

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

КИМАН АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 656.222.3:658.5

**ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ
ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі управління вантажною і комерційною роботою в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Лаврухін Олександр Валерійович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра управління вантажною і комерційною роботою, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Козаченко Дмитро Миколайович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна, кафедра управління експлуатаційною роботою, професор кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Мацюк В'ячеслав Іванович,
Державний університет інфраструктури та технологій, кафедра управління процесами перевезень, доцент кафедри

Захист відбудеться "26" жовтня 2017 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий "21" вересня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах кризових явищ на ринку вантажних перевезень України спостерігається тенденція до зменшення обсягів вагонопотоків на залізничній мережі і, як наслідок, збільшується період накопичення составів, що призводить до невиконання термінів доставлення вантажів тощо. У той же час загострюється конкуренція з автомобільним вантажним транспортом у секторі перевезень вагонних та групових відправок. Ця ситуація вимагає вирішення завдання щодо удосконалення діючих технологій перевізного процесу, пов'язаних з формуванням, організацією та відправленням вантажних поїздів на основі концепції, яка дасть змогу надати гнучкості експлуатаційній роботі залізниць з урахуванням змін умов формування вагонопотоків у поїзди.

Оснoву організації вагонопотоків складає план формування поїздів (ПФП), який визначає рівень завантаження технічних засобів транспорту, а також розподіл сортувальної і маневрової роботи між станціями й пунктами відправлення і призначення вантажних поїздів. У цей час план формування поїздів, який визначає вид та напрямок поїздів і груп вагонів, які формують станції, розробляється раз у рік, а методи розрахунку ПФП базуються на середньодобових планових вагонопотоках та не враховують їх коливань по величині та структурі протягом сезонів року, днів тижня та годин доби. За таких умов виникають ситуації на станціях мережі, коли вагонні струмені, що виділені в самостійні призначення, мають добову потужність менше встановлених норм маси та довжини вантажних поїздів для відправлення. Для уникнення перепростоїв та прискорення просування вагонів можливим є проведення корегування ПФП для окремих поїздів на основі застосування технології погодженої організації групових поїздів оперативного призначення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 року № 1390, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 року №1555-р, "Стратегії розвитку залізничного транспорту України на період до 2020 року", Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу на 2008 – 2020 роки, затвердженої наказом Міністерства транспорту і зв'язку України від 14.10.2008 року № 1259, а також науково-дослідної роботи "Формування та шляхи реалізації організаційно-технічної моделі використання вантажних вагонів у міжнародних перевезеннях" (ДР № 0115U000275), у якій здобувач приймав безпосередню участь.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення на основі удосконалення процедури оперативного корегування плану формування та графіка руху поїздів, яка передбачає врахування просторової та часової складової процесу управління поїздопотоками.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі завдання дослідження:

– провести аналіз експлуатаційних показників роботи залізничних підрозділів, а також технології управління поїздопотоками на мережі регіональних філій залізниці України та закордоном для формулювання вимог щодо формалізації технології організації групових поїздів оперативного призначення;

– для формування технології вибору раціонального маршруту об'єднання груп вагонів сформувати математичну оптимізаційну модель організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні;

– для формування технології синхронізації графіка руху групових поїздів на станціях обміну груп вагонів сформувати математичну модель визначення раціонального варіанта об'єднання струменів вагонопотоків згідно з планом формування поїздів;

– сформувати автоматизовану технологію просування групових поїздів оперативного призначення, яка дасть можливість оперативному диспетчерському апарату приймати обґрунтовані рішення щодо організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні;

– удосконалити діючу інформаційно-керуючу систему ПАТ «Українські залізниці» (ПАТ «УЗ») шляхом інтеграції розробленої технології з АСК ВП УЗ-Є для інформаційної і технологічної підтримки при виконанні роботи з груповими поїздами, починаючи від процесу маневрової роботи і закінчуючи їх відправленням на дільниці;

– визначити економічну доцільність упровадження автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення на залізничних підрозділах України.

Об'єкт дослідження – процес просування групових поїздів оперативного призначення.

Предмет дослідження – технологія оперативного управління поїзною роботою на полігонах регіональних філій залізниці України.

Методи дослідження. Проведені дослідження ґрунтуються на використанні методів математичної статистики та процедури моніторингу для виконання детального аналізу основних експлуатаційних показників транспортного процесу по залізничних підрозділах; методів теорії графів при побудові довільних залізничних полігонів з визначенням напрямків прямування поїздів оперативного призначення між станціями об'єднання груп вагонів; еволюційних методів для розв'язання оптимізаційних математичних моделей організації групових поїздів оперативного призначення та синхронізації їх графіка руху на станціях обміну груп вагонів.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання, яке має науково-прикладний характер, щодо формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення на основі розроблення комплексу моделей, які забезпечують реалізацію вищезазначеної технології як у просторі, так і у часі. Згідно з цим було:

вперше:

- для організації групових поїздів оперативного призначення розроблено оптимізаційну математичну модель, яка на відміну від існуючих аналогів дає змогу

обирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні;

- для синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів сформовано оптимізаційну математичну модель, яка на відміну від існуючих дає змогу автоматизувати систему ув'язки графіка руху для великої кількості групових поїздів на полігоні мережі значної розмірності.

Удосконалено:

- процедуру отримання варіанта технології з мінімальними техніко-експлуатаційними витратами, в основу якої покладено підхід до визначення розрахункових значень фітнес-функції на основі застосування алгоритму Дейкстри;

- структуру та комплекс завдань, які вирішуються на автоматизованих робочих місцях оперативного персоналу різних рівнів, шляхом упровадження системи підтримки прийняття рішень щодо формування та просування групових поїздів оперативного призначення.

Практичне значення одержаних результатів. Сформовано автоматизовану технологію просування групових поїздів оперативного призначення. Зазначена технологія базується на процедурі оперативного корегування ПФП, що дає змогу здійснювати пошук раціональних варіантів організації групових поїздів оперативного призначення, що дає можливість станціям працювати як єдиний технологічний комплекс. Ефективне використання цієї процедури дає змогу забезпечити високий рівень їх оперативної співпраці з метою безперешкодного просування вагонопотоків, зменшуючи обіг вантажного вагона. Запропонований підхід дає змогу раціонально розподілити сортувальну роботу між технічними станціями мережі залізниць та забезпечити своєчасне доставлення вантажів у погоджені із замовником терміни.

