

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

МАЗУРЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.222

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ПОЇЗДОУТВОРЕННЯМ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ**

05.22.01 – Транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі станцій і вузлів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Муха Юрій Опанасович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
доцент кафедри «Станції та вузли».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ломотько Денис Вікторович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
проректор з наукової роботи

кандидат технічних наук, доцент
Андрющенко Вадим Олександрович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
доцент кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології».

Захист відбудеться «07» червня 2012 р. о 13-00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, к. 314, зал засідань

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «03» травня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор



І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В експлуатації залізниць України однією з основних задач є раціональна організація вагонопотоків у поїзди. У зв'язку з суттєвою нерівномірністю надходження вагонів на станції план формування поїздів (ПФП) виконується в умовах відхилення фактичних вагонопотоків від планових. Оперативне коригування ПФП дозволяє зменшити вплив нерівномірності на ефективність організації вагонопотоків, знизити витрати, пов'язані з поїздоутворенням та сприяє прискоренню обороту вагонів.

Сучасний етап розвитку галузі характеризується значним ускладненням оперативного керування вагонопотоками. На Укрзалізниці створена технічна база для вирішення задачі оперативного керування поїздоутворенням, але відсутні алгоритми та методи для її використання в оперативних умовах. Ці та інші причини вимагають удосконалення існуючих, розробку та впровадження в практику нових методів оперативного керування поїздоутворенням. Таким чином, тема дисертації, яка присвячена рішенням задачі удосконалення керування поїздоутворенням на залізничних напрямках в оперативних умовах за рахунок формування групових поїздів на базі одnogрупних призначень, є актуальною.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку залізничного транспорту, які визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р), а також пов'язана з НДР, яка виконана Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна для Головного управління перевезень Укрзалізниці „Аналіз вагонопотоків та розробка рекомендацій до нормативу з уніфікації маси та довжини поїздів на основних напрямках залізниць України” (№ державної реєстрації 0108U010673), у якій автор є виконавцем та співавтором звіту.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вантажних вагонопотоків у поїзди та просуванням їх на залізничних напрямках, за рахунок удосконалення керування процесом поїздоутворення в оперативних умовах. Засобом для досягнення вказаної мети є оперативне коригування ПФП за рахунок раціонального комбінування формування одnogрупних та двогрупних поїздів попутних призначень. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач:

- аналіз існуючих методів організації вагонопотоків та оперативного керування поїздоутворенням;
- дослідження характеристик вагонопотоків, що переробляються на технічних станціях, та аналіз процесу накопичення составів;
- формалізація задачі організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах;
- розробка критерію та процедури оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда при застосуванні адаптивної технології його обробки та з урахуванням впливаючих факторів;
- удосконалення системи імітаційних моделей роботи технічної станції та залізничного напрямку;

– визначення умов ефективного застосування формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень в оперативних умовах.

Об'єктом дослідження є процес поїздоутворення на технічних станціях залізничних напрямків.

Предмет дослідження – оперативне керування поїздоутворенням з використанням групових поїздів, що формуються на базі попутних призначень нормативного ПФП.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз використані для дослідження характеру надходження вагонів на окремі призначення ПФП; імітаційне моделювання, теорія графів, теорія масового обслуговування, теорія скінчених автоматів використані при розробці імітаційної моделі роботи залізничного напрямку по формуванню та просуванню вагонопотоків; методи теорії ймовірностей, математичної статистики, регресійного аналізу використані при ідентифікації моделі роботи залізничного напрямку та оцінки її адекватності; імітаційне моделювання, математична статистика, планування факторних експериментів, техніко-економічний аналіз використані при визначенні умов ефективного застосування двогрупних поїздів в оперативних умовах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– вперше розроблено процедуру оцінки оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда, що дозволило скоротити витрати, пов'язані з поїздоутворенням;

– вперше отримано функціональну залежність для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів на головній станції при формуванні двогрупного поїзда, та залежності для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів на станції обміну груп при застосуванні різних технологій обробки двогрупного поїзда. Дані залежності дозволяють в оперативних умовах визначати вплив оперативного керування поїздоутворенням на окремі показники роботи технічної станції;

– вперше визначено зони раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції в залежності від впливаючих факторів, що дозволило підвищити ефект від оперативного керування поїздоутворенням;

– удосконалено імітаційну модель роботи залізничного напрямку за рахунок включення до її складу моделі оперативного керування поїздоутворенням, яка на відміну від існуючих дозволяє приймати рішення щодо формування двогрупних поїздів на базі окремих попутних одnogрупних призначень з урахуванням оперативної ситуації та прогнозу надходження вагонів;

– удосконалено імітаційну модель роботи технічної станції, яка на відміну від існуючих дозволяє застосовувати раціональну технологію обміну груп вагонів в двогрупному поїзді з урахуванням складу поїзда та оперативної ситуації на станції.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені процедури і алгоритми можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для оперативного коригування плану фор-

мування поїздів, при розробці АРМ диспетчерського персоналу оперативно-розпорядчих відділів.

Результати роботи використано:

- для удосконалення автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера та автоматизованого робочого місця маневрового диспетчера на Придніпровській та Одеській залізницях;
- при розробці нормативів по уніфікації маси та довжини поїздів на основних напрямках залізниць України;
- в учбовому процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 8.100403 „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті” і підвищенні кваліфікації слухачів факультету підвищення кваліфікації ДНУЗТу.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних і експериментальних досліджень, які приведені в роботі, отримані автором самостійно. Статті [2] та [5] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих в співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному. У статті [1] запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при формуванні окремого двогрупного поїзда у порівнянні з формуванням одnogрупних поїздів та отримано залежність для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням на станції формування. У статті [3] обґрунтовано доцільність впровадження раціонального поєднання формування одnogрупних та двогрупних поїздів з метою прискорення доставки вантажів та визначено економічний ефект від впровадження оперативного керування. У статті [4] запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при застосуванні можливих варіантів технології роботи з двогрупним поїздом на станції обміну груп. Отримано залежності для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням при застосуванні кожного з варіантів виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. У статті [6] розроблено імітаційну модель роботи залізничного напрямку по організації та просуванню вантажних вагонопотоків та виконано дослідження з визначення ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 68-й, 69-й, 70-й та 71-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2009, 2010, 2011 рр.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, ДЕГУТ, 2008 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, БелГУТ, 2008); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (Київ, ДЕГУТ, 2008 р.); 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному

транспорті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); 2-й та 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); 71-й науково-технічній конференції «Підвищення ефективності роботи та безпеки транспортних систем» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2011 рр.); Міжнародному науково-практичному форумі International black sea transport forum (Одеса, Морський вокзал, 2011 р.) та на наукових семінарах кафедри «Станції і вузли» ДНУЗТ 2007-2011 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 19 наукових праць, з них 6 науково-технічних статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України, 1 додаткова науково-технічна стаття та 12 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 7 додатків. Повний обсяг роботи – 208 сторінок; з них основний текст на 151 сторінці, 3 рисунка та 2 таблиці на 5 сторінках, список використаних джерел зі 132 найменувань на 13 сторінках, додатки на 39 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета і задачі досліджень, відображені наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

В першому розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми організації вагонопотоків та існуючих методів оперативної організації вагонопотоків на залізничних напрямках.

Значний внесок по удосконаленню організації вантажних вагонопотоків внесли вчені А.А. Аветікян, В.М. Акулінічев, К.А. Бернгард, А.Ф. Бородин, Т.В. Бутко, В.А. Буянова, І.І. Васильєв, М.І. Данько, Н.Д. Іловайський, В.В. Кутиркін, Д.М. Козаченко, Г.І. Кириченко, Д.В. Ломотько, М.І. Луханін, І.В. Максимей, В.К. Мироненко, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, О.Ю. Папахов, А.П. Петров, В.К. Покавкін, Б.В. Ряшко, А.С. Савенко, Є.А. Сотніков, І.Г. Тихомиров, Л.П. Тулупов, А.К. Угрюмов, С.С. Шавзис, А.Н. Фролов, В.О. Шиш, П.О. Яновський та інші.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що діюча система організації вагонопотоків майже не пристосована до функціонування в сучасних умовах, які характеризуються суттєвою нерівномірністю надходження вагонів на окремі призначення ПФП.

В наукових роботах пропонуються різні заходи щодо вирішення даної проблеми. Одним з найбільш дієвих заходів є оперативне коригування ПФП за рахунок формування групових поїздів. Вітчизняний та закордонний досвід по формуванню та пропуску групових поїздів свідчить про економічну ефективність такої форми організації вагонопотоків.

Вітчизняними вченими розроблено та апробовано багато методів оперативного керування поїздоутворенням на мережі, але в них відсутній комплексний підхід до розв'язання даної задачі. В існуючих наукових роботах не врахо-

вується характер надходження вагонопотоків на технічні станції напрямку та поточна оперативна ситуація. Крім цього залізничний напрямок не розглядається як єдиний технологічний комплекс, з урахуванням раціонального функціонування кожної технічної станції напрямку. На даний час в Україні створена потужна технічна база (АСК ВП УЗ), в якій існує актуальна інформація щодо оперативного стану станцій та процесу накопичення вагонів, але відсутня чітко сформульована методика оперативного формування групових поїздів на базі одноступінних призначень, яка б враховувала поточний стан всього напрямку в цілому.

Проведений аналіз дозволив сформулювати мету та основні задачі дослідження, що були вирішені у процесі виконання дисертаційної роботи.

В другому розділі виконані дослідження характеру надходження вагонів у розформування та процесу накопичення составів, виконано аналіз типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків, визначено основні задачі дослідження та встановлено критерій для оцінювання ефективності оперативного керування поїздоутворенням.

Організація вагонопотоків у поїзди на залізничних напрямках являє собою складний динамічний, стохастичний, керований процес. Поїздоутворення відбувається в сортувальному парку і є заключним етапом процесу накопичення вагонів. Показники процесу накопичення суттєво впливають на тривалість простою вагонів на станції і залежать від потужності вагонопотоку N , його стабільності, характеру надходження вагонів окремого призначення, величини складу поїзда та ін.

З метою дослідження процесу накопичення составів, на сортувальних станціях Нижньодніпровськ-Вузол (НДВ) і Знам'янка-Сортувальна (ЗС) було зібрано дані про параметри вагонопотоків та показники процесу накопичення составів окремих призначень ПФП, результати статистичної обробки цих показників наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники процесу накопичення вагонів окремих призначень на сортувальних станціях

Показники процесу накопичення вагонів	Станції	Значення показників за призначеннями плану формування				
		1	2	3	4	5
Середньодобовий вагонопотік, N , ваг/добу	НДВ	118	133	200	240	272
	ЗС	123	142	200	238	272
Коефіцієнт варіації потужності вагонопотоку, $x_{вх}$	НДВ	0,1	0,13	0,09	0,08	0,11
	ЗС	0,11	0,12	0,11	0,09	0,10
Середня витрата вагоно-годин накопичення состава, W_n , ваг-год/сост	НДВ	254,2	225,6	150	125	110,3
	ЗС	243,9	211,3	150	126,1	110,3
Коефіцієнт варіації тривалості накопичення, $x_{нак}$	НДВ	0,24	0,19	0,19	0,22	0,26
	ЗС	0,28	0,23	0,21	0,21	0,29
Доля поїздів, що перевищують норму простою	НДВ	0,45	0,46	0,42	0,44	0,43
	ЗС	0,46	0,44	0,45	0,42	0,43

Наведені дані свідчать, що добова потужність вагонопотоків характеризується суттєвою нерівномірністю ($x_{вх}=0,08-0,13$). Внаслідок цього витрати вагоно-годин накопичення мають суттєві коливання ($x_{нак}=0,19-0,29$). На рис. 1 наведено гістограми розподілу вагоно-годин накопичення на станціях НДВ та ЗС одноступінних составів окремих призначень з вагонопотоком потужністю $N = 200$ ваг/добу.

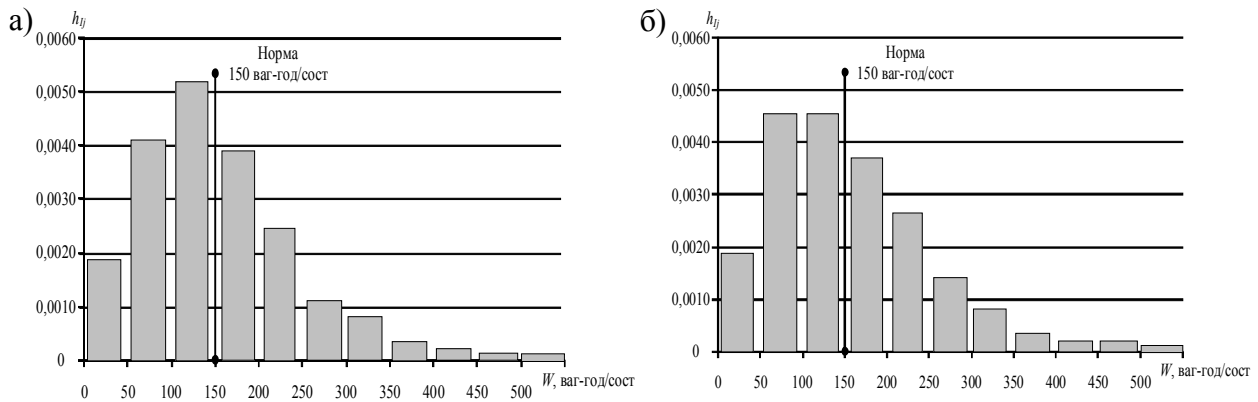


Рисунок 1 – Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава: а) на станції НДВ, б) на станції ЗС

Отримані результати свідчать, що значна частка составів (42-46%) перевищує норму вагоно-годин накопичення. При цьому коливання тривалості накопичення більш суттєві, ніж коливання потужності вагонопотоку, що пояснюється впливом процесу надходження вагонів, який можна характеризувати інтервалами між моментами надходження вагонів на окреме призначення I та кількістю вагонів в окремому надходженні n .

На основі статистичної обробки даних встановлено, що інтервал надходження вагонів на окреме призначення є випадковою величиною, розподіленою за законом Ерланга. Між математичним очікуванням інтервалу прибуття $M[I]$ та потужністю вагонопотоку N існує кореляційний зв'язок, який описується за допомогою гіперболічної моделі виду $M[I] = 35 + \frac{5700}{N}$.

Встановлено, що кількість вагонів в кожному надходженні на окреме призначення є випадковою величиною, розподіленою за показниковим законом. Між середніми значеннями інтервалу надходження та кількістю вагонів в одному надходженні існує зв'язок виду $M[n] = \frac{N}{K_n} = \frac{N \cdot M[I]}{1440}$. Крім цього встано-

влено, що значення випадкової величини n та значення випадкової величини I є незалежними. При цьому величина кількості вагонів, що надходять за окрему годину доби не залежить від періоду доби.

Наявність випадків перевищення нормативів простою вагонів під накопиченням потребує розробки заходів щодо скорочення вагоно-годин і тривалості накопичення составів. Одним з можливих і досить ефективних заходів є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних одnogрупних призначень в умовах діючого ПФП.

Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України (у подальшому Інструктивні вказівки) містять типову методику оцінки різних варіантів організації вагонопотоків, у тому числі і двогрупних поїздів. Типова методика має наступні суттєві недоліки:

- усі показники визначаються за умов використання тільки одnogрупних або тільки двогрупних поїздів;
- розрахунок виконується для середніх потужностей вагонопотоків, в той час як вагонопотоки мають суттєві коливання.

Виконані в дисертаційній роботі дослідження показали, що доцільність

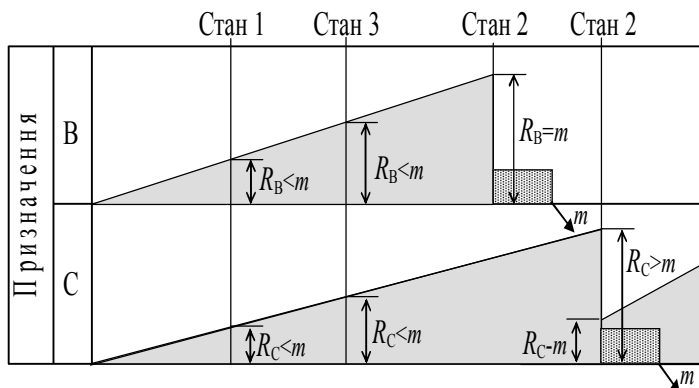
формування одно- або двогрупних поїздів повинна визначатися оперативно, у залежності від параметрів поточного стану сортувальних колій станції та прогнозу надходження вагонів на станцію. Отже, типова методика не може використовуватися в оперативних умовах.

Сортувальні колії головної станції А, на яких накопичуються вагони попутних призначень В та С, у довільний момент часу И можуть перебувати в одному з можливих станів (рис.2):

– кількість вагонів на коліях (R) менше складу поїзда як для окремого призначення так і в сумі, тобто $R_B < m$, $R_C < m$, $R_B + R_C < m$ (стан 1). В цьому випадку доцільне продовження процесу накопичення;

– кількість вагонів на колії окремого призначення достатня для формування одногрупного поїзда $R_{B(C)} \geq m$ (стан 2). У такому разі доцільне формування одногрупного поїзда;

– кількість вагонів на кожній колії менше складу поїзда, але сумарна кількість вагонів достатня для формування двогрупного поїзда $R_B < m$, $R_C < m$, $R_B + R_C \geq m$ (стан 3).



Для стану 3 можливо два рішення:

1 – продовжувати процес накопичення вагонів для формування одногрупних поїздів;

2 – формувати двогрупний поїзд.

Рисунок 2 – Варіанти можливих станів сортувальних колій

Оперативне керування поїздоутворенням повинне забезпечувати зменшення витрат.

Отже, прийняття рішення щодо формування певної категорії поїзда повинно бути економічно обґрунтоване, що потребує відповідних досліджень і являє собою задачу даної роботи.

В третьому розділі розроблено критерій та процедуру оцінки оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда на базі двох попутних призначень ПФП.

У якості критерію для оцінювання рішення щодо формування двогрупного поїзда пропонується застосовувати економію витрат, яка досягається в результаті формування двогрупного поїзда замість одногрупних поїздів

$$\Omega = E_{\text{од}} - E_{\text{дв}} > 0 \text{ за умови } m_{\text{я}} + m_{\text{ПГВ}} = m, \quad (1)$$

де $E_{\text{од}}$, $E_{\text{дв}}$ – витрати, пов'язані з формуванням та обробкою на станціях напрямку відповідно одно- і двогрупного поїздів;

$m_{\text{я}}$ – кількість вагонів призначення АС (ядро) у складі двогрупного поїзда;

$m_{\text{ПГВ}}$ – кількість вагонів призначення АВ (причіпна група) у складі двогрупного поїзда.

Кожна зі складових критерію (1) може бути визначена за формулою

$$E = e_{\text{вг}} \cdot \sum Nt + e_{\text{мл}} \cdot \sum Mt_{\text{ман}} + e_{\text{пл}} \cdot \sum Mt_{\text{пл}}, \quad (2)$$

де $e_{\text{вг}}$, $e_{\text{мл}}$, $e_{\text{пл}}$ – витратні ставки, віднесені відповідно, на 1 вагоно-годину простою вагонів на станції, на 1 локомотиво-годину маневрової роботи на станціях А та В; на 1 локомотиво-годину простою поїзних локомотивів на станції;

$\sum Nt$ – сумарні вагоно-години простою вагонів на станціях А та В;

$\sum Mt_{\text{ман}}$ – сумарні локомотиво-години маневрової роботи на станціях А та В;

$\sum Mt_{\text{пл}}$ – сумарні локомотиво-години простою поїзних локомотивів на станції В.

Повні витрати по формуванню та просуванню окремої категорії поїзда на залізничному напрямку включають в себе витрати на головній станції та станції обміну груп вагонів. Визначення повних витрат є складною задачею, тому раціональним є врахування лише відмінностей для складових формули (1), тобто

$$\Omega = e_{\text{вг}} \sum W_{\text{ек}} - e_{\text{мл}} \sum \Delta Mt_{\text{ман}} - e_{\text{пл}} \sum \Delta Mt_{\text{пл}}, \quad (3)$$

де $\sum W_{\text{ек}}$ – сумарна економія вагоно-годин простою на головній станції та станції обміну груп. При цьому $\sum W_{\text{ек}} = \sum W_{\text{од}} - \sum W_{\text{дв}}$;

$\sum \Delta Mt_{\text{ман}}$, $\sum \Delta Mt_{\text{пл}}$ – відповідно сумарні додаткові витрати роботи маневрових локомотивів та сумарний додатковий простій поїзних локомотивів на головній станції та станції обміну груп, пов'язані з обслуговуванням двогрупного поїзда.

Величини $\Delta Mt_{\text{ман}}$ і $\Delta Mt_{\text{пл}}$ можуть бути визначені для конкретної технічної станції на основі її технологічного процесу з використанням норм часу на виконання кожної операції.

Визначення економії вагоно-годин простою вагонів на станціях А (головній) та В (зміни груп вагонів) внаслідок формування двогрупного поїзда являє собою складну задачу, рішення якої запропоновано в даній роботі. Для вирішення задачі розглянуто процес накопичення на головній станції А вагонів окремого призначення (рис. 3) з інтенсивністю надходження λ вагонів в одиницю часу.

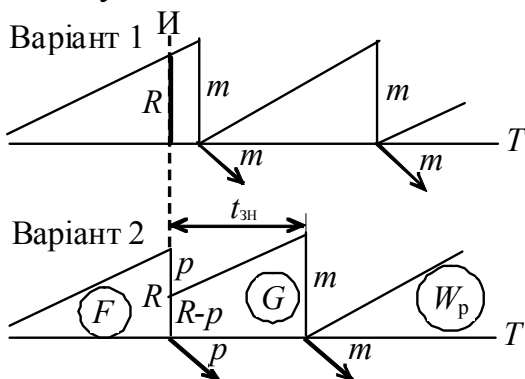


Рисунок 3 – Варіанти процесу накопичення вагонів окремого призначення

включається p вагонів даного призначення (за умови $p \leq R$), загальний простій вагонів під накопиченням складає

$$W_2 = F + G + W_p = \frac{R^2 + (m + R - p)(m - R + p) + (N - p - m)m}{2\lambda}. \quad (6)$$

Економія вагоно-годин накопичення одного призначення внаслідок формування одного двогрупного поїзда (у подальшому економія простою) становить

У випадку формування тільки одногрупних поїздів (варіант 1) середня тривалість простою під накопиченням одного вагона становить

$$t_n = \frac{m}{2\lambda}, \quad (4)$$

а вагоно-години накопичення потоку з N вагонів складають

$$W_1 = \frac{Nm}{2\lambda}. \quad (5)$$

При формуванні в момент И двогрупного поїзда (варіант 2), до складу якого

$$W_{\text{ек}} = W_1 - W_2 = \frac{p(m - 2R + p)}{2\text{л}}. \quad (7)$$

Результати досліджень, виконаних для різних значень величин R та p , показали, що формування двогрупних поїздів не завжди приводить до зменшення простою вагонів під накопиченням. Зростання залишку вагонів у кількості $(R - p)$, зменшує економію простою, а у випадках, коли $(m - 2R + p) < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з одногрупними поїздами. Отже, формування двогрупного поїзда в конкретних оперативних умовах може давати економію простою тільки за певних умов, що вимагає відповідних досліджень.

Двогрупні поїзди на головній станції формуються з вагонів двох попутних призначень, тому економія простою вагонів під накопиченням складається з економії простою двох призначень: $W_{\text{ек}}^A = W_{\text{екAB}} + W_{\text{екAC}}$.

Результати досліджень ефективності формування двогрупного поїзда з вагонів двох призначень показують, що при наявності у двох призначень достатньої кількості вагонів для формування двогрупного поїзда ($R_1 + R_2 \geq m$) максимальна економія простою під накопиченням може бути отримана, коли до його складу включається повністю одна з груп, а кількість вагонів іншого призначення визначається з умови $p_1 + p_2 = m$. При цьому потрібно розглядати два випадки: 1) $p_1 = R_1$, $p_2 = m - p_1$; 2) $p_2 = R_2$, $p_1 = m - p_2$. Ефективним слід вважати випадок з більшим значенням величини $W_{\text{ек}}$.

Вагони ядра (m_{AC} вагонів призначення AC) у складі двогрупного поїзда певним чином впливають на тривалість простою на станції В вагонів призначення BC. Для опису цього впливу на рис. 4 наведено розрахункові схеми процесу накопичення на станції В вагонів призначення BC.

У випадку, коли $R + m_{\text{я}} \geq m$ (стан 1 на рис. 4), процес накопичення повністю співпадає з розглянутим для станції А (варіант 2 на рис. 3), і економія простою під накопиченням вагонів призначення BC може бути визначена за формулою (7).

При цьому величина причіпної групи становить $p = m - m_{\text{я}}$.

У випадку, коли $R + m_{\text{я}} < m$ (стан 2 на рис. 4), тривалість завершення накопичення даного поїзда у середньому дорівнює

$$t_{\text{зн}} = \frac{p - R}{\text{л}}, \quad (8)$$

а вагоно-години додаткового простою вагонів ядра в очікуванні накопичення причіпної групи становлять

$$H = \frac{m_{\text{я}}(p - R)}{\text{л}}. \quad (9)$$

Загальний простій під накопиченням вагонів призначення BC (у випадку прибуття двогрупного поїзда) складається з вагоно-годин накопичення причіпної групи у кількості p вагонів та накопичення решти $(N - p)$ вагонів до складу одногрупних поїздів і становить

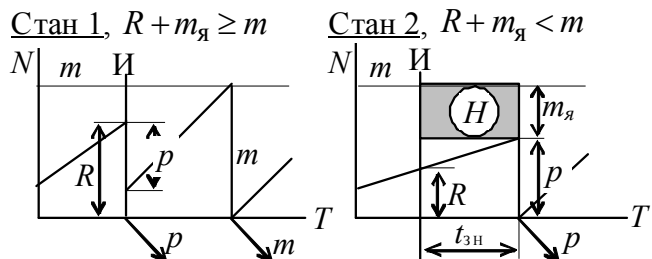


Рисунок 4 – Розрахункові схеми процесу накопичення вагонів призначення BC

$$W_2 = \frac{p^2}{2\lambda} + \frac{(N-p)m}{2\lambda}. \quad (10)$$

Економія простою вагонів на станції В може бути визначена як

$$W_{\text{ек}} = W_1 - W_2 - H = \frac{Nm}{2\lambda} - \frac{p^2}{2\lambda} - \frac{(N-p)m}{2\lambda} - \frac{m_{\text{я}}(p-R)}{\lambda} = \frac{m_{\text{я}}(m_{\text{я}} + 2R - m)}{2\lambda}. \quad (11)$$

Результати досліджень, виконаних для різних значень величин R та $m_{\text{я}}$ показали, що надходження додаткової групи вагонів на окреме призначення може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів на станції В. Наявність економії залежить від величини ядра двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів. Найбільша економія простою може бути отримана за умови $m_{\text{я}} + R = m$. Зменшення $m_{\text{я}}$ відносно R зменшує економію простою, а у випадках, коли $(m_{\text{я}} + 2R - m) < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Згідно з критерієм (1), ефективність двогрупного поїзда залежить від тривалості його знаходження на станції В, обсягів і технології маневрової роботи з відчіпною та причіпною групами вагонів, ролі станції в системі обслуговування поїздів локомотивами і локомотивними бригадами. Обробка двогрупного поїзда може виконуватись і в різних парках станції. Звідси постає задача визначення раціональної технології обробки поїздів на станції обміну груп вагонів.

Для збільшення ефекту від оперативного формування двогрупного поїзда пропонується на станції обміну груп використовувати адаптивну технологію обслуговування двогрупних поїздів. Вона передбачає визначення раціональної технології роботи з окремим двогрупним поїздом у залежності від його складу (кількості вагонів ядра $m_{\text{я}}$ та відчіпної групи $m_{\text{ВГВ}}$), стану (R) призначення ВС, потреби у зміні поїзного локомотива.

Результати розрахунків за критерієм мінімальних витрат, пов'язаних з обробкою двогрупного поїзда, подаються у графічному вигляді зонами ефективної технології у залежності від параметрів поїзда та призначення, як показано на рис. 5. Такі залежності можуть бути отримані для кожної технічної станції з урахуванням її техніко-технологічних параметрів та потужності вагонопотоків тих призначень, вагони яких будуть використовуватися при виконанні обміну груп у двогрупних поїздах.

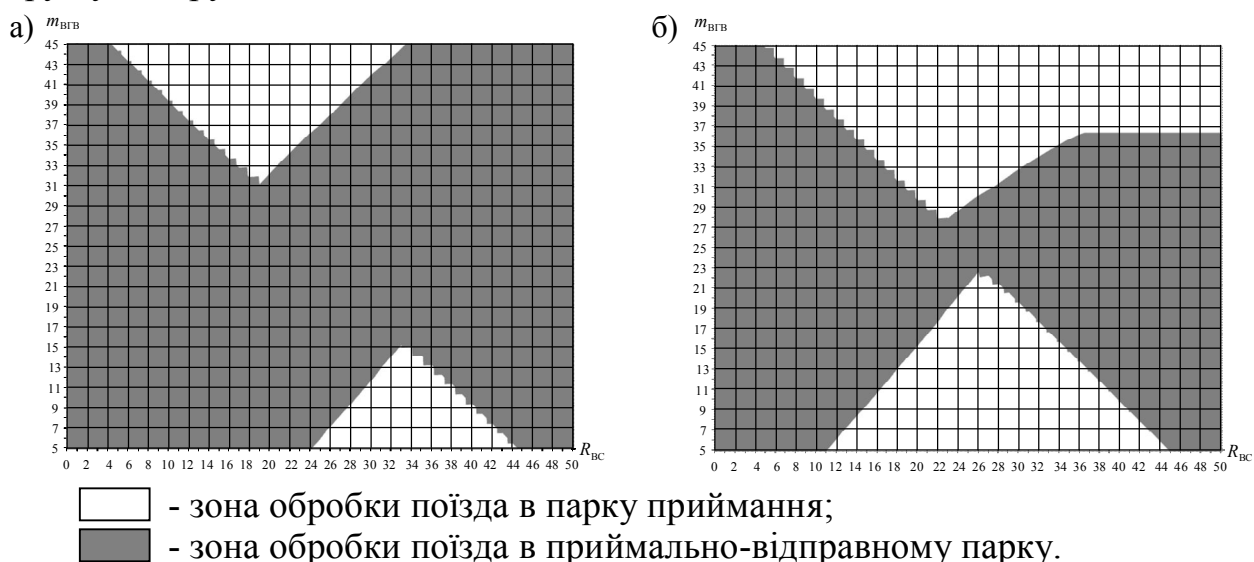


Рисунок 5 – Зони раціональної технології обробки двогрупного поїзда:

а) при відсутності зміни поїзного локомотива; б) при необхідності зміни поїзного локомотива

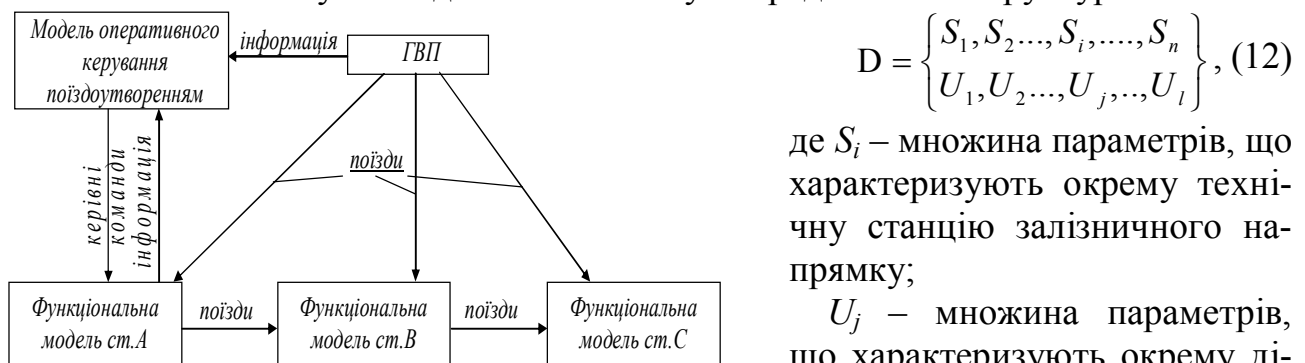
Для оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда при застосуванні критерію ефективності ІЦ (3) розроблено відповідну процедуру, зміст якої полягає в наступному:

- а) за допомогою прогнозних даних надходження вагонів на головну станцію А визначається період, за який відбудеться завершення накопичення кожного одно-групного поїзда (призначення В та призначення С);
- б) визначається кількість вагонів у кожній з груп двогрупного поїзда;
- в) на основі формули (7) визначається економія вагоно-годин простою $W_{\text{ек}}$ на головній станції тих призначень, вагони яких планується включити до складу дво-групного поїзда, у випадку його формування;
- г) визначається раціональна технологія обміну груп вагонів на попутній технічній станції (станція В) з урахуванням складу двогрупного поїзда та можливого стану станції на момент його надходження;
- д) на основі критерію ІЦ визначається економія витрат, пов'язаних з формуванням двогрупного поїзда;
- е) при виконанні умови ІЦ > 0 робиться висновок, що формування двогрупного поїзда є ефективним.

В четвертому розділі удосконалено систему математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку, що дозволяє виконувати дослідження впливу оперативного керування поїздоутворенням на якісні та економічні показники роботи технічних станцій. При цьому використано дворівневу ієрархічну систему моделей: на мікрорівні – функціональна модель роботи окремої технічної станції (ФМС); на макrorівні – функціональна модель роботи залізничного напрямку (ФМН).

Основою ФМН на макrorівні є модель, в якій залізничний напрямок розглядається як багатоканальна багатofазна СМО. Структура ФМН включає в себе генератор вхідного потоку поїздів (ГВП), модель оперативного керування поїздоутворенням (МОКЗН), ФМС окремих технічних станцій напрямку. Структура ФМН та схема взаємодії її моделей наведена на рис. 6.

У загальному вигляді ФМН може бути представлена структурою



де S_i – множина параметрів, що характеризують окрему технічну станцію залізничного напрямку;

U_j – множина параметрів, що характеризують окрему ділянку між двома технічними станціями.

Рисунок 6 – Структура функціональної моделі залізничного напрямку

Генератор вхідного потоку (ГВП) призначений для моделювання процесу надходження поїздів на кожен станцію з тих підходів, які не входять до складу даного залізничного напрямку. Моделювання надходження заявок на окрему станцію з тих станцій, які входять до даного напрямку, виконується за результатами роботи попередньої станції та з використанням графікової тривалості руху поїздів.

Вхідний потік представляє собою множину поїздів різних категорій, що прибувають на технічну станцію. Параметри кожного об'єкта O_k в удосконаленій моделі станції визначаються структурою

$$O_k = \{I_s, T_{\text{пр}}, \mathbf{P}, \mathbf{B}\}, k=1, 2, \dots, n_o, \quad (13)$$

де I_s – ідентифікатор станції надходження поїзда; $T_{\text{пр}}$ – момент прибуття поїзда на станцію; $\mathbf{P}$ – вектор параметрів поїзда; $\mathbf{B}$ – список параметрів процесу обслуговування поїзда на станції; n_o – загальна кількість об'єктів.

Поїзди можуть надходити на кожну станцію залізничного напрямку з декількох підходів. Момент надходження чергового поїзда O_k на станцію з підходу, що не входить до обраного напрямку, визначається за формулою

$$T_{\text{пр}(j)} = T_{\text{пр}(j-1)} + I_{j-1,j}; (T_0 = 0), \quad (14)$$

де $T_{\text{пр}(j-1)}$ – момент прибуття на станцію попереднього $(j-1)$ поїзда;

$I_{j-1,j}$ – інтервал прибуття між суміжними $(j-1)$ та j поїздами.

Момент надходження поїзда O_k на станцію i з попередньої станції $(i-1)$ залізничного напрямку визначається за формулою

$$T_{\text{пр}i}^{(i)} = T_{\text{вих}j}^{(i-1)} + t_{xj}^{(i-1)}, \quad (15)$$

де $T_{\text{вих}j}^{(i-1)}$ – момент відправлення поїзда O_k зі станції $(i-1)$;

$t_{xj}^{(i-1)}$ – тривалість руху поїзда між станціями $(i-1)$ та i .

Рішення про застосування оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку приймає поїзний диспетчер, після узгодження цього рішення з відповідними керівниками. Для моделювання оперативних рішень поїзного диспетчера щодо можливості формування на головній станції двогрупного поїзда до складу ФМН включено МОКЗН. Функціонування МОКЗН описується процедурою, яка наведена на рис. 7. Дана процедура застосовується на головній станції для вирішення питання про необхідність оперативного керування поїздоутворенням.

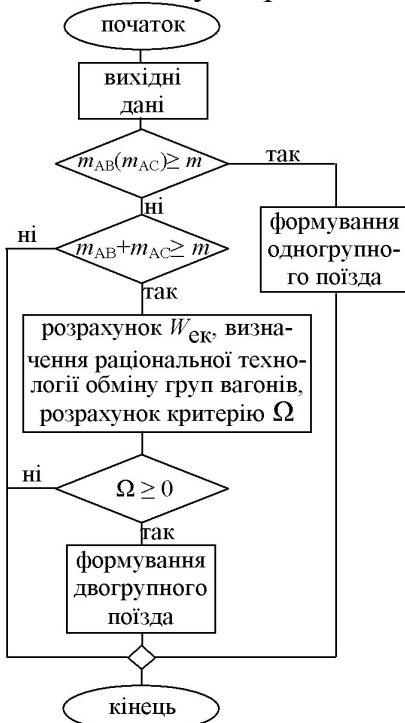


Рисунок 7 – Процедура визначення категорії поїзда, що формується

Для моделювання роботи технічних станцій залізничного напрямку удосконалено відповідні ФМС. За основу моделі технологічного процесу роботи станції (МТП) прийнята модель, в якій станція розглядається як багатофазна, багатоканальна, керована СМО. В МТП вхідний потік створюють поїзди, що потребують обслуговування на станції. Фазами обслуговування є окремі технологічні операції, які виконуються в певній послідовності відповідно до технологічного процесу (ТП). Тривалості цих операцій моделюються як випадкові величини, параметри яких залежать від характеристик об'єкту. Обслуговуючими пристроями є виконавці технологічних операцій.

ТП обробки об'єктів на станції являє собою комплекс технологічних операцій (ТО) $q_i \in Q_o$, кожна з яких повинна бути виконана у певному порядку перед тим, як об'єкт залишить систему. Кожна з ТО (прийом, технічний огляд і т.п.) описується структурою

$$q_i = \{ I_w, N_o, U_q, F_q, t_q, z_q, s_q \}, i = 1, 2 \dots, n_q, \quad (16)$$

де I_w – ідентифікатор шаблону ТО; N_o – об'єкт з яким виконується операція; U_q – список виконавців операції; F_q – список умов закінчення технологічної операції; t_q – тривалість виконання операції, z_q – момент закінчення виконання технологічної операції; s_q – стан виконання ТО.

В кожену модель технічної станції включено модель оперативного керування технологічним процесом станції (МОКТП). Призначенням МОКТП є визначення та застосування раціональної (адаптивної) технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах в залежності від оперативних умов функціонування станції та експлуатаційної ситуації на напрямку за методикою, яка була розроблена в розділі 3. Функціонування МОКТП описується процедурою, яка наведена на рис. 8.

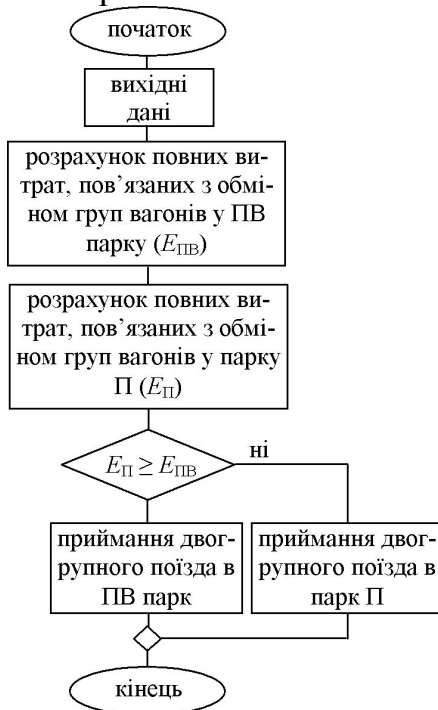


Рисунок 8 – Процедура визначення раціональної технології обміну груп вагонів

тувальних станцій України (Нижньодніпровськ Вузол та Знам'янка Сортувальна), за результатами якого визначені закони розподілу випадкових величин тривалості накопичення одnogрупних составів та тривалості знаходження вантажних поїздів різних категорій на станції. Порівняння, на основі параметричного критерію Уїлкоксона, даних величин, отриманих на реальному об'єкті та у результаті моделювання дозволило зробити висновок про адекватність розроблених моделей станцій та можливість їх використання для вирішення прикладних задач.

В п'ятому розділі визначено умови, за яких формування двогрупних поїздів в оперативних умовах на базі попутних призначень діючого ПФП забезпечує зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вантажних вагонопотоків у поїзди та просуванням їх на залізничному напрямку. Окрім того, визначено вплив окремих факторів на величину ефекту від застосування оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку.

Для виявлення ефекту від формування двогрупних поїздів в оперативних

Синхронізація усіх моделей станцій та напрямку виконується в дискретні моменти системного часу T_c , який змінюється з певним кроком. Всі вказані моделі реалізовані з застосуванням об'єктно-орієнтованого підходу у середовищі C++.

Розроблена модель функціонування залізничного напрямку дозволяє отримати за певний період необхідні експлуатаційні показники роботи як окремих технічних станцій, так і залізничного напрямку в цілому при тій чи іншій системі організації вагонопотоків. Окрім того, за допомогою розробленої імітаційної моделі напрямку, можна отримати значення загальних витрат на організацію вагонопотоків по кожному з можливих варіантів оперативного коригування плану формування.

З метою визначення придатності розробленої імітаційної моделі до виконання практичних досліджень була виконана її ідентифікація та оцінка адекватності. Для ідентифікації моделі виконано комплексне дослідження двох великих сор-

умовах, в першу чергу, було виконано дослідження впливу глибини прогнозу ($T_{пл}$) надходження вагонів на станцію на витрати, пов'язані з організацією вантажних вагонопотоків у поїзди. При цьому на головній технічній станції рішення про формування кожного окремого двогрупного поїзда приймалося лише на основі результатів прогнозу надходження вагонів обраних попутних призначень. На попутній технічній станції застосовувалась технологія обміну груп вагонів в приймально-відправному парку. Період моделювання складав 1 рік, а для оцінки варіантів організації вагонопотоків в грошовому еквіваленті застосовувався критерій (2), при цьому враховувалися лише ті витрати, які пов'язані з вагонопотоками обраних призначень. Для прикладу, на рис. 9 наведена залежність експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вагонопотоків двох попутних призначень ПФП потужністю 200 ваг/добу та без потреби у зміні поїзного локомотива на попутній технічній станції від глибини прогнозу.

Аналіз даної залежності показав, що оперативне керування поїздоутворенням за рахунок формування двогрупних поїздів забезпечує зменшення витрат на організацію вагонопотоків двох призначень на окремому залізничному напрямку на 116,91 тис. грн. на рік (глибина прогнозу 4 год) у порівнянні з формуванням лише одnogрупних поїздів.

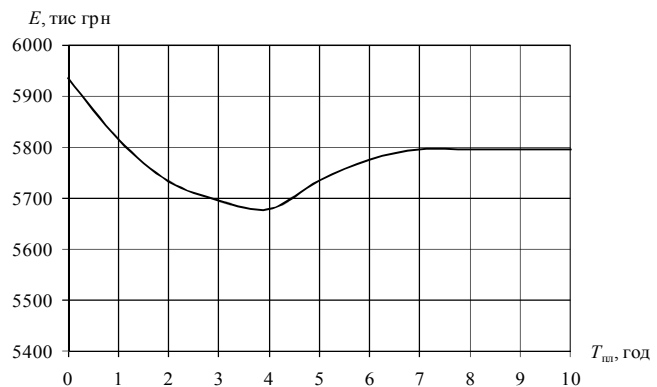


Рисунок 9 – Залежність експлуатаційних витрат від глибини прогнозу

Результати досліджень показали, що для отримання суттєвого ефекту від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах необхідно на головній станції приймати рішення з урахуванням оперативної ситуації на всьому залізничному напрямку.

Для збільшення ефекту від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах запропоновано використовувати адаптивну технологію обміну груп вагонів на попутній технічній станції (розділ 3). В результаті досліджень отримано залежності експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вагонопотоків двох попутних призначень, від глибини прогнозу для різних технологій обміну груп вагонів на попутній технічній станції. На рис. 10 наведено приклад таких залежностей для розглянутих вихідних даних. Аналіз даних залежностей свідчить про те, що застосування адаптивної технології обміну груп вагонів забезпечує більшу економію експлуатаційних витрат у порівнянні з двома іншими технологіями. При цьому величина економії витрат, у порівнянні з формуванням лише одnogрупних поїздів, складає 358,05 тис. грн. на рік, що на 241,14 тис. грн. більше ніж при застосуванні традиційної технології. Отже формування двогрупних поїздів в оперативних умовах на базі попутних призначень ПФП забезпечує економію витрат, пов'язаних з організацією вантажних вагонопотоків на залізничному напрямку. Застосування критерію ІЦ та процедури оцінювання рішення щодо формування кожного двогрупного поїзда в оперативних умовах

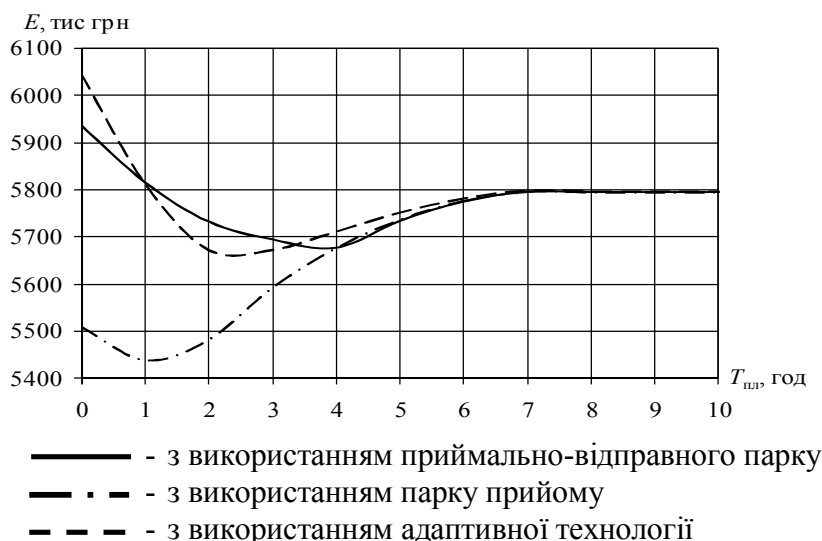


Рисунок 10 – Залежність експлуатаційних витрат від глибини прогнозу для різних технологій обміну груп вагонів

Таблиця 2 – Річні експлуатаційні показники роботи та витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків

Показник	Значення показника		
	нормативний ПФП	застосування фактору $T_{пл}$	застосування критерію Щ
Кількість поїздів:			
– одногрупних K_{AB}	1453	570	787
– одногрупних K_{AC}	1459	580	905
– двогрупних K_{ABC}	0	1763	1220
– одногрупних K_{BC}	1429	1429	1099
Загальний простій вагонів, тис. ваг-год	1213,23	1070,12	1064,02
Тривалість виконання маневрової роботи, тис. год	3,04	4,46	4,24
Простій поїзних локомотивів, тис. год	7,34	7,68	7,67
Загальні витрати, тис. грн.	5794,80	5436,75	5394,59
Економія витрат DE , тис. грн.		358,05	400,21

Аналіз результатів моделювання показує, що застосування критерію Щ та розробленої процедури оцінювання оперативного рішення забезпечує збільшення ефекту на 42,16 тис. грн. на рік (до 400,21 тис. грн., що складає 7% від загальних витрат) при зменшенні кількості формуємих двогрупних поїздів на 543 поїзда. Отже застосування критерію Щ забезпечує максимальний ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах.

Одним з важливих факторів, які впливають на витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків, є потреба у виконанні зміни поїзного локомотива на попутній технічній станції, де виконується обмін груп вагонів. Для цього були виконані окремі дослідження, які показали, що при наявності такої потреби ефект, для розглянутого прикладу, становить 562,88 тис. грн. Отже, величина ефекту від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах залежить від потреби у зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів.

Відповідно до Інструктивних вказівок на станції обміну груп вагонів може бути три варіанта співвідношення потужності вагонопотоку, який приймає участь у обміні груп вагонів, до потужності транзитного вагонопотоку (який прямує в ядрі двогрупного поїзда). Для визначення впливу цього фактору на ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах було виконано відповідні

(розроблені в розділі 3) може збільшити ефект від оперативного керування поїздоутворенням. Про це свідчать результати досліджень, які наведені в табл.2. Дані результати отримані для тих же вихідних даних, що і при застосуванні фактору $T_{пл}$. Також в табл.2, для можливості порівняння, наведено окремі експлуатаційні показники роботи залізничного напрямку при формуванні лише одногрупних поїздів та при застосуванні фактору $T_{пл}$.

дослідження. Результати досліджень показали, що наявність ефекту не залежить від цього фактору, а залежить лише величина економії експлуатаційних витрат.

Для перевірки стійкості результатів були виконані дослідження для вагонопотоків з іншими потужностями та з урахуванням потреби у зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів. Результати досліджень показали, що найменший ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах становить 195,469 тис. грн. ($N_{AB}=N_{AC}=300$ ваг/добу, $N_{BC}=100$ ваг/добу, відсутність зміни поїзного локомотива), а найбільший ефект становить 860,759 тис. грн. ($N_{AB}=200$ ваг/добу, $N_{AC}=N_{BC}=100$ ваг/добу, наявність зміни поїзного локомотива).

У додатках наведено результати досліджень характеру надходження вагонів на окремі призначення плану формування поїздів та аналіз якісних показників роботи технічних станцій, приклад розрахунку повних витрат, пов'язаних з обміном груп вагонів у двогрупному поїзді, результати досліджень впливу різних факторів на ефективність застосування двогрупних поїздів в оперативних умовах, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вантажних вагонопотоків у поїзди та просуванням їх на залізничних напрямках, за рахунок формування двогрупних поїздів в оперативних умовах. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- виконаний аналіз наукових робіт з проблем організації вагонопотоків на залізничних напрямках в оперативних умовах показав, що в сучасних умовах відсутній комплексний підхід до розв'язання задачі оперативного керування поїздоутворенням. В існуючих наукових роботах оперативне керування поїздоутворенням не враховує характер надходження вагонопотоків на технічні станції напрямку та поточну оперативну ситуацію. Залізничний напрямок не розглядається як єдиний технологічний комплекс, з урахуванням раціонального функціонування кожної технічної станції напрямку. Для розв'язання вказаної задачі необхідна розробка методики оперативного формування групових поїздів на базі одногрупних призначень, яка б враховувала поточний стан всього напрямку в цілому;

- дослідження характеру надходження вагонів на окремі призначення показали, що добова потужність вагонопотоків характеризується суттєвою нерівномірністю. Внаслідок цього витрати вагоно-годин на накопичення також мають суттєві коливання. Виявлено, що, у зв'язку з нерівномірністю надходження вагонів на окреме призначення протягом доби, норму часу накопичення состава на технічних станціях перевищують 42-46% составів;

- аналіз типової методики оцінювання ефективності організації вагонопотоків показав, що вона не може використовуватися в оперативних умовах. Це дозволило формалізувати задачу організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах;

- для можливості оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда на базі двох попутних призначень ПФП розроблено критерій та відповідну процедуру. У якості критерію застосовується економія витрат Π , яка виникає внаслідок формування двогрупного поїзда. Для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів $W_{ек}$ на головній станції та станції обміну груп отримано розрахункові формули для різних технологічних схем обслуговування двогрупного поїзда. Визначено, що при формуванні двогрупного поїзда максимальна сумарна економія простою під накопиченням може бути отримана, коли до складу двогрупного поїзда включається повністю одна з груп;

- для збільшення ефективності від оперативного формування двогрупного поїзда запропоновано на станції обміну груп вагонів використовувати адаптивну технологію обслуговування двогрупних поїздів. Вона передбачає визначення раціональної технології роботи на основі мінімальних витрат, пов'язаних з обробкою окремого двогрупного поїзда. Для вибору раціональної технології обміну груп вагонів в оперативних умовах отримано відповідні зони застосування кожного з варіантів у залежності від кількості вагонів у відчипній групі та кількості вагонів даного призначення на станції з урахуванням впливаючих факторів (потужності вагонопотоку попутного призначення та потреби у зміні поїзного локомотива);
- для дослідження впливу оперативного керування поїздоутворенням на якісні показники роботи та пов'язані з цим експлуатаційні витрати удосконалено систему математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку. В дослідженнях використовувалась дворівнева ієрархічна система моделей: мікрорівень – функціональна модель роботи технічної станції; макрорівень – функціональна модель роботи залізничного напрямку. Розроблені моделі дозволяють досліджувати вплив різних варіантів організації вантажних вагонопотоків у поїзди на якісні показники роботи та пов'язані з цим експлуатаційні витрати як окремих технічних станцій, так і залізничного напрямку в цілому;
- на основі серії експериментів на імітаційній моделі напрямку визначено, що формування двогрупних поїздів в оперативних умовах на базі попутних призначень діючого ПФП забезпечує зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням. Аналіз результатів моделювання показав, що застосування критерію ефективності Щ та розробленої процедури оцінювання рішення щодо формування кожного двогрупного поїзда в оперативних умовах забезпечує максимальний ефект від оперативного керування поїздоутворенням;
- визначено, що такі фактори як потужність вагонопотоків та потреба у зміні поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп впливають на величину ефекту, яка, за певних поєднань даних факторів, коливається у межах від 195 тис. грн. до 864 тис. грн. на рік;
- розроблена процедура оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативних умовах може бути застосована у АРМ ДНЦ та АРМ ДСЦ для підтримки прийняття рішення щодо оперативного керування поїздоутворенням на відповідних рівнях.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Божко М.П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 21. – С.219-222.
2. Мазуренко О.О. Визначення характеру надходження вагонів на окремі призначення плану формування [Текст] / О.О. Мазуренко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – Вип.113. – С. 128-134.
3. Божко М.П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники експлуатаційної роботи [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2010. - Вип. 32. - С. 230-236.
4. Божко М.П. Визначення економії вагоно-годин накопичення при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – 2011. – Вип. 35. – С.193-197.
5. Мазуренко О.О. Визначення ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень [Текст] / О.О. Мазуренко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/3(54). – С.23-28.

6. Вернигора Р.В. Дослідження ефективності технології формування двогрупних поїздів в оперативних умовах з використанням імітаційної моделі роботи залізничного напрямку [Текст] / Р.В. Вернигора, О.О. Мазуренко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – 2011. – №53. – С.89-95.

Праці апробаційного характеру:

1. Божко Н.П. Исследование процесса накопления вагонов на технических станциях [Текст] / Н.П. Божко, А.А. Мазуренко // Проблемы та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: IV міжнар. наук.-практ. конф., 2008 р.: тези доп. – Київ. – 2008. – С. 121-122.

2. Божко М.П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 68 міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 травня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 14-15.

3. Мазуренко О.О. Дослідження впливу періоду планування на показники організації вагонопотоків на залізничному напрямку [Текст] / О.О. Мазуренко // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті ЕКУЗТ 2008: Третя міжнар. наук.-практ. конф., 23-27 червня 2008 р.: тези доп. – Київ. – 2008. – С. 378-380.

4. Божко Н.П. Определение эффективности оперативного формирования отдельных двугруппных поездов [Текст] / Н.П. Божко, А.А. Мазуренко // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II междунар. науч.-практ. конф. 2008 р. – Гомель: БелГУТ, – 2008. – С. 45-46.

5. Божко М.П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі техніко-експлуатаційні показники роботи технічних станцій залізничного напрямку [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 69 міжнар. наук.-практ. конф., 21-22 травня 2009 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С. 68-69.

6. Божко М.П. Дослідження впливу технології обміну груп у двогрупних поїздах на техніко-експлуатаційні показники роботи технічних станцій залізничного напрямку [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 70 міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 квітня 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 119-120.

7. Мазуренко О.О. Визначення впливу окремих факторів при прийнятті оперативних рішень на економічну ефективність керування організацією вагонопотоків [Текст] / О.О. Мазуренко // Интеграция Украины в международную транспортную систему: II міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 травня 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 63-64.

8. Мазуренко О.О. Визначення раціонального критерію для прийняття рішення по оперативному формуванню двогрупного поїзда [Текст] / О.О. Мазуренко, М.П. Божко // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті ЕКУЗТ 2010: П'ята міжнар. наук.-практ. конф., 24-26 травня 2010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2010. – С. 172.

9. Божко М.П. Визначення економії вагоно-годин накопичення при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 71 міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. –

2011. – С. 127-129.

10. Мазуренко О.О. Застосування адаптивної технології для обслуговування двогрупних поїздів на станції обміну груп вагонів [Текст] / О.О. Мазуренко, Д.І. Кулаксіз // Підвищення ефективності роботи та безпеки транспортних систем: 71 наук.-техн. конф., 26-29 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – С. 8-10.

11. Пшінько О.М. Напрямки підвищення конкурентоспроможності вантажних перевезень на залізничному транспорті [Текст] / О.М. Пшінько, Г.І. Переста, О.О. Мазуренко // International black sea transport forum: міжнар. наук.-практ. форум, 19-21 жовтня 2011 р.: тези доп. – Одеса: Морський вокзал. – 2011. – С. 119-121.

12. Мазуренко О.О. Застосування адаптивної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді [Текст] / О.О. Мазуренко, А.В. Кудряшов // Інтеграція України в міжнародну транспортну систему: III міжнар. наук.-практ. конф., 17-18 листопада 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2011. – С. 32-34.

Додаткові праці:

1. Мазуренко О. О. Зменшення обігу вагонів за рахунок раціональної організації вагонопотоків [Текст] / О. О. Мазуренко, Г. Я. Мозолевич, А. В. Кудряшов // Вагонный парк. – 2011. – № 5. – С.38-41.

АНОТАЦІЯ

Мазуренко О.О. Удосконалення оперативного керування поїздоутворенням на залізничних напрямках. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена проблемі зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вантажних вагонопотоків у поїзди та просуванням їх на залізничному напрямку за рахунок формування двогрупних поїздів в оперативних умовах. На основі дослідження процесу накопичення составів, характеру надходження вагонів на окремі призначення плану формування та аналізу типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків, розроблено критерій та процедуру для оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда на базі двох попутних одnogрупних призначень плану формування поїздів. Отримано залежності для визначення економії вагоно-годин накопичення внаслідок формування двогрупного поїзда на головній станції та при виконанні обміну груп вагонів з застосуванням кожної з можливих технологій на попутній технічній станції в оперативних умовах. Запропоновано використовувати адаптивну технологію обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. Для дослідження впливу оперативного формування двогрупних поїздів на ефективність організації вантажних вагонопотоків на залізничному напрямку удосконалено дворівневу імітаційну модель роботи залізничного напрямку. На макрорівні, до складу моделі роботи залізничного напрямку, введено модель оперативного керування поїздоутворенням, яка імітує роботу оперативно-розпорядчого персоналу щодо організації вагонопотоків у поїзди на залізничному напрямку. На мікрорівні, до складу моделі роботи технічної станції, введено модель оперативного керування технологічним процесом роботи станції для застосування адаптивної технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах.

За допомогою розроблених моделей виконано дослідження впливу оперативного формування двогрупних поїздів на основні якісні показники роботи технічних станцій та залізничного напрямку в цілому. Встановлено вплив окремих факторів на ефективність застосування оперативного керування організацією вагонопотоків на залізничному напрямку. В результаті досліджень визначено умови, в яких використання двогрупних поїздів в оперативних умовах є ефективним.

Ключові слова: залізничний напрямок, вагонопоток, імітаційна модель, оперативне формування, двогрупний поїзд.

АННОТАЦИЯ

Мазуренко А.А. Усовершенствование оперативного управления поездообразованием на железнодорожных направлениях. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена проблеме сокращения эксплуатационных расходов, связанных с организацией грузовых вагонопотоков в поезда и продвижением их на железнодорожном направлении за счет формирования двугруппных поездов в оперативных условиях.

В диссертации выполнен всесторонний анализ отечественного и зарубежного опыта оперативного управления организацией вагонопотоков в поезда. Существующие методы не учитывают характер поступления вагонов на технические станции и текущую оперативную обстановку. Кроме этого, железнодорожное направление не рассматривается как единый технологический комплекс, с учетом рационального функционирования каждой технической станции направления.

На основе исследования процесса накопления составов, характера поступления вагонов на отдельные назначения плана формирования и анализа типовой методики оценки эффективности организации вагонопотоков, разработан критерий и процедура для оценивания оперативного решения по формированию двугруппного поезда на базе попутных одnogруппных назначений плана формирования поездов. Получены зависимости, которые могут быть применены для определения экономии вагоно-часов накопления вследствие формирования двугруппного поезда на головной станции и при выполнении обмена групп вагонов с использованием каждой из возможных технологий на попутной технической станции в оперативных условиях.

Для увеличения эффекта от оперативного формирования двугруппного поезда предложено на станции обмена групп вагонов использовать адаптивную технологию их обслуживания. Она предусматривает определение рациональной технологии работы на основе минимальных затрат, связанных с обслуживанием отдельного двугруппного поезда. Выбор рациональной технологии обмена групп вагонов может выполняться на основе полученных зон эффективности применения каждого из вариантов в зависимости от количества вагонов в отцепляемой группе и количества вагонов данного назначения на станции с учетом влияющих факторов (мощности вагонопотока попутного назначения и необходимости смены поездного локомотива). Данные зоны могут быть получены для каждой технической станции с учетом ее технико-технологических особенностей и разной мощности вагонопотоков тех назначений, которые будут использоