

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ

Панченко С.В., Бутко Т.В., Прохоров В.М., Пархоменко Л.О.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF ARRANGEMENT OF CAR TRAFFIC BY FORMING THE AUTOMATED SYSTEM OF CALCULATION AND MAINTENANCE OF PLAN FOR THE FORMATION OF TRAINS

Panchenko S., Butko T., Prokhorov V., Parkhomenko L.

У статті досліджено передумови і сформовано вимоги до побудови автоматизованої системи розрахунку і забезпечення виконання плану формування поїздів, яка допоможе впровадити більш досконалу технологію організації вагонопотоків, яка зможе покращити показники перевізного процесу і зменшити собівартість перевезень в умовах швидкої мінливості вагонопотоків. У якості основи такої системи запропоновано новий метод розрахунку плану формування поїздів (ПФП), який використовує математичний апарат генетичних алгоритмів, і який було розроблено авторами статті. Для забезпечення виконання ПФП запропоновано використати оптимізаційну модель для оперативного планування роботи сортувальних станцій.

Ключові слова: технологія організації вагонопотоків, план формування поїздів, оперативний план роботи сортувальної станції, генетичний алгоритм.

Вступ. Значна зношеність залізничної транспортної системи України призвела до вичерпання резервів пропускної і провізної спроможності магістральних ліній. Зношеність вагонного парку призводить до збільшення витрат на відновлення вагонів, збільшення часу що витрачається на ремонт. Це у свою чергу призводить до постійної нестачі вагонів для забезпечення перевезень. Для виведення галузі із кризи і забезпечення можливості розвитку і успішної конкуренції з іншими видами транспорту необхідні значні капіталовкладення.

Покращення фінансових результатів залізничного транспорту України прямо залежить від ефективності його операційної діяльності. Одним із напрямків досягнення цієї мети є розробка і впровадження ефективної сучасної системи управління вагонопотоками, яка б мала високий рівень автоматизації.

В основі системи управління вагонопотоками лежить нормативний документ – Порядок організації вагонопотоків у поїзди на залізницях України – План формування поїздів (ПФП). Розробка ПФП передбачає вирішення складної комбінаторної задачі для пошуку оптимального варіанту об'єднання струменів вагонопотоків.

Постановка проблеми. Організація вантажних перевезень на залізницях України виконується відповідно з ПФП в умовах відхилення фактичних вагонопотоків від планових та змін загальної оперативної ситуації на мережі, що суттєво впливає на завантаження залізничних напрямків, яке залежить від їхньої пропускної спроможності [1].

ПФП розраховується на сталі обсяги вантажопотоків, однак в умовах ринкової економіки, обсяги перевезень мають властивість до різких коливань, які ще посилюються у часи економічної кризи, що свідчить про необхідність врахування даних умов при управлінні вагонопотоками. Це засвідчує динаміка нерівномірності добових обсягів навантаження в середньому за рік, що наведений на рисунку 1.2.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [2] розглядається метод поступового покращення ПФП. Основною перевагою метода є його пристосованість для виконання автоматизованого розрахунку ПФП, але він не дозволяє врахувати обмеження по пропускній спроможності ліній і переробній спроможності технічних станцій. На північноамериканському континенті задачею, яка є ключовою у галузі організації вагонопотоків є задача компонування вагонів у блоки і закріплення їх за поїздами, з одночасним вирішенням задачі планування роботи локомотивів і локомотивних бригад. В роботі [3] пропонується спеціально розроблений метаевристичний метод, але невелика розмірність задачі, що наведена у якості приклада його реалізації свід-

чить про його недосконалість. В роботі [4] запропоноване формулювання задачі маршрутизації вагонопотоків, як задачі визначення структури графа, в якій залізничні станції представляють вершини а блоки вагонів – дуги, для вирішення задачі запропоновано алгоритм створений на основі алгоритму гілок та границь, який генерує маршрут для кожного блоку, вирішуючи задачу пошуку найкоротшого шляху. Як недолік даної розробки слід зазначити недотримання нормативної кількості вагонів у поїздах, а також складність застосування для реальних залізничних полігонів, тому що при одночасному оперуванні вагонами і блоками на всьому полігоні задача маршрутизації вагонопотоків переходить до класу задач великої і надвеликої розмірності. У роботі [5] запропонована математична модель розрахунку плану формування одноступінних наскрізних поїздів з використанням теорії множин. У статті у якості методу розрахунку запропонований метод множників Лагранжа, а для побудови системи рівнянь використовується теорія функцій над множинами. Булеві змінні пропонується замінити мірою як функцією по множині, що дозволить здійснювати над ними операцію диференціювання, що є досить сумнівним математичним прийомом. Задача розрахунку плану формування поїздів є комбінаторною задачею, але метод множників Лагранжу взагалі не є методом вирішення комбінаторних задач.

Мета статті. Мета статті – виявити причини зниження ефективності системи організації вагонопотоків, яка використовує план формування поїздів, що розраховується на середньорічні обсяги вагонопотоків, а також привернути увагу до необхідності створення нової автоматизованої системи, яка, використовуючи сучасні оптимізаційні технології, дозволить вивести процес управління вагонопотоками на новий технологічний рівень.

Результати досліджень. Одними з основних показників, які комплексно відображають ефективність організації перевізного процесу, зокрема управління вагонопотоками, є середній простій на одній технічній станції і час обігу вантажного вагона. На рис. 1 наведена динаміка по роках цих двох показників.

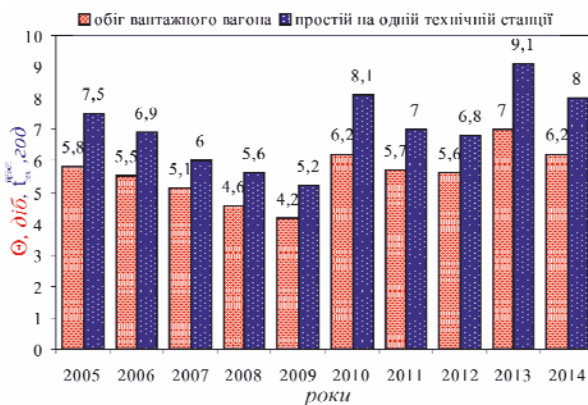


Рис. 1. Динаміка обігу вантажного вагона і часу простою на одній технічній станції по роках

Коефіцієнт кореляції між ними складає 0.9879 при р-значенні $6.3960 \cdot 10^{-7}$, що свідчить про пряму залежність одного з найважливіших якісних показників роботи залізничного транспорту, такого як обіг вагона, від якості роботи технічних станцій і системи організації вантажних залізничних перевезень в цілому.

Коефіцієнт кореляції між такими показниками як обіг вантажного вагона і кількість навантажених вагонів складає 0.0618 при р-значенні 0.8746, що навпаки свідчить про дуже низку ступінь кореляції між цими двома показниками. Тобто навіть при зменшенні обсягів перевезень коли залізнична система працює у режимі, параметри якого дуже далекі від граничних параметрів повного завантаження, навіть тоді обіг вагона маючи значні резерви до зменшення все одно не зменшується. Для того щоб зменшити величину обігу вагона необхідні якісні зміни у системах управління технічними станціями і у системі організації вагонопотоків в цілому на мережі. Покращення основних показників функціонування системи вантажних залізничних перевезень дало б змогу створити резерви для майбутнього збільшення обсягів перевезень і значного збільшення прибутків залізниць. Вирішення цієї проблеми залежить від швидкості і якості переходу на оптимізаційні і логістичні моделі управління, такі що максимально використовують сучасні досягнення у комп'ютерній галузі і галузі інформаційних технологій

Україна є країною з експорто-орієнтованою економікою і тому значну долю перевезень залізницею складають перевезення експортних вантажів. І якщо у 2015 році загальний об'єм вантажів, що були відправлені залізницею склав 294301,2 тис. тонн, то об'єм експортних вантажів, що були перевезені за той же період склав 127770 тис. тонн [6]. Таким чином доля об'єму перевезень експортних вантажів у 2015 році склала 43,4% і це є дуже суттєвий показник. 95 відсотків експортних вантажів, що перевозяться залізницею складають сировинні матеріали і лише менше 5 відсотків складає промислова продукція [6].