На основі порівняльного аналізу приведених витрат локомотиво- та вагоно-годин простою за різними варіантами прямування груп вагонів, як у одnogрупних поїздах, так і у групових із закріпленням за розкладом руху і без закріплення, доведено доцільність організації групових поїздів оперативного призначення за узгодженим розкладом, що дає змогу зменшити вищенаведені витрати у порівнянні з варіантом прямування групових поїздів без розкладу на 5,14 %. На основі проведених розрахунків для довільного полігона залізниці доведено існування меж доцільності використання запропонованої технології. При цьому за рівних умов при збільшенні параметра накопичення одnogрупних призначень на 10,7 % від нормативного доцільним є прямуванням дальніх вагонопотоків одnogрупних призначень у групових поїздах із закріпленням за узгодженим розкладом.

Основні результати і розроблені наукові підходи до формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення застосовано та впроваджено на Знам'янській дирекції залізничних перевезень Одеської регіональної філії ПАТ "УЗ", а також у навчальний процес Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні дисциплін "Вантажні перевезення", "Управління експлуатаційною роботою" та при виконанні

кваліфікаційних робіт магістрів. Практичне впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджується відповідними актами, які наведено в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. Результати, що становлять основний зміст дисертаційного дослідження, отримані автором самостійно в Українському державному університеті залізничного транспорту.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: у статті [1] визначено умови узгодженої взаємодії під'їзних колій із залізничними станціями при виконанні контактного графіка за умови дотримання діючої технології формування поїздів різних категорій; у статті [2] було проаналізовано основні експлуатаційні показники, на основі чого було визначено, що діюча технологія формування та просування поїздопотоків не відповідає існуючій системі ринкових відносин. Було зроблено та обґрунтовано висновок про необхідність вирішення науково-прикладного завдання формування технології просування групових поїздів оперативного призначення; у статті [3] розроблено математичну модель, яка дає змогу вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні; у статті [5] запропоновано удосконалення технології оперативного планування в умовах формування поїздів різних категорій з метою оптимізації обігу вантажного вагона; у статті [6] сформовано автоматизовану технологію визначення раціональної організації вагонопотоків на залізничній мережі за рахунок погодженої організації обігу групових поїздів з обміном груп вагонів на технічних станціях полігона мережі; у роботі [7] запропоновано спосіб блокування переміщення вагонів з небезпечним вантажем, які будуть включені в одноступінні та групові поїзди.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях:

- III та IV Міжнародних науково-практичних конференціях "Перспективи взаємодії залізниць і промислових підприємств" ДНУЗТ 2014, 2015 рр. (м. Дніпропетровськ);

- 76, 77 та 78 Міжнародних науково-технічних конференціях "Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті" УкрДУЗТ, 2014, 2015, 2016 рр. (м. Харків);

- 10 Ювілейній міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті" ДЕТУТ, 2015 р. (м. Одеса);

- Міжнародній науково-практичній конференції "Інновації структури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи", 2016 р. (м. Трускавець);

- I Міжнародній науково-практичній конференції "Енергооптимальні технології перевізного процесу" ДНУЗТ, 2016 р. (м. Трускавець);

- IV Міжнародній науково-практичній конференції «Людина, суспільство, комунікативні технології» УкрДУЗТ, 2016 р. (м. Красний Лиман);

- 11 Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті" ДЕТУТ, 2016 р. (м. Київ).

Дисертацію у повному обсязі розглянуто та схвалено в Українському державному університеті залізничного транспорту на розширеному засіданні кафедри управління вантажною і комерційною роботою за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 6 наукових статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, одна без співавторів (у тому числі 1 стаття у базі даних Scopus), 1 патент, а також 10 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг роботи складає 178 сторінок, з них основного тексту 119 сторінок, 7 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел налічує 125 найменувань на 13 сторінках і 4 додатки на 18 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження; визначено наукову новизну, розкрито теоретичне та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі було проаналізовано техніко-експлуатаційні показники діяльності ПАТ «УЗ», які свідчать про нестабільність їх виконання протягом визначених періодів. Одним з важливих факторів визначеного становища є недосконала технологія формування та просування групових поїздів. Аналіз поїздопотоків згідно з діючим ПФП довів, що близько третини вагонопотоку прямує в групових поїздах. Причому слід зауважити, що з цієї кількості тільки близько 23 % виконуються дійсно відповідно до ПФП на поточний період. Останні 8 % групових поїздів (у залізничній термінології такі поїзди називають груповими поїздами оперативного призначення) простоюють значний час під накопиченням повносоставного поїзда, що сприяє збільшенню збитків від непродуктивного простою та несвоєчасного доставлення вантажу, також збільшується кількість маневрових пересувань та повторного розпуску із сортувальної гірки. Усі визначені фактори призводять до збільшення часу обігу вантажного вагона та зниження його продуктивності.

Розв'язанню питань у напрямку удосконалення технологій просування поїздів різних категорій та оперативного перерозподілу роботи між станціями приділена значна увага у працях Акулінічева В. М., Архангельського Є. В., Бернгарда К. А., Бобровського В. І., Бутько Т.В., Грунтова П.С., Губенка В.К., Данька М.І., Жуковицького І.В., Іловайського М. Д., Козлова В. Є., Козаченка Д. М., Котенка А. М., Кузнецова Г. А., Кулешова В. М., Ломотька Д. В., Мацюка В. І., Міроненка В. К., Нагорного Є. В., Негрея В. Я., Нечаєва Г. І., Прохорченка А. В., Угрюмова А. К., Смєхова А. О., Сотнікова Є. А., Тихонова Г. Н., Тишкіна Є. М., Шибаєва О. Г., Яновського П. О. та інших учених.

Було визначено, що фундаментальною основою підвищення ефективності якості функціонування залізничних полігонів України в галузі удосконалення експлуатаційної роботи з груповими поїздами в сучасних умовах є впровадження нових автоматизованих технологій управління перевізним процесом, що базуються на сучасних принципах управління з використанням елементів систем підтримки прийняття рішень. Усе це вимагає формування моделей, які даватимуть змогу вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні з подальшим розрахунком графіка руху поїздів.

У другому розділі вирішено завдання формування оптимізаційної математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення, яка дає змогу вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні. Відповідно до поставленої задачі в роботі запропоновано подати залізничну мережу у вигляді неорієнтованого графа $G(P, E)$, де P – множина вершин, $i \in P$, вершини $i = \overline{1, n}$ відповідають технічним станціям можливого прямування, формування-розформування групових поїздів або на яких виконуються операції з обміну груп; E – множина ребер e_{ij} , що з'єднують відповідні вершини графа та відповідають залізничним лініям (i, j) між станціями мережі, де $e_{ij} \in E$, $i, j = \overline{1, n}$. Інформація про зв'язки вершин графу міститься у матриці суміжностей ξ з елементами

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо рух між станціями } i \text{ та } j \text{ існує;} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Ураховуючи, що на початку розрахунку є відомою інформація про кількість груп вагонів, їх місце перебування (станція відправлення-станція призначення), то можна позначити через A множину всіх груп вагонів $a \in A$, $a = \overline{1, K}$, які потенційно можуть бути включені до групових поїздів. Тоді кількість вагонів у групі визначається як m_a . Кожному номеру групи a відповідає інформація щодо станції поточної дислокації групи вагонів та станції призначення. Позначимо через s вершину, що відповідає станції відправлення групи вагонів a , а через r вершину, що є станцією призначення відповідної групи вагонів ($s, r \in P$) (рис. 1). Згідно з рис. 1 для групи $a = 1$ станцією відправлення s є станція Б, станцією призначення r – В.

