex.ru

\*Дніпропетровський національний  
університет залізничного транспорту  
ім. академіка В. Лазаряна  
вул. Академіка Лазаряна, 2,  
м. Дніпропетровськ, Україна, 49010

## 1. Вступ

Промисловий залізничний транспорт є однією з основних ланок перевізного процесу, які забезпечують сталу роботу крупних промислових підприємств шляхом раціонального просування вагонопотоків.

Незважаючи на непросту ситуацію, що склалася на теперішній час в нашій країні, залізниці продовжують виконувати свої основні функції щодо задоволення потреб клієнтури відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [1]. Забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку транспортних послуг за умови підвищення ефективності його функціонування можливо реалізувати шляхом удосконалення існуючих і створення нових раціональних технологій роботи залізничних під'їзних колій (ПК) [2].

## 2. Аналіз досліджень публікацій та постановка проблеми

Раціональне використання технічного оснащення вантажних станцій в умовах нерівномірності поїздно-вагонопотоків з метою отримання максимального ефекту та покращення показників функціонування станцій шляхом скорочення тривалості виконання

маневрових операцій є важливою задачею діяльності промислового залізничного транспорту.

На теперішній час в Україні нараховується [2, 3] близько 7 тисяч ПК загальною довжиною близько 27 тис. км. При цьому, 80 % колійного розвитку ПК належить промисловим підприємствам. Саме на ПК виконується понад 90 % операцій з навантаження та вивантаження [4].

Проблема підвищення ефективності функціонування промислового транспорту залишається актуальною і в сучасних умовах роботи залізниць України. Цьому питанню завжди приділялася значна увага та присвячені наукові дослідження таких вчених, як Вернигора Р. В., Березовий М. І., Бутько Т. В., Запара В. М., Козаченко Д. М., Котенко А. М., Ломотько Д. В., Мілецька І. М., Чеклов В. Ф. та інших, в т. ч. в роботах [5–8].

Для вдосконалення роботи вантажних станцій і оцінки показників їх функціонування, в т. ч. у взаємодії з ПК, пропонується застосовувати імітаційне моделювання [9–11].

До шляхів підвищення ефективності функціонування вантажних станцій відносяться впровадження інтермодальних перевезень [12] (за умови необхідної модернізації), організація відправницької маршрутизації з ПК масових вантажів, вдосконалення технології роботи станції, раціональні зміни в конструкції колійного розвитку тощо. Зокрема, відправницька маршру-

тизація є широко застосованим методом підвищення ефективності перевезень масових вантажів як в Україні, так і за кордоном [13–17]. Наприклад, в Росії рівень маршрутизації за останні роки [18] зріс майже на 20 %, а для залізної руди він перевищує 80 %.

Одним із шляхів зменшення експлуатаційних витрат є зменшення тривалості маневрових операцій, які складають суттєву частку сумарних витрат [19]. Відповідно, вдосконалення виконання маневрів і прискорення їх виконання дозволить зменшити собівартість переробки вантажів на ПК і забезпечити підвищення продуктивності праці. Під час виконання розрахунків тривалості маневрових напіврейсів з використанням різних методів [20–23] раціонально враховувати наявні на багатьох ПК обмеження швидкості руху на окремих елементах [19].

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є дослідження параметрів чинників, що впливають на показники функціонування станції П, та підвищення ефективності її роботи шляхом внесення конструктивних змін, які дозволять зменшити тривалість маневрових пересувань і забезпечити експлуатаційну надійність станції за рахунок інтенсифікації використання наявного колійного розвитку в умовах присутності на ринку перевезень різних операторів вагонів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- визначення параметрів розподілу випадкових величин кількості порожніх вагонів, які надходять протягом доби під завантаження залізрудним концентратом, і кількості вагонів у складі маршруту, завантаженого концентратом;
- розробка алгоритму, який описує процес передачі зі станції А на станцію П завантажених груп вагонів для накопичення состава із залізрудним концентратом;
- удосконалення схеми колійного розвитку промислової станції П, який використовується для накопичення маршрутів із залізрудним концентратом;
- визначення тривалості виконання маневрових операцій з використанням аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів за умови руху составів з обмеженням швидкості на окремих ділянках;
- техніко-експлуатаційне порівняння варіантів конструкційних рішень щодо схеми колійного розвитку станції П, критеріями якого є мінімізація тривалості виконання маневрових пересувань, ефективність використання колійного розвитку станції з можливістю подальшого урахування наявності на ринку залізничних перевезень різних операторів вагонного парку, а також достатність експлуатаційної надійності.

## 4. Матеріали та методи дослідження роботи станції П з метою підвищення ефективності її функціонування

### 4.1. Вихідні дані для проведення дослідження роботи станції П у взаємодії зі станцією А гірничо-збагачувального комбінату

Статистичні дані, технологія роботи та схема колійного розвитку.

### 4.2. Дослідження параметрів вхідних і вихідних вагонопотоків

Для визначення параметрів розподілу випадкових величин кількості порожніх вагонів, які надходять протягом доби під завантаження залізрудним концентратом, і кількості вагонів у складі маршруту, завантаженого концентратом використано методи математичної статистики.

### 4.3. Розробка алгоритму передачі

Під час розробки алгоритму, який описує процес передачі зі станції А на станцію П завантажених груп вагонів для накопичення состава із залізрудним концентратом, використано методи системного аналізу та теорії маневрової роботи.

### 4.4. Удосконалення схеми колійного розвитку

Удосконалення схеми колійного розвитку станції П, який використовується для накопичення маршрутів із залізрудним концентратом, здійснено з використанням методів логіко-імовірнісного моделювання ризику виникнення збоїв у роботі станції та теорії графів.

### 4.5. Визначення тривалості маневрових операцій

Визначення тривалості виконання маневрових операцій виконано на підставі методів теорії маневрової роботи, а також аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів за умови руху составів з обмеженням швидкості на окремих ділянках.

### 4.6. Порівняння варіантів конструктивних рішень

Методи техніко-експлуатаційного аналізу використано під час порівняння варіантів конструкційних рішень щодо схеми колійного розвитку станції П.

## 5. Підвищення ефективності роботи промислової станції за рахунок вдосконалення конструкції її колійного розвитку та технології функціонування

Станція П, яка розглядається під час досліджень, входить до складу району промислового транспорту гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК), що обслуговує крупне металургійне підприємство (МП) Криворізького басейну та забезпечує виробництво залізрудного концентрату (ЗК) і агломерату [24, 25]. Принципова схема району ГЗК наведена на рис. 1.

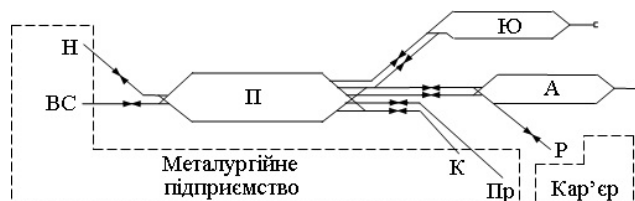


Рис. 1. Принципова схема району ГЗК

Станцією П обслуговується склад тимчасового зберігання коксу і агломерату (у разі зупинки або зниження продуктивності доменних печей МП і контрагентів ГЗК), а також здійснюється накопичення маршрутів піввагонів із ЗК на зовнішню мережу та їх відправлення на станції стикування. Принципова схема станції П наведена на рис. 2.

Під завантаження ЗК на станцію П прибувають порожні піввагони із зовнішньої мережі. Склави порожніх піввагонів для завантаження ЗК передаються зі станції ВС на станцію А транзитом через станцію П. Гістограма розподілу випадкової величини добової кількості вагонів, які проходять транзитом станцію П, прямуючи під завантаження ЗК, наведена на рис. 3. Середнє статистичне значення  $M[m_p]$  випадкової величини кількості надходження порожніх вагонів складає 122,4 ваг., а середньоквадратичне відхилення  $\sigma[m_p] = 46,243$  ваг.

Аналіз кількості вагонів в маршрутах із ЗК довів, що в більше ніж половині маршрутів вона складає 55 ваг. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів в маршруті із ЗК по відправленні зі станції П наведена на рис. 4. Середнє статистичне значення  $M[m_m]$  випадкової величини кількості вагонів в маршруті із ЗК по відправленню складає 53,248 ваг., а середньоквадратичне відхилення  $\sigma[m_m] = 3,564$  ваг.

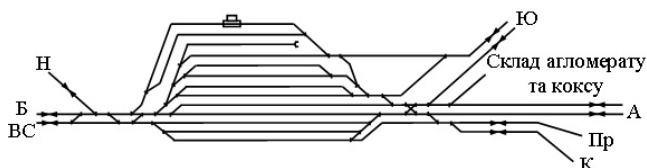


Рис. 2. Принципова схема станції П

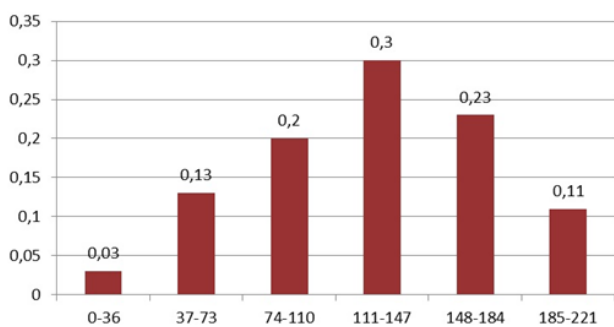


Рис. 3. Гістограма розподілу випадкової величини кількості порожніх вагонів по проходженні транзитом через станцію П (під завантаження ЗК)

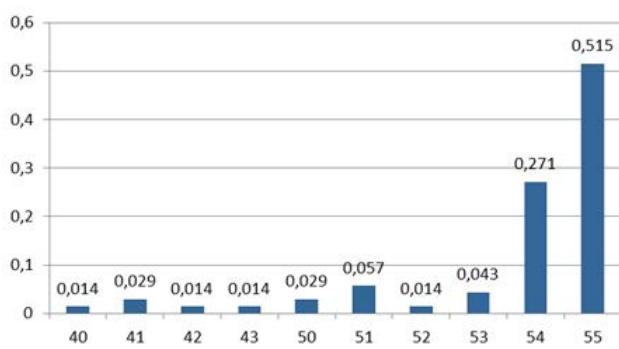


Рис. 4. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів в маршрутах, які відправляються із ЗК зі станції П

Завантажені ЗК групи, що складаються з 10 піввагонів, після виконання вантажних операцій передаються на станцію П під накопичення. За існуючої технології накопичення маршрутів із ЗК здійснюється в основному (рис. 5) на коліях № 1 (місткістю 35 піввагонів), № 2 (місткістю 35 піввагонів) і № 3 (місткістю 43 піввагона), а за оперативних обставин можуть використовуватися й інші колії станції П.

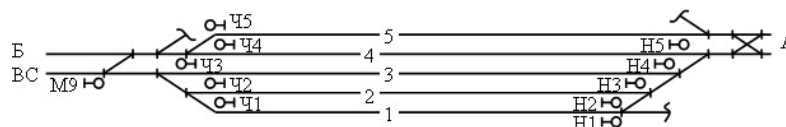


Рис. 5. Принципова схема існуючої схеми колійного розвитку станції П для накопичення маршрутів із залізрудним концентратом

Місткість жодної колії станції П не дозволяє накопичити в межах її корисної довжини маршрут із залізрудним концентратом у складі 55 вагонів. Тому таке накопичення здійснюється з використанням двох, а іноді й трьох колій.

Передача груп вагонів, завантажених ЗК, зі станції А на станцію П під накопичення загалом включає наступні технологічні операції:

- 1) прямування маневрового состава зі станції А на станцію П;
- 2) прямування локомотива без вагонів у межах станції П і між станціями П і А;
- 3) витягування вагонів з відповідної колії;
- 4) осаджування вагонів на відповідну колію;
- 5) проходження складача вздовж состава;
- 6) укладання сигналістом гальмових башмаків;
- 7) відчеплення локомотива;
- 8) розчеплення вагонів.

Перші чотири операції є маневровими напіврейсами, тривалість виконання яких можна представити у вигляді залежності

$$t_{nr} = f(l_{nr}, m_c, v_p, v_k, v_{max}, \Omega),$$

де  $l_{nr}$  – довжина напіврейсу;  $m_c$  – кількість вагонів в маневровому составі;  $v_p, v_k, v_{max}$  – початкова, кінцева та максимально допустима швидкість руху під час маневрів, км/год.;  $\Omega$  – умови руху (локомотив без вагонів, локомотив із вагонами, які причеплені позаду, локомотив із вагонами, які причеплені попереду).

Тривалість виконання п'ятої операції залежить від відстані, яку проходить складач, і визначається за діючими нормативами [20]. Тривалість виконання останніх трьох операцій також встановлюється за діючими нормативами [20].

За існуючої конструкції колійного розвитку процес передачі зі станції А на станцію П завантажених груп вагонів для накопичення состава із ЗК можна розділити на блоки операцій, частина з яких циклічно повторюються.

Блок 1 «Витягування групи на вільну колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава зі станції А на відповідну колію; укладання сигналістом гальмових башмаків; відчеплення локомотива та прямування за маневровий світлофор; прямування локомотива від світлофора на станцію А.

**Блок 2** «Витягування групи для перестановки на зайняту колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава зі станції А за маневровий світлофор; осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на відповідну колію; походження складача до локомотива; відчеплення локомотива та прямування за маневровий світлофор; прямування локомотива від маневрового світлофора на станцію А.

**Блок 3** «Витягування останньої групи для перестановки на зайняту колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава зі станції А за маневровий світлофор; осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на колію накопичення другої частини состава; походження складача на певну кількість вагонів уперед; розчеплення вагонів.

**Блок 4** «Збирання состава на одній колії» включає наступні технологічні операції: витягування вагонів з колії накопичення другої частини состава за маневровий світлофор; осаджування вагонів від маневрового світлофора на колію накопичення першої частини состава.

Таким чином, даний процес зручно описати у вигляді блок-схеми алгоритму, яка наведена на рис. 6.

Накопичення вагонів розпочинається на колії, яка має максимальну місткість (у разі її вільності), інакше обирається інша колія, місткість якої близька до максимальної. Це дозволяє зменшити тривалість виконання маневрових операцій під час збирання состава на одній колії.

Для визначення тривалості виконання маневрових операцій як для існуючої схеми станції П, так і для запропонованої, раціонально використати програму [19], яка довела свою ефективність в умовах наявності обмеження швидкості руху маневрового состава на окремих елементах, особливо під час нормування коротких маневрових напіврейсів. Зокрема, на станціях П і А за технічним станом наявні наступні обмеження швидкості руху составів: в усій розглядаємій під час імітаційного моделювання частині станції П – 15 км/год., на колії № 31 станції А – 5 км/год., на коліях № 32 і 34 станції А – 15 км/год.

Недоліком існуючої схеми колійного розвитку станції П є перепробіги (під час виконання операцій блоку 2) маневрових составів, які прямують зі станції А за світлофор М9 (рис. 5) або осаджуються від цього світлофора на відповідну колію, а також локомотивів, які прямують за світлофор М9 після виконання осаджування, а потім повертаються від нього на станцію А. Також мають місце і перепробіги під час виконання операцій блоків 3 і 4, тому що всі пересування здійснюються тільки з виїздом за світлофор М9.

Наслідком таких перепробігів є збільшення тривалості виконання маневрових операцій, збільшення тривалості заняття колії № 4, що викликає затримки пересувань на маршрутах, які перетинаються у горловині станції П, збільшення завантаження маневрових локомотивів, що може призводити до збільшення їх необхідної кількості, та викликає додаткові простой вагонів в очікуванні виконання операцій та зростання тривалості їх знаходження на ПК.

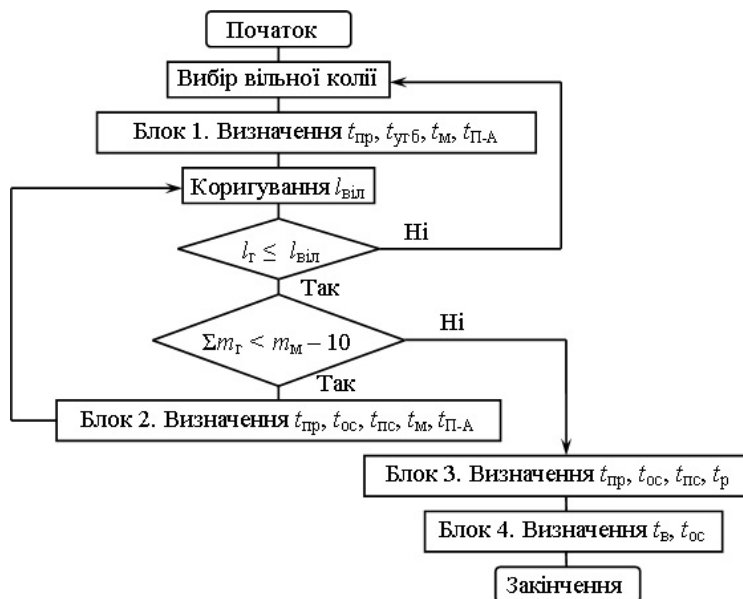


Рис. 6. Блок-схема алгоритму процесу передачі завантажених груп вагонів зі станції А на станцію П для накопичення состава

На рис. 6  $t_{пр}$  – тривалість прямування маневрового состава зі станції А;  $t_{угб}$  – тривалість укладання гальмових башмаків;  $t_{м}$  – тривалість відчеплення локомотива та його прямування за маневровий світлофор;  $t_{п-а}$  – тривалість прямування локомотива від маневрового світлофора на станцію А;  $t_{ос}$  – тривалість осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на відповідну колію;  $t_{пс}$  – тривалість походження складача вздовж состава;  $t_{р}$  – тривалість розчеплення вагонів;  $t_{в}$  – тривалість витягування вагонів з колії за маневровий світлофор;  $l_{віль}$  – довжина вільної ділянки колії;  $l_{г}$  – довжина групи вагонів;  $\sum m_{г}$  – сумарна кількість вагонів, які знаходяться на колії;  $m_{м}$  – кількість вагонів у составі маршруту

Зменшення впливу вказаних негативних чинників можливе шляхом секціонування (рис. 7) колій № 1–3. Місткість секцій 1б, 2б і 3б відповідно становить 20, 22 і 22 вагона, а секцій 1а, 2а і 3а – 10, 6 і 10 вагонів. При цьому зберігається можливість (у разі потреби) накопичення составів по всій довжині даних колій без втрати загальної місткості, а також збирання накопичених груп состава на одній колії.

За даної конструкції колійного розвитку процес передачі зі станції А на станцію П завантажених груп вагонів для накопичення состава також можна описати у вигляді блок-схеми алгоритму, яка наведена на рис. 6. Проте під час реалізації даного алгоритму мають місце певні розбіжності. Так, при накопиченні протягом доби одного состава:

- за існуючої конструкції блок 1 буде використано двічі, наприклад, для вільних колій № 3 і 2, а блок 2 – тричі для колії № 3, яка має найбільшу місткість;

- за запропонованої конструкції блок 1 буде використано тричі (для вільних секцій № 3б, 2б і 1б), а блок 2 – двічі, наприклад, для секцій № 3б, 2б.

Збирання состава на одній колії (блок 4) за існуючої конструкції включає переставлення вагонів на колію № 3 лише з колії № 2, а за запропонованої – з двох секцій № 1б і 3б на колію № 2.



## 6. Висновки

Виконані дослідження дозволили встановити наступне.

1. Кількість порожніх піввагонів, які надходять через станцію П під завантаження ЗК, і виведення груп вагонів із ЗК на станцію П під час виконання операцій з накопичення маршрутів для зовнішньої мережі носять випадковий характер, який потребує врахування під час імітаційного моделювання роботи станції П (як у разі необхідності перевірки її працездатності та встановлення потужності технічного оснащення за існуючих обсягів роботи, так і на перспективу).

2. В результаті детального аналізу існуючої технології взаємодії станцій П і А ГЗК під час виводу завантажених груп вагонів розроблено алгоритм виконання основних технологічних операцій щодо накопичення маршрутів із ЗК. Даний алгоритм дозволяє формалізувати порядок виконання операцій під час передачі завантажених груп вагонів зі станції А на станцію П, що призводить до спрощення та прискорення імітаційного моделювання процесу функціонування промислових станцій.

3. Запропоновано внести зміни до конструкції колійного розвитку станції П, завдяки чому стане можливим скорочення тривалості виконання маневрових пересувань під час накопичення маршрутів із ЗК.

4. Запропоновано застосувати для визначення тривалості маневрових операцій під час виконання імітаційного моделювання роботи станції як за існуючої схеми, так і за запропонованої програму, яка враховує наявність обмежень швидкості руху маневрових составів на окремих елементах.

5. Секціонування окремих колій дозволяє підвищити ефективність використання колійного розвитку промислової станції П в цілому та забезпечити її достатню експлуатаційну надійність.

6. У разі використання під завантаження ЗК вагонів різних операторів вагонного парку запропоноване секціонування колій станції П дозволить накопичувати маршрути різних призначень на різних секціях колій станції, не заважаючи їй усталеній роботі.

## Література

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. – Загл. с екрана.
2. Ломотько, Д. В. Удосконалення вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах станції С [Текст] / Д. В. Ломотько, Н. М. Панченко // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 133. – С. 74–78.
3. Вернигора, Р. В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях [Текст] / Р. В. Вернигора // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 4/3 (58). – С. 64–68. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4236/3998>
4. Мілецька, І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д [Текст] / І. М. Мілецька // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 118. – С. 220–225.
5. Парунакян, В. Э. Совершенствование процесса приема и обработки вагонопотока с сырьем грузовой станцией металлургического завода в зимний период [Текст] / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. – 2003. – № 13. – С. 272–275.
6. Чеклов, В. Ф. Удосконалення роботи ВАТ «ЦЗФ» Олександрія у взаємодії зі станцією примикання Донецької залізниці [Текст] / В. Ф. Чеклов, Г. В. Бобик, О. І. Шеховцов, О. М. Науменко // Заліз. трансп. України. – 2009. – № 4. – С. 47–50.
7. Кизим, О. В. Оптимізація взаємодії вантажної станції та під'їзної колії коксохімічного заводу на основі ресурсозберігаючих технологій [Текст] / О. В. Кизим, В. Ф. Чеклов, Д. В. Куценко // Зб. наук. пр. Дон. інст. заліз. трансп. – 2006. – Вип. 5. – С. 62–67.
8. Запара, В. М. Аналіз стану роботи при взаємодії станції примикання Чумакове і під'їзної колії ТОВ «ЦЗФ «Чумаківська» [Текст] / В. М. Запара, А. О. Лисенко // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 120. – С. 23–28.
9. Лещинский, Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте [Текст] / Е. Лещинский. – Москва: Транспорт, 1977. – 175 с.
10. Коробйова, Р. Г. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку [Текст] / Р. Г. Коробйова, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора // Заліз. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 18–20.
11. Козаченко, Д. М. Програмні засоби для функціонального моделювання залізничних станцій [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, О. М. Пасічний // Зб. наук. пр. Дон. інст. заліз. трансп. – 2013. – Вип. 36. – С. 25–23.
12. Guoquan, L. Environmental load reduction due to modal shift resulting from improvements to railway freight stations [Текст] / L. Guoquan, M. Masai, A. Naoki, T. Taro // Quarterly Report of RTRI. – 2007. – Vol. 48, Issue 4. – P. 207–214. doi: 10.2219/rtriqr.48.207
13. Верлан, А. И. Совершенствование организации вагонопотоков в логистической цепи поставки железнорудного сырья с Полтавского ГОКа в транспортный узел ТИС [Текст] / А. И. Верлан, Д. Н. Козаченко, А. М. Шепета // Транспортні системи і технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ. – 2012. – Вип. 3. – С. 15–19.