Перше місце у номенклатурі експортних вантажів займають залізні і марганцеві руди, обсяг перевезень яких у 2015 році склав 46 млн. тонн. На рис. 2 наведені дані часового ряду, що представляє обсяги перевезень залізної і марганцевої руди за 36 місяців [6]. Щорічний приріст обсягів перевезень представлений лінійним трендом. Також можна бачити значні різкі коливання обсягів перевезень на протязі всіх 36 місяців спостережень. Хоча залізна руда не вважається сезонним вантажем, але все ж таки присутні деякі ознаки сезонності. Наприклад, як у 2013 році так і у 2015 році від мінімальних обсягів у січні починається різкий зріст, який зупиняється у березні, потім у квітні відбувається різкий обвал, після чого у травні знову відбувається різкий зріст при якому досягається річний максимум як 2013 так і 2015 років, далі у червні знову відбува-

ється обвал, який продовжується до вересня 2013 року і до жовтня 2015 року, після чого знову починається різкий зріст протягом двох місяців. Але з іншого боку якщо на вересень 2013 року припадає річний мінімум, тоді на вересень 2014 року припадає річний максимум, значення ряду з серпня по грудень 2014 року знаходяться в протифазі з даними 2015 і 2013 років.

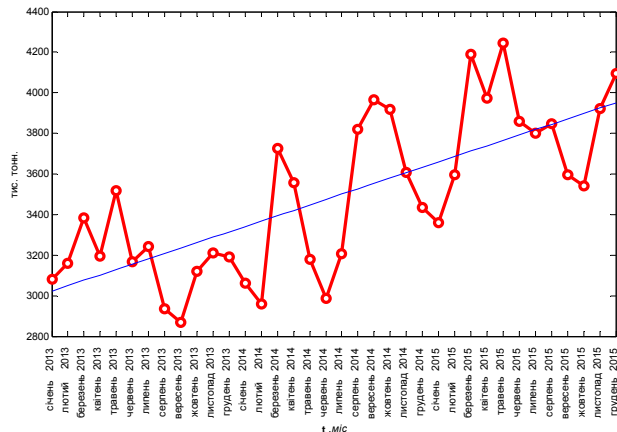


Рис. 2. Часовий ряд обсягів відправлених українськими залізницями залізних і марганцевих руд для здійснення експорту по місяцях за період 2013-2015 років

За показником Херста часові ряди класифікуються як рожевий шум ($H < 0,4$), білий шум ($H < 0,5$), чорний шум ($H > 0,6$), сірий шум ($0,5 < H < 0,6$) [7,8]. Величина показника Херста для даного часового ряду становить $H = 0,5526$, що відносить його до категорії сірого шуму. Це означає, що даний часовий ряд має слабо виражену персистентність і знаходиться на межі між хаотичністю і стохастичністю. На рис. 3 наведені результати RS-аналізу часового ряду. Графік RS-траєкторії демонструє відносну плавність, що характеризує досить високу персистентність на інтервалах, які відповідають даним 2013 і 2015 років, а також демонструє провали, що відповідають зривам з тренду, які відбувалися протягом 2014 року. Різка зміна ухилу RS-траєкторії після даних 2014 року також є свідченням стохастичності часового ряду. Хаотичність – це детермінована аперіодична поведінка, а стохастичність – це поведінка абсолютно випадкова і непередбачувана, тому прогнозувати наступні значення такого часового ряду є практично неможливо навіть зважаючи на наявність ознак присутності тренду. Такий часовий ряд може у будь який момент зірватися з тренду, але повернення до середніх значень також не відбувається тому, що це є характерною ознакою лише для білого шуму.

Дані часового ряду представляють собою обсяги перевезень залізних і марганцевих руд залізницями України і виражені у тисячах тонн у прямій залежності від яких знаходяться дані про кількість навантажених вагонів і сформованих поїздів. Вони демонструють різкі коливання протягом року, які практично неможливо передбачити і на які дуже важко своєчасно відреагувати враховуючи нестачу

вантажних вагонів і локомотивів, перевантаження і зношеність залізничної інфраструктури, яка одночасно використовується і для вантажного і для пасажирського руху.

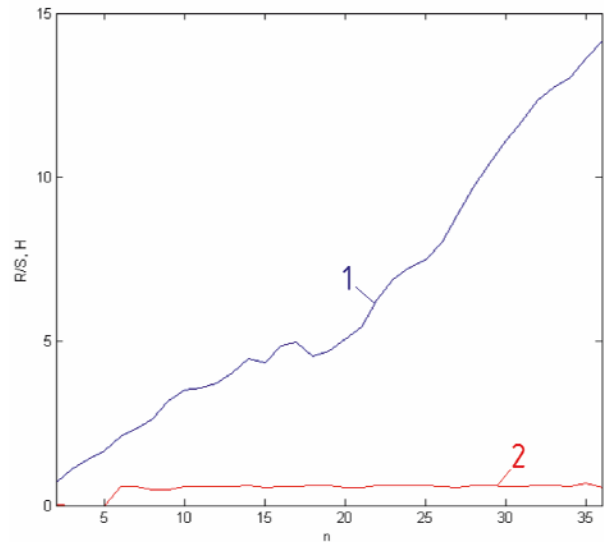


Рис. 3. R/S-траєкторія (1) і H-траєкторія (2) часового ряду щомісячних обсягів експортних перевезень залізної руди залізницями України

Для виходу з даного становища пропонується побудувати ефективну систему управління вагонопотоками, яка б могла швидко адаптуватись до таких різких змін у обсягах перевезень. Вирішення цієї задачі повинно бути комплексним, але ключовим моментом є створення підсистеми управління планом формування поїздів, яка була б здатна відслідковувати зміни у обсягах вагонопотоків і здійснювати перерахування плану формування і яка б стала основою для створення економічної, ефективної і гнучкої системи організації вагонопотоків і сучасної технології організації вантажних залізничних перевезень.

Таким чином, з часів запровадження концепції ПФП і успішного застосування на її основі системи організації вагонопотоків ситуація кардинально змінилася. Від сталих вагонопотоків за часів СРСР з добре прогнозованими сезонними коливаннями і незначними середньорічними відхиленнями ми прийшли до ситуації коли вагонопотоки є майже стохастичними, практично непрогнозованими, середньомісячні обсяги яких можуть коливатись на декілька десятків відсотків, а тижневі і добові коливання можуть бути ще більшими. Причиною таких різких коливань в умовах орієнтованої на експорт ринкової економіки та глобалізації можуть ставати будь які комбінації зовнішніх та внутрішніх факторів, як економічних, політичних і навіть соціальних. Це і банкрутство або відкриття підприємств, обвал або різке зростання цін на сировину, політичні заборони експорту або імпорту продукції, перекриття кордонів, військові дії, або, наприклад, святкування протягом місяця у Китаї Нового року за Місячним ка-

лендарем, коли спостерігається значне зменшення обсягів імпорту до Китаю сировини. До речі, Україна також експортує залізну руду до Китаю.

За таких умов останніми роками спостерігається тенденція до погіршення якісних показників, що характеризують роботу підсистеми вантажних залізничних перевезень, зокрема обіг вантажного вагона збільшився майже до 7 діб. І тому, щоб вистояти у жорсткій конкурентній боротьбі із автомобільним транспортом, Укрзалізниця необхідно змінити або вдосконалити систему організації вагонопотоків, яка є ключовою ланкою підсистеми вантажних залізничних перевезень.

Але відмовлятися від концепції ПФП все ж не варто. Як показав аналіз досвіду зарубіжних країн, зокрема США, де підсистема вантажних перевезень фактично взагалі не має стратегічного рівня керування, відсутність такого рівня змушує вирішувати надскладні задачі планування в оперативному режимі. Але якщо на північноамериканських залізницях такі задачі на рівні операторських компаній вирішувати вдається, то в масштабі такої великої системи, яку представляє собою українська залізнична система, де Укрзалізниця є єдиним оператором, це буде практично неможливо.