Беручи до уваги, що перед проведенням розрахунків щодо доцільності корегування ПФП є відомою інформація про станцію призначення кожної групи вагонів, важливим є визначення їх маршрутів прямування на мережі. Для можливості моделювання маршруту прямування на мережі від станції відправлення до станції призначення кожної групи вагонів a необхідно ввести змінну x_{ij}^a , яка набуває значення:

$$x_{ij}^a = \begin{cases} 1, & \text{якщо маршрут для групи } a \text{ прокладено із } i \text{ до } j, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

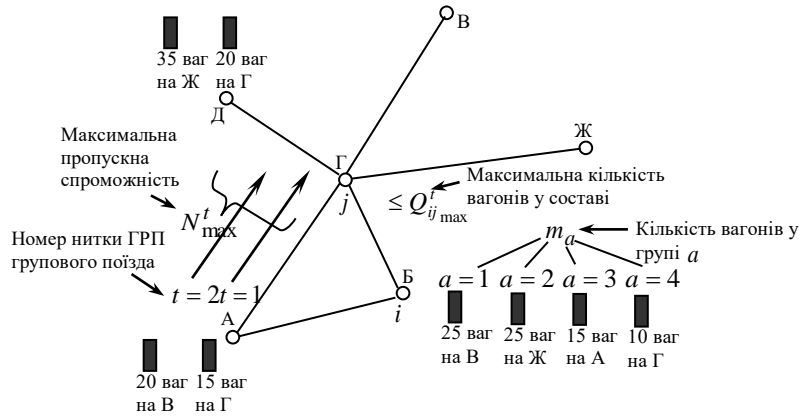


Рисунок 1 – Граф $G(P, E)$, що відображає схему полігона залізничної мережі для організації групових поїздів

Для дотримання умови неперервності маршруту необхідним є встановлення таких обмежень:

$$\sum_i x_{ij}^a = 1, \quad i = \overline{2, n}; \quad \sum_j x_{ij}^a = 1, \quad j = \overline{1, n-1}. \quad (1)$$

$$\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = 0, \quad j \neq s, r, \quad (2)$$

де k – індекс, що нумерує дуги, які ведуть із вузла j . Перша сума береться по дугах, що ведуть у вузол j .

Для початкового пункту повинна виконуватись умова $\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = -1$, якщо $j = s$, для кінцевого – $\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = 1$, якщо $j = r$, при $x_{ij}^a \in \overline{0, 1}$ для всіх i, j .

Критерієм пошуку маршруту прямування кожної групи вагонів на залізничній мережі є мінімізація часу прямування вагонів, який можна записати виразом виду

$$F_{марш}^a = \sum_i \sum_j c_{ij}^a x_{ij}^a \rightarrow \min, \quad (3)$$

де c_{ij}^a – вартість вагоно-години в русі групи вагонів a в організованих групових поїздах по дільниці ij , грн.

За такою постановкою задача пошуку маршруту прямування кожної групи вагонів на мережі є задачею цілочислового лінійного програмування.

Окрім визначення напрямку прямування груп вагонів, необхідним є розв'язання задачі формування групового поїзда. Для моделювання прив'язки кожної групи вагонів m_a до нитки поїзда на дільниці слід ввести змінну $b_{ij,a}^t$, де $t \in T$ – множина всіх ниток поїздів різних категорій на мережі, за якими можливе відправлення групового поїзда, що набуває такого значення:

$$b_{ij,a}^t = \begin{cases} 1, & \text{якщо група вагонів } a \text{ включена до поїзда } t \text{ на дільниці } ij, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Згідно з вищенаведеним аналізом технології кожної нитки вантажного поїзда t на дільниці має обмеження по мінімальній $Q_{ij\min}^t$ та максимальній кількості вагонів $Q_{ij\max}^t$. Обмеження щодо цієї умови має такий вигляд:

$$Q_{ij\min}^t \leq \sum_a b_{ij,a}^t \cdot m_a \leq Q_{ij\max}^t, \quad (4)$$

$$\sum_t b_{ij,a}^t \leq 1. \quad (5)$$

Обмеження (5) визначає необхідність включення кожної групи вагонів до состава поїзда лише один раз.

Для моделювання вибору нитки графіка руху вантажного поїзда t необхідно ввести змінну

$$y_{ij}^t = \begin{cases} 1, & \text{якщо на дільниці } ij \text{ є поїзд } t, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Умову дотримання заданої максимальної кількості групових поїздів N_{\max} , для яких виділена пропускна спроможність на дільниці, можна записати як

$$\sum_t y_{ij}^t \leq N_{ij\max}, \quad N_{ij\max} \geq 0, \quad (6)$$

де $N_{ij\max}$ – максимальна пропускна спроможність, що виділена на дільниці (i, j) для руху групових поїздів оперативного призначення, поїзд (під якою розуміється результативна пропускна спроможність, що обумовлена наявністю локомотивного парку).

Відповідно до вищезазначених умов та запропонованих обмежень математичну модель корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення можна записати у вигляді обмежень (1 –6) та цільової функції виду

$$F = \underbrace{\sum_{i^o} \sum_a c_{\text{перевф}} \cdot P t_{i^o} \cdot m_a}_{\text{витрати на станціях обміну груп}} + \underbrace{\sum_t \sum_a \sum_i \sum_j \xi_{ij} \cdot x_{ij}^a \cdot c_{\text{рух}} \cdot L t_{ij} \cdot b_{ij,a}^t \cdot m_a}_{\text{витрати у русі}} + \underbrace{\sum_i \sum_a c_i^{\text{простою}} \cdot M t_i^a \cdot m_a}_{\text{витрати в очікуванні відправлення}} \rightarrow \min, \quad (7)$$

де i^o – змінна на множині станцій P , що відповідає номеру станцій обміну груп вагонів $i^o = \overline{1, n}$, $i^o \in P$; $c_{\text{перевф}}$ – вартість однієї вагоно-години витрат на переформування состава на станціях обміну груп вагонів, грн; $c_{\text{рух}}$ – вартість однієї вагоно-години в русі вагонів в організованих групових поїздах по дільниці, грн; $c_i^{\text{простою}}$ – вартість однієї вагоно-години простою вагона на станції i , грн; $L t_{ij}$ – час руху групового поїзда по дільниці ij , год; $P t_{i^o}$ – час на проведення маневрів при

виконанні операції обміну груп вагонів на станції i^o , год; Mt_i^a – час простою вагонів на станції i , год.