14. Forkenbrock, D. J. Comparison of external costs of rail and truck freight transportation [Text] / D. J. Forkenbrock // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. – 2001. – Vol. 35, Issue 4. – P. 321–337. doi: 10.1016/s0965-8564(99)00061-0
15. Kenkel, P. An Economic Analysis Of Uit-Train Facility Investment [Electronic resource] / P. Kenkel, S. Henneberry, H. N. Agustini // *Sel. Paper prepared for presentation at the Southern Agr. Economics Assoc. Annu. Meet. (14.02–18.02.2004)*. – Tulsa, 2004. – Available at: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/34748/1/sp04ke02.pdf> – Загл. с экрана.
16. Осьминин, А. Т. Оценка эффективности маршрутизации с мест погрузки [Текст] / А. Т. Осьминин, В. М. Грошев, О. А. Никифорова // *Ж.-д. транспорт*. – 2008. – № 1. – С. 62–65.
17. Верховых, Г. В., Эффективность формирования отправительских маршрутов на федеральных путях ОАО «РЖД» [Текст] / Г. В. Верховых, А. Т. Осьминин, Л. А. Бойкова, О. А. Никифорова // *Экономика железных дорог*. – 2006. – № 9. – С. 78–83.
18. Аникеева-Науменко, Л. О. Методы повышения эффективности использования вагонов грузового парка на железнодорожном транспорте [Текст]: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Л. О. Аникеева-Науменко. – Москва, 2014. – 190 с.
19. Козаченко, Д. М. Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування составів [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, І. Ю. Левицький // *Залізн. трансп. України*. – 2014. – № 6 (109). – С. 30–36.
20. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] / Затв. наказом Укрзалізниці 25. 03. 2003 р. № 72-ЦЗ / Держадміністрація залізн. трансп. України. – Київ, 2003. – 82 с.
21. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте [Текст] / Утверждены ЦЗ МПС РФ 19. 03. 1998 г. / Мин. путей сообщения РФ. – Москва, 1998. – 84 с.
22. Belošević, I. Conditions for simultaneous formation of multigroup freight trains [Text] / I. Belošević, M. Ivić, M. Kosijer // *Gradevinar*. – 2012. – Vol. 7, Issue 64. – P. 553–563.
23. Rassõlkin, A. Calculation of the Traction Effort of Switching Locomotive [Text] / A. Rassõlkin, H. Hõimoja // *11th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» (Tallinn University of Technology)*. – Tallinn, 2012. – P. 61–65.
24. Журавель, В. В. Дослідження процесу постачання сировини на металургійне підприємство [Текст] / В. В. Журавель // *Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ*. – 2014. – Вип. 7. – С. 20–26.
25. Журавель, В. В. Дослідження поїздо- та вагонопотоків гірничо-збагачувального комбінату [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // *Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ*. – 2012. – Вип. 4. – С. 35–39.