А тому єдиний шлях розвитку системи організації вагонопотоків це шлях її удосконалення. Необхідно модернізувати концепцію ПФП таким чином, щоб вона знову стала тією міцною основою, яка забезпечить ефективну роботу системи вантажних залізничних перевезень і посилення системного ефекту в ній.

Прототип автоматизованої системи розрахунку ПФП був створений ще у 80ті роки ХХ століття, коли ЕОМ доволі ефективно застосовувались для розрахунку мережевого ПФП для полігону СРСР. Але існуючі тоді методи розрахунку ПФП не дозволяли враховувати необхідні обмеження по пропускній і переробній спроможності станцій, по пропускній спроможності залізничних ліній. Точність розрахунку для задач великої розмірності теж була не надто високою. Зараз ситуація лише погіршилася, мережевий ПФП фактично будується експертним шляхом, з використанням фрагментарних розрахунків.

Пропонується створити нову автоматизовану систему організації вагонопотоків, основою якої стане автоматизована система розрахунку ПФП, яка буде у повній мірі використовувати сучасні досягнення у галузях інформаційних технологій, обчислювальних систем і математики. Застосування сучасних інформаційних технологій обумовлено необхідністю якомога більш точного збору і обробки інформації про обсяги вагонопотоків для формування вихідних даних задачі розрахунку ПФП.

У якості основи такої системи пропонується використати новий метод розрахунку ПФП [9], який використовує математичний апарат генетичних алгоритмів (ГА) у якості методу оптимізації. Метод в багатьох випадках демонструє кращий результат, ніж класичні методи розрахунку ПФП, зокрема ме-

тод сумішених аналітичних зів'язань [9]. Даний метод дозволяє врахувати всі необхідні обмеження, можливість відхилення вагонопотоків від найкоротшого маршруту, виконувати розрахунки для полігонів з розгалуженою мережевою топологією. Крім того даний метод, враховуючи можливість впливу на параметр накопичення у межах $\pm 10\%$, використовуючи параметр накопичення у якості стохастичної змінної дає змогу відшукати ще більш вигідний варіант плану формування поїздів. Виконання такого плану потребуватиме здійснення додаткових організаційних заходів на технічних станціях для утримання значень параметрів накопичення у визначених межах, таких як, наприклад, зміна черговості обробки і розформування поїздів. Але в цілому для системи ці заходи повинні призвести до поглиблення системного ефекту, покращення якісних показників перевезень і, як результат, зменшення собівартості перевезень. На рис. 4 наведений приклад результату розрахунку ПФП за допомогою нового методу для полігону, який налічує 20 технічних станцій і має розгалужену мережеву структуру.

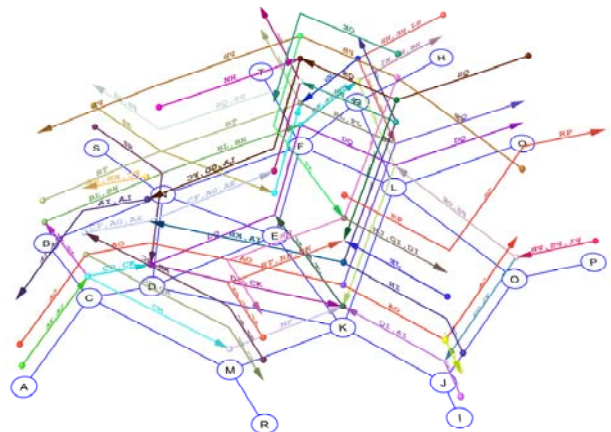


Рис. 4. Тривимірна графічна інтерпретація результату розрахунку ПФП, що був виконаний за допомогою нового методу

Впровадження засобів автоматизації планування оперативної роботи сортувальних станцій у вигляді систем підтримки прийняття рішень (СППР) надасть станційним і маневровим диспетчерам потужний інструмент, що забезпечить ритмічну роботу станцій, утримання параметрів накопичення у необхідних межах, які були визначені при розрахунку ПФП, що забезпечить ефективне його виконання. У [10] представлена математична модель, яка використовує теорію розкладу і запропонований метод оптимізації цієї моделі, який використовує також використовує математичний апарат ГА. На рис. 5 представлений фрагмент оперативного плану роботи сортувальної станції, який був розрахований за допомогою програмного забезпечення, що було створене на основі запропонованої моделі.

Висновок. Запропонована концепція розвитку системи організації вагонопотоків спрямована на підвищення рівня автоматизації при вирішенні складних задач стратегічного і оперативного планування із залученням сучасних розробок у галузі управління експлуатаційною роботою залізниць. Використання таких розробок як метод розрахунку ПФП на основі стохастичної комбінаторної оптимізації а також оптимізаційної моделі оперативного планування роботи сортувальних станцій на основі використання генетичних алгоритмів у складі комплексної тривірневої автоматизованої системи управління вагонопотоками дасть змогу вивести технологію управління вантажними залізничними перевезеннями на новий рівень якості і дозволить організувати ефективну роботу підсистеми вантажних перевезень в умовах постійної мінливості вагонопотоків.

Література

- Panchenko, S. V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises [Text] / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk.* – 2016. – Issue 2. – P. 93–98.
- Дувалян, С. В. Расчет плана формирования однопутных поездов при переменных нормативах и ограничениях размеров переработки вагонов на станциях [Текст] / С. В. Дувалян, А. Е. Гарслян // *ВНИИЖТ.* – 1988. – № 6. – С. 14.
- Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem [Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khoshraftar // *Journal of Industrial Engineering International.* – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251712x-8-8
- Newton, H. N. Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs [Text] / H. N. Newton, C. Barnhart, P. H. Vance // *Transportation Science.* – 1998 – Vol. 32, Issue 4. – P. 330–345. doi: 10.1287/trsc.32.4.330
- Папахов, А. Ю. Математическая модель расчета плана формирования однопутных сквозных поездов с использованием теории множеств / А. Ю. Папахов, Н. А. Логвинова // *Електрифікація транспорту.* – 2016. – № 11. – С. 93–99.
- Експортні перевезення вантажів залізницями України у 2015 році [Електронний ресурс]: Офіційний сайт Міністерства закордонних справ України. – Електрон. дан. (1 файл). – 2016. – Режим доступу: http://mfa.gov.ua/mediafiles/sites/rei/files/1802/Ukrzaliznytsia_18.02.16.pdf
- Mandelbrot, B. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications [Text] / B. Mandelbrot, J. W. Van Ness. // *SIAM Review.* – 1968. – Vol. 10, No. 4. – pp. 422-437. doi:10.2307/2027184.
- Найман Э. Как покупать дешево и продавать дорого: Пособие для разумного инвестора / Эрик Найман. – Москва: Альпина Паблшерз, 2011. – 552 с.
- Butko, T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / T. Butko, V. Prokhorov, D. Chekhunov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – Vol. 1, Issue 3 (85). – P. 55–61. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93276
- Prokhorchenko A. V. Rozroblennja modeli formuvannja planu roboti sortuvальної станції на основі теорії розкладу [Текст] / А. В. Прохорченко, В. М. Прохоров, А. Ю. Постоленко // *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту.* – 2011. – Вип. 120. – С. 38-43. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/Znpudazt/2011_120/n120-38.pdf

References

- Panchenko, S. V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises [Text] / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk.* – 2016. – Issue 2. – P. 93–98.
- Duvaljan, S. V. Raschet plana formirovanija odnogruppnyh poezdov pri peremennyh normativah i ogranichenijah razmerov pererabotki vagonov na stancijah [Tekst] / S. V. Duvaljan, A. E. Garsljan // *VNIIZhT.* – 1988. – № 6. – S. 14.
- Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem [Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khoshraftar // *Journal of Industrial Engineering International.* – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251712x-8-8
- Newton, H. N. Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs [Text] / H. N. Newton, C. Barnhart, P. H. Vance // *Transportation Science.* – 1998 – Vol. 32, Issue 4. – P. 330–345. doi: 10.1287/trsc.32.4.330
- Papahov, A. Ju. Matematicheskaja model' rascheta plana formirovanija odnogruppnyh skvoznnyh poezdov s ispol'zovanijem teorii mnozhestv / A. Ju. Papahov, N. A. Logvinova // *Elektrifikacija transportu.* – 2016. – № 11. – S. 93–99.
- Експортні перевезення вантажів залізницями України у 2015 році [Електронний ресурс]: Офіційний сайт Міністерства закордонних справ України. – Електрон. дан. (1 файл). – 2016. – Режим доступу: http://mfa.gov.ua/mediafiles/sites/rei/files/1802/Ukrzaliznytsia_18.02.16.pdf
- Mandelbrot, B. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications [Text] / B. Mandelbrot, J. W. Van Ness. // *SIAM Review.* – 1968. – Vol. 10, No. 4. – pp. 422-437. doi:10.2307/2027184.
- Najman Je. Kak pokupat' deshevo i prodavat' dorogo: Posobie dlja razumnogo investora / Jerik Najman. – Moskva: Al'pina Pablsherz, 2011. – 552 s.
- Butko, T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / T. Butko, V. Prokhorov, D. Chekhunov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – Vol. 1, Issue 3 (85). – P. 55–61. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93276
- Prohorchenko A. V. Rozroblennja modeli formuvannja planu roboti sortuvальної станції на основі теорії розкладу [Текст] / А. В. Прохорченко, В. М. Прохоров, А. Ю. Постоленко // *Zbirnik naukovih prac' Ukraїns'koї derzhavної akademії zalizничного transportu.* – 2011. – Vip. 120. – S. 38-43. – Rezhim dostupu: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/Znpudazt/2011_120/n120-38.pdf

Панченко С.В., Бутько Т.В., Прохоров В.Н., Пархоменко Л.А. Совершенствование технологии организации вагонопотоков путем формирования автоматизированной системы расчета и обеспечения выполнения плана формирования поездов.

В статье исследованы предпосылки и сформированы требования к построению автоматизированной системы расчета и обеспечения выполнения плана формирования поездов, которая поможет внедрить более совершенную технологию организации вагонопотоков, которая сможет улучшить показатели перевозочного процесса и снизить себестоимость перевозок в условиях быстрой изменчивости вагонопотоков. В качестве основы такой системы предложен новый метод расчета плана формирования поездов (ПФП), который использует математический аппарат генетических алгоритмов, и который был разработан авторами статьи. Для обеспечения выполнения ПФП предложено использовать оптимизационные модели для оперативного планирования работы сортировочных станций.

Ключевые слова: технология организации вагонопотоков, план формирования поездов, оперативный план работы сортировочной станции, генетический алгоритм.

Panchenko S., Butko T., Prokhorov V., Parkhomenko L. Improvement of technology of arrangement of car traffic by forming the automated system of calculation and maintenance of plan for the formation of trains.

The article explores the prerequisites and requirements for the construction of an automated system for calculating and ensuring the implementation of the train formation plan that will help to introduce a more advanced technology for the

organization of railways traffic that can improve the performance of the transportation process and reduce the cost of transportation in conditions of rapid variability of traffic flows, which was proved on the basis of the conducted research of the time series of volumes of iron ore transportation using the RS-analysis method. As the basis of such a system, a new method for calculating the plan for the formation of trains (PFT) is proposed, which uses the mathematical apparatus of genetic algorithms, which was developed by the authors of the article. For the maintenance of implementation of the PFT, it was suggested to use optimization models for the operational planning of the marshalling yards. To provide an integrated approach to optimizing the calculation of the PFT and its implementation, a three-level automated control system is proposed.

Keywords: technology of arrangement of railcar flows, plan for the formation of trains, operational plan of the marshalling yard, genetic algorithm.

Панченко С.В. – д.т.н., професор, ректор Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).

Бутько Т.В. – д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ, uetmp@ukr.net.

Прохоров В.М. – асистент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ, vicmmx@gmail.com.

Пархоменко Л.О. – к.т.н., доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою» УкрДУЗТ.

Рецензент: д.т.н., проф. **Марченко Д.М.**

Стаття подана 21.03.17