Для розв'язання цієї математичної моделі корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення запропоновано застосувати оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму (англ., Genetic Algorithm, GA). Для оцінювання всіх можливих варіантів схем організації групових поїздів оперативного призначення у GA цільову функцію (7) та обмеження (4) подано у вигляді функції безумовної оптимізації, у якій обмеження (4) моделюється за рахунок штрафної функції

$$\text{Fitness}(H_s) = F + \lambda \left(\sum_{\kappa=1}^z (h_{\kappa}(x))^2 \right) \rightarrow \min, \quad (8)$$

де λ – параметр штрафної функції, $\lambda > 0$; $h_{\kappa}(x)$ – обмеження нерівності задачі (4), що приведені до виду $h_{\kappa}(x) \leq 0, \kappa \in K$.

Запропонована процедура розв'язання математичної моделі на основі генетичного алгоритму дала змогу знайти оптимальне рішення за 2,1 хв. Аналіз результатів моделювання доводить збіжність запропонованої процедури розрахунку ПФП. На рис. 2 наведено результати розрахунку плану формування групових поїздів оперативного призначення на довільно сформованому графі мережі G з 17 вершинами.

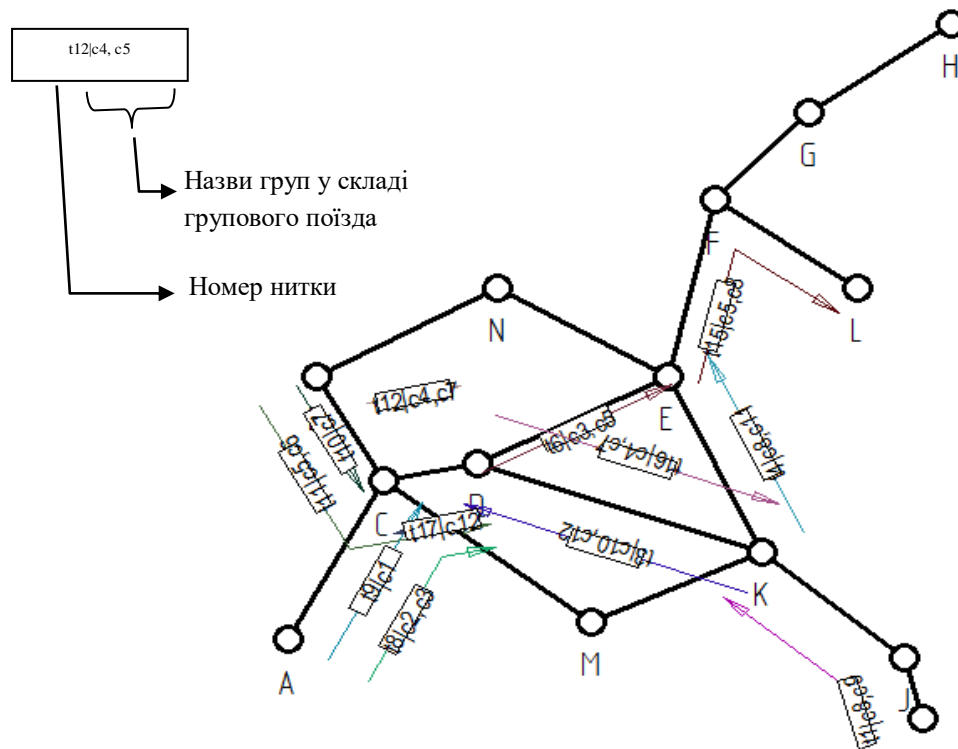


Рисунок 2 – Граф мережі G та знайдені кращі варіанти об'єднання груп вагонів для формування групових поїздів оперативного призначення

У **третьому розділі** виконано завдання щодо формування математичної моделі синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів, яка дає змогу автоматизувати систему ув'язки графіка руху для великої кількості групових поїздів на полігоні мережі значної розмірності у вигляді

$$F(X_{k,i}, I_{(k,k+1),i}) = \sum_s \sum_i \sum_j \sum_k Wt_{k,ij}^s \rightarrow \min, \quad (9)$$

де $X_{k,i}$ – різниця між часом послідовного відправлення двох поїздів, год; $I_{(k,k+1),i}$ – змінна, яка повинна набувати значення в межах інтервалу $[I \min_i, I \max_i]$ (мінімальні і максимальні значення міжпоїзного інтервалу), год; $Wt_{k,ij}^s$ – змінний параметр часу перебування груп вагонів на станції обміну груп вагонів, год.

Обмеження (10) визначає необхідність відправлення першого групового поїзда на кожному маршруті i в межах інтервалу $[0, I \max_i]$

$$X_{k,i} \geq 0, X_{1,i} \leq I \max_i; 1 \leq k \leq f_i. \quad (10)$$

Обмеження (11) встановлює умову, за якої відправлення останнього групового поїзда повинно бути в межах планового періоду T

$$X_{f,i} \leq T, 1 \leq i, j \leq N. \quad (11)$$

Обмеження (12 – 13) визначають необхідність дотримання меж міжпоїзного інтервалу та часу стоянки групового поїзда на станції обміну груп:

$$I \min_i^s \leq X_{(k+1),i} - X_{k,i} \leq I \max_i^s, \quad 1 \leq s \leq S, \quad (12)$$

$$H \min_i^s \leq Wt_{k,ij}^s \leq H \max_i^s. \quad (13)$$

Обмеження (14) виключає недопустимі варіанти схем проходження групових поїздів на станції обміну груп вагонів, тобто виключається раннє приймання та відправлення групових поїздів на станціях обміну груп вагонів

$$at_{k,j}^s > dt_{k,i}^s, 1 \leq i, j \leq N. \quad (14)$$

Слід зазначити, розв'язання запропонованої математичної моделі можливе лише за умови допустимості задачі, тобто при існуванні пропускнуої спроможності на залізничних дільницях в умовах існування пасажирського руху, що враховано у даному дослідженні.

Для реалізації математичної моделі в межах RGA запропоновано сформуванню нижченаведений код хромосоми RGA. Хромосому запропоновано подати у вигляді набору змінних параметрів моделі з урахуванням обмежень на їх діапазони і зведенням їх в один числовий вектор CH^z , що складається з двох частин:

$$CH^z = (C^1, C^2), z = \overline{1, S}, \quad (15)$$

де z – номер хромосоми в популяції S . Перша частина $C^1 = (\underbrace{c_1^1, c_2^1, \dots, c_k^1}_{i=1}, \underbrace{c_1^2, c_2^2, \dots, c_k^2}_{i=2}, \dots, \underbrace{c_1^N, c_2^N, \dots, c_k^N}_{i=N})$ моделює змінну $c_k^l = X_{k,i}$ – час відправлення

кожного поїзда k на маршруті прямування i , де $k = \overline{1, f}$, $c_q^l = [0, I \max_i]$, $I \max_i \in [0, T = 1440]$, хв, $l = \overline{1, M}$, де M – загальна кількість генів у хромосомі CH^z . Друга частина $C^2 = (\underbrace{b_1^l, b_2^l, \dots, b_{k+1}^l}_{i=1}, \underbrace{b_1^l, b_2^l, \dots, b_{k+1}^l}_{i=2}, \dots, \underbrace{b_1^l, b_2^l, \dots, b_{k+1}^l}_{i=N})$ моделює змінну $b_{k,i}^l = I_{(k,k+1),i}$ – інтервал відправлення між двома нитками групових поїздів на ділянці маршруту, де $b_{k,i}^l \in [I \min_i, I \max_i]$, хв.

Для оцінки варіанта розв'язання цієї математичної моделі в межах фітнес-функції генетичного алгоритму розроблено процедуру декодування хромосоми. На першому етапі відповідно до значень змінних за кожною ниткою маршрутів груп вибудовується ланцюг операцій у часі. Після чого узгоджений варіант розкладу групових поїздів оцінюється цільовою функцією, яка є штрафною функцією, що включає критерій оптимізації (9) та штрафний функціонал з дотримання обмежень моделі (10 – 14). Таким чином, задачу умовної оптимізації в RGA запропоновано перетворити на безумовну виду

$$\text{Fit}(h) = \sum_s \sum_i \sum_j \sum_k W_{k,ij}^s + \lambda \left(\sum_{\kappa=1}^z (h_{\kappa}(x))^2 \right) \rightarrow \min, \quad (16)$$

де λ – параметр штрафної функції, $\lambda > 0$; $h_{\kappa}(x)$ – обмеження нерівності задачі (10 – 14), що приведені до виду $h_{\kappa}(x) \leq 0, \kappa \in K$.

На рисунку 3 наведено результати розрахунку у вигляді діаграми Ганта для попередньо отриманого розв'язання задачі побудови плану формування групових поїздів оперативного призначення на графі мережі G з 17 вершинами. По абсцисі діаграми відображається відносний час від 0 до 1440 хв. Темні прямокутники (рис. 3) відображають тривалість руху груп вагонів у групових поїздах на відповідну нитку. На початку і у кінці кожного прямокутника вказано час відправлення та прибуття. Назва нитки відображена посередині. Тонкими лініями показана операція перепричеплення груп вагонів між відповідними нитками поїздів.

Визначений підхід до пошуку оптимальних рішень щодо отримання варіантів синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів є основою формування системи підтримки прийняття рішень (СППР) диспетчерського персоналу, який урахує часову складову процесу просування поїздопотоків.

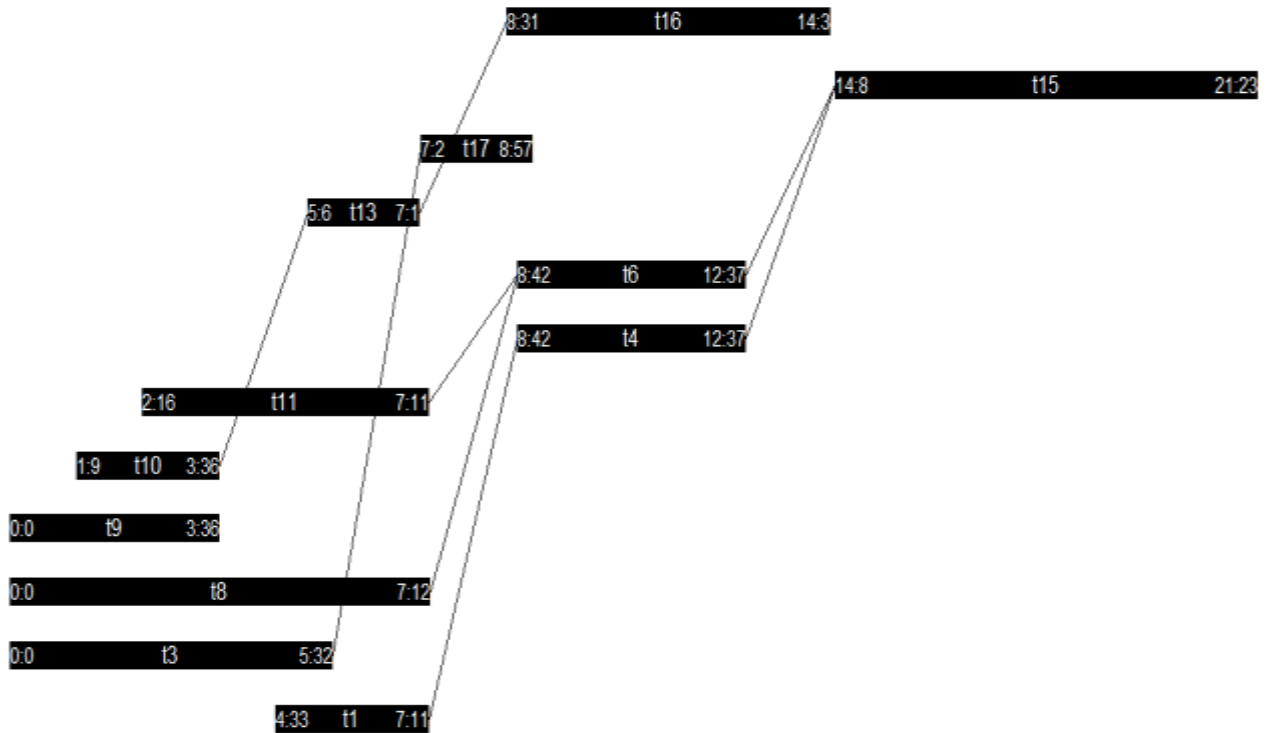


Рисунок 3 – Результат розв'язання оптимізаційної задачі синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення у вигляді діаграми Ганта

У четвертому розділі у загальному вигляді сформована автоматизована технологія формування та просування групових поїздів оперативного призначення. Передбачено, що розроблена технологія повинна базуватися на постійній взаємодії всіх оперативних працівників усіх полігонів регіональних філій залізниці, включаючи всі рівні ієрархії в середовищі АСК ВП УЗ-Є. Усе це вимагає застосування передових досягнень у галузі розроблення систем, які дають змогу отримувати людині, яка приймає оперативне рішення, своєчасні та обґрунтовані варіанти рішення щодо розв'язання поточних та майбутніх (прогнозних) поїзних станів.

Зважаючи на зазначене, формування визначеної технології було реалізовано у вигляді ситуаційної системи підтримки прийняття рішення оперативного персоналу. Оскільки розроблена система повинна охоплювати всі рівні оперативного управління поїзною роботою, визначену СППР було побудовано на застосуванні принципів систем з архітектурою розподіленого штучного інтелекту.

Узагалі сформована технологія передбачає інтеграцію з АСК ВП УЗ-Є і надає інформаційну і технологічну підтримку оперативному персоналу, починаючи від чергового по станції і закінчуючи Головним диспетчером оперативного розпорядчого відділу Департаменту перевезень УЗ (ще на рівні оперативного планування), при виконанні роботи з груповими поїздами починаючи від процесу маневрової роботи і закінчуючи їх відправленням на дільниці з урахуванням наявності в таких групах вагонів з небезпечними вантажами. Такий підхід до реалізації запропонованої технології дає змогу істотно підвищити безпеку та якість виконання експлуатаційної роботи.

Таким чином, використання запропонованої автоматизованої технології дає змогу в автоматичному режимі визначати та узгоджувати доцільність формування поїзда оперативного призначення з використанням процедури еволюційного моделювання. Це у свою чергу дає змогу істотно покращити використання основних техніко-експлуатаційних показників, про що свідчить досягнення скорочення простою вантажного вагона під накопиченням на сортувальній (технічній) станції до 5,14 %.

Визначення економічного ефекту по окремих технічних станціях регіональних філій ПАТ «УЗ» довело можливість отримання ефекту у грошовому еквіваленті в межах 1 384 502 грн на п'ятий рік застосування запропонованої технології просування групових поїздів оперативного призначення.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз показників експлуатаційної роботи вантажних вагонів довів тенденції до зменшення перевезень вантажів та наявність певних коливань обсягів експлуатаційної роботи. Унаслідок чого обіг вантажного вагона зріс на 0,55 доби при середньоквадратичному відхиленні 0,76 доби; простій вантажного вагона на технічній станції збільшився на 1,11 год при середньоквадратичному відхиленні 1,16 год; продуктивність вантажного вагона, зменшилася на 17 млн ткм нетто при середньоквадратичному відхиленні 702,5 млн ткм нетто. Визначено, що одним з важливих факторів погіршення вищезазначених показників є недосконала технологія формування та просування групових поїздів, а саме групових поїздів оперативного призначення. Незважаючи на існуючі техніко-технологічні резерви ці поїзди простоюють в очікуванні накопичення згідно з планом формування поїздів, а повинні були б виконувати корисну роботу.

2. Проведений аналіз закордонного та вітчизняного досвіду організації формування та просування вагонопотоку порівняно невеликими групами довів, що найважливіша особливість графіків (або розкладів) руху вантажних поїздів на закордонних залізницях – це ядро поїздів постійного обертання, яке забезпечено стійким вантажопотоком, що дає змогу побудувати роботу станцій і дільниць не на оперативній, а на технологічній основі. Коливання вагонопотоків погашають призначенням резервних (факультативних) поїздів, які за своєю сутністю є аналогами поїздів оперативного призначення. У таких умовах, спираючись на закордонний досвід, доцільно впроваджувати аналогічні системи планування та управління просуванням поїздопотоків, які не являють собою потужних струменів або відправницьких та ступеневих маршрутів за умови врахування специфіки організаційно-технологічної основи роботи залізничного транспорту України.

3. З метою розроблення технології організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні в дисертаційній роботі розроблено оптимізаційну математичну модель організації групових поїздів оперативного призначення, яка дає змогу вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів. Ця математична модель належить до цілочислових задач лінійного програмування. Для розв'язання цієї математичної моделі застосовано

оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму зі сформованою процедурою кодування, який дає змогу підвищити точність та швидкість знаходження раціональних варіантів маршрутів обігу групових поїздів на залізничній мережі великої розмірності. Значення, отримані в результаті розв'язання просторової моделі, є вхідними для визначення оптимального ГРП за умови мінімізації непродуктивних вагоно-годин простою, тобто синхронізації задачі у часі.

4. Для формалізації технології синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів розроблено оптимізаційну математичну модель, яка на відміну від існуючих дає змогу автоматизувати систему ув'язки графіка руху для великої кількості групових поїздів на полігоні мережі значної розмірності. Для розв'язання цієї математичної моделі запропоновано застосувати генетичний алгоритм з дійсним кодуванням. Сформовано процедуру кодування та декодування хромосоми генетичного алгоритму, що відображає технологічні особливості реалізації ПФП групових поїздів оперативного призначення. Запропонована процедура дає змогу зменшити час роботи генетичного алгоритму для задач великої розмірності й дає можливість прискорити збіжність алгоритму при пошуці раціонального розв'язання задачі.

5. У цій науковій роботі було сформовано та реалізовано автоматизовану технологію просування групових поїздів оперативного призначення. Основою запропонованої технології є комплекс вищезазначених математичних моделей, які дають можливість оперативному диспетчерському апарату отримувати обґрунтовані рішення щодо організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні за умови економії вагоно-годин простою в розмірі 5.14 %. Реалізацію визначеної технології було виконано у вигляді СППР на основі підходів побудови систем з розподіленим штучним інтелектом. Використання запропонованої автоматизованої технології дасть змогу в автоматичному режимі визначати та узгоджувати доцільність формування поїзда оперативного призначення з використанням процедури еволюційного моделювання.

6. Сформована автоматизована технологія передбачає її інтеграцію з АСК ВПУЗ-Є і надає інформаційну і технологічну підтримку при виконанні роботи з груповими поїздами, починаючи від процесу виконання маневрової роботи і закінчуючи їх відправленням на дільниці, з урахуванням наявності в таких групах вагонів з небезпечними вантажами. Такий підхід до реалізації запропонованої технології дає змогу істотно підвищити безпеку та якість виконання експлуатаційної роботи.

7. Визначення економічного ефекту по окремих технічних станціях регіональних філій залізниці довело можливість отримання ефекту у грошовому еквіваленті в межах 1,38 млн грн на п'ятий рік застосування сформованої автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Лаврухін О. В., Киман А. М. Аналіз основних показників експлуатаційної роботи залізничного транспорту в умовах виконання контактного графіка. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. Донецьк. 2013. Вип. 36. С. 15–19.
2. Лаврухін О. В., Киман А. М. Аналіз діючої технології формування та просування поїздопотоків в умовах існування групових поїздів оперативного призначення. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. Донецьк. 2014. Вип. 37. С. 14–19.
3. Бутько Т. В., Прохорченко А. В., Киман А. М. Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. Вип. 4/3(76). С. 38 – 43 (включено до наукометричної бази Scopus).
4. Киман А. М. Удосконалення технології організації групових поїздів оперативного призначення на основі синхронізації графіка руху на станціях обміну груп вагонів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків. 2015. № 5 (114). С. 48 – 51.
5. Лаврухін О. В., Блиндюк В. С., Богомазова Г. Є., Киман А. М., Тофан М. О., Розумович Р. Б. Удосконалення технології оперативного планування вантажної роботи при взаємодії власників рухомого складу із залізницею. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Харків. 2015. Вип. 156. С. 12 – 17.
6. Лаврухін О. В., Костенніков О. М., Киман А. М. Формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. Дніпро. 2016. Вип. 12. С. 51 – 57.
7. Спосіб блокування переміщення вагонів з небезпечним вантажем без прикриття: пат. 99290 Україна: МПК(2015.01) В61L24/00, В61F7/00. №u2014 13795; заявл. 22.12.2014; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. 6 с.

Праці апробаційного характеру:

8. Лаврухін О. В., Киман А. М. Визначення напрямків взаємодії залізничного та промислового транспорту в умовах виконання контактного графіка. *Перспективи взаємодії залізниць і промислових підприємств: тези III Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 27 – 28 лют. 2014 р.)*. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. С. 58 – 60.
9. Лаврухін О. В., Киман А. М. Аналіз існуючої технології формування та просування поїздопотоків в умовах існування групових поїздів оперативного призначення. Тези доповідей 76 Міжнародної науково-технічної конференції. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків, 15 – 17 квіт. 2014 р.)*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. С. 300 – 301.
10. Лаврухін О. В., Киман А. М., Кануннікова С. П. Доцільність використання групових поїздів оперативного призначення. Тези доповідей 77 Міжнародної науково-технічної конференції. *Збірник наукових праць (Том 1)*

Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків, 22 – 23 квіт. 2015 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2015. С. 149 – 150.

11. Киман А. М. Розробка технології формування та пропуску групових поїздів оперативного призначення. *Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті: матеріали 10 Ювілейної міжнародної науково-практичної конференції* (м. Одеса 30 черв. – 1 лип. 2015 р.). Київ: ДЕТУТ, 2015. С. 68.

12. Лаврухін О. В., Киман А. М. Доопрацювання технології організації групових поїздів оперативного призначення за умови синхронізації графіка руху вантажних поїздів. *Перспективи взаємодії залізниць і промислових підприємств: тези IV Міжнародної науково-практичної конференції* (Дніпропетровськ, 1 – 2 лист. 2015 р.). Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. С. 59 – 60.

13. Бутько Т. В., Лаврухін О. В., Прохорченко, А. В., Киман А. М. Формування технології організації групових поїздів оперативного призначення. *Інновації структури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи: збірник тез міжнародної науково-практичної конференції* (м. Трускавець, 11 – 17 квіт. 2016 р.). Трускавець: Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2016. С. 38 – 40.

14. Лаврухін О. В., Киман А. М. Формування групових поїздів оперативного призначення на основі синхронізації графіка руху. Матеріали 78 Міжнародної Науково-технічної конференції. Зб. наук. праць Українського державного університету залізничного транспорту (м. Харків, 26 – 28 квіт. 2016 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2016. С. 125.

15. Лаврухін О. В., Киман А. М. Питання доцільності формування та впровадження автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення. *Енергооптимальні технології перевізного процесу: тези I Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Моршин, 16 – 20 трав. 2016 р.). Трускавець: ДНУЗТ, 2016. С. 86 – 87.

16. Лаврухін О. В., Киман А. М., Глаголев Ю. Ю., Кравчук З. С., Рагуз К. В. Переваги автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення. *Людина, суспільство, комунікативні технології: тези IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Красний Лиман, 24 – 25 черв. 2016 р.). Красний Лиман: УкрДУЗТ, 2016. С. 266.

17. Лаврухін О. В., Киман А. М. Визначення основних технологічних особливостей формування та пропуску поїздів оперативного призначення. *Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті: матеріали 11 Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 09 – 15 вер. 2016 р.). Київ: ДЕТУТ, 2016. С. 64 – 65.

АНОТАЦІЯ

Киман А.М. Формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2017.

Дисертаційна робота присвячена питанням формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення.

У роботі проаналізовано показники експлуатаційної роботи й сучасний закордонний і вітчизняний досвід організації та просування вантажних поїздів з малопотужних струменів. У результаті аналізу було визначено, що останнім часом спостерігається негативна тенденція до погіршення виконання техніко-експлуатаційних показників використання вагонного парку ПАТ «УЗ». Визначена тенденція в певному сенсі характеризується недосконалою системою організації експлуатаційної роботи з груповими поїздами оперативного призначення.

З метою подолання зазначених недоліків у дисертаційній роботі було сформовано комплекс математичних моделей, які визначають оптимальний режим організації експлуатаційної роботи з груповими поїздами у просторі та часі. Просторова складова цього комплексу подана у вигляді моделі організації групових поїздів оперативного призначення, яка дає змогу вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на мережевому рівні. Часова складова реалізована у вигляді оптимізаційної моделі синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів, яка на відміну від існуючих дає змогу автоматизувати систему ув'язки графіка руху для великої кількості групових поїздів на полігоні мережі значної розмірності та у сукупності реалізувати автоматизовану технологію просування групових поїздів оперативного призначення.

Сформована автоматизована технологія передбачає інтеграцію з АСК ВП УЗ-Є і надає інформаційну і технологічну підтримку оперативному персоналу у вигляді СППР при виконанні роботи з груповими поїздами, починаючи від процесу виконання маневрової роботи і закінчуючи їх відправленням на дільниці з урахуванням наявності в таких групах вагонів з небезпечними вантажами. Такий підхід до реалізації запропонованої технології дає змогу істотно підвищити безпеку та якість виконання експлуатаційної роботи.

Ключові слова: залізничні підрозділи, план формування поїздів, графік руху поїздів, групові поїзди, автоматизована технологія.

АННОТАЦІЯ

Киман А.Н. Формирование автоматизированной технологии продвижения групповых поездов оперативного назначения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2017.

Диссертация посвящена вопросам формирования автоматизированной технологии продвижения групповых поездов оперативного назначения.

Анализ показателей эксплуатационной работы грузовых вагонов показал тенденции уменьшения перевозок грузов и наличие определенных колебаний объемов эксплуатационной работы. Таким образом, оборот грузового вагона вырос

на 0,55 сут при среднеквадратическом отклонении 0,76 сут; простой грузового вагона на технической станции увеличился на 1,11 ч при среднеквадратическом отклонении 1,16 ч; производительность грузового вагона уменьшилась на 17 млн ткм нетто при среднеквадратическом отклонении 702500000 /ткм/нетто. Одним из важных факторов ухудшения определенных показателей является несовершенная технология формирования и продвижения групповых поездов, а именно групповых поездов оперативного назначения. Несмотря на существующие технико-технологические резервы эти поезда простаивают в ожидании накопления согласно плану формирования поездов в то время, когда они должны выполнять полезную работу. В данном случае будут возникать нарушения плана формирования и возможные избыточные расходы на тягу поездов, но в то же время могут быть нарушены договорные условия срока доставки груза, что в свою очередь может привести к начислению в сторону клиента средств за несвоевременную доставку или порчу груза.

Проведенный анализ зарубежного и отечественного опыта организации формирования и продвижения вагонопотоков сравнительно небольшими группами доказал, что важнейшая особенность графиков (или расписаний) движения грузовых поездов на зарубежных железных дорогах – это ядро поездов постоянного обращения, которое обеспечено устойчивым грузопотоком, что позволяет построить работу станций и участков не на оперативной, а на технологической основе. Колебания вагонопотоков погашают назначением резервных (факультативных) поездов, которые по своей сути являются аналогами поездов оперативного назначения. В таких условиях опираясь на зарубежный опыт целесообразно и необходимо внедрять аналогичные и более совершенные системы планирования и управления продвижением поездопотоков, которые не представляют из себя мощных струй или отправительских и ступенчатых маршрутов при условии учета специфики организационно-технологической основы работы железнодорожного транспорта Украины.

Для решения научной задачи формирования автоматизированной технологии продвижения групповых поездов оперативного назначения в диссертационной работе разработан комплекс оптимизационных пространственно-временных моделей. Таким образом, пространственная оптимизационная модель организации групповых поездов оперативного назначения позволяет выбирать оптимальный маршрут объединения групп вагонов для организации согласованных групповых поездов со сменными сочетаниями групп вагонов на сетевом уровне. Для решения данной математической модели применен оптимизационный метод на основе генетического алгоритма со сложившейся процедурой кодирования, который позволяет повысить точность и скорость нахождения рациональных вариантов организации обращения групповых поездов на железнодорожной сети большой размерности.

Временная составляющая комплекса представлена в виде оптимизационной математической модели синхронизации графика движения групповых поездов оперативного назначения на станциях обмена групп вагонов, в отличие от существующих, она позволяет автоматизировать систему увязки графика движения

для большого количества групповых поездов на полигоне сети значительной размерности. Для решения данной математической модели предложено применить генетический алгоритм с действительным кодированием. С этой целью была сформирована процедура кодирования и декодирования хромосомы генетического алгоритма, отражающая технологические особенности реализации ПФП групповых поездов оперативного назначения. Предложенная процедура позволяет уменьшить время работы генетического алгоритма для задач большой размерности и ускорить сходимость алгоритма при поиске рационального решения задачи.

Итогом данной научной работы стала сформированная и реализованная автоматизированная технология продвижения групповых поездов оперативного назначения. Основой предлагаемой технологии является комплекс математических моделей, которые предоставляют возможность оперативному диспетчерскому аппарату получать обоснованные решения по организации согласованных групповых поездов со сменными сочетаниями групп вагонов на сетевом уровне. Реализация технологии была выполнена в виде СППР на основе подходов построения систем с распределенным искусственным интеллектом.

Предусмотрена интеграция разработанной автоматизированной технологии с автоматизированной системой управления грузовыми перевозками Укрзалізничці (АСК ВП УЗ-Є), что позволяет оказывать информационную и технологическую поддержку при выполнении работы с групповыми поездами начиная от процесса выполнения маневровой работы и заканчивая их отправкой на участки с учетом наличия в таких группах вагонов с опасными грузами. Такой подход к реализации предложенной технологии позволяет существенно повысить безопасность и качество выполнения эксплуатационной работы.

Ключевые слова: железнодорожные подразделения, план формирования поездов, график движения поездов, групповые поезда, автоматизированная технология.

SUMMARY

Kyman A. Formation of computer-aided technology for forwarding specific-purpose assorted trains. – Manuscript.

Thesis for the Candidate of Engineering Sciences in Speciality 05.22.01 Transport Systems. – Ukrainian State University of Railway Transport under Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

The thesis deals with formation of computer-aided technology for forwarding specific-purpose assorted trains on the basis of improved procedure intended for on-line adjustment of train formation plan and train traffic schedule, which considers the space and time constituents in the train flow operational process.

According to the objective set and scientific task the research was conducted; it included comprehensive analysis of working technologies and operational characteristics of the rail infrastructure, and also creation of a new technology for forwarding specific-purpose assorted trains.

In order to solve the given scientific and applied problem regarding the formation of computer-aided technology for forwarding specific-purpose assorted trains the thesis has presented a designed complex of optimization space-time models. The spatial optimization model for specific-purpose assorted train organization allows selecting an optimal way to assemble wagons in order to organize coordinated assorted trains the wagons of which can be changed within the network. In order to solve the given mathematical model the optimization method was applied; it was based on a genetic algorithm with formation of coding procedure, which allows increasing accuracy and speed in searching for rational variants in organization of assorted train turnover within a wide rail network. The values obtained by solving the spatial model are output for determination of the optimal freight train schedule at minimal non-productive wagon-hours, i.e. time synchronization.

The outcome of the study is the formed and implemented computer-aided technology for forwarding specific-purpose assorted trains. The proposed technology is based on the complex of the above-mentioned mathematical models which allow operational dispatcher staff to obtain reasoned decisions regarding organization of coordinated assorted trains with changeable wagon assembly within the network with a 5.14% saving of wagon-hour time.

Keywords: railway divisions, train formation plan, train traffic schedule, assorted trains, computer-aided technology.

Киман Андрій Миколайович

**ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ
ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук
Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



доц. Костенніков О.М.

Підписано до друку 18.09.2017р.
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний.
Друк-цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 150 прим. Зам. № 19

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»
(ФО-П Миронов М.В., Свідоцтво ВО4№022953)
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1
Тел. 7-170-354

www.modelist.in.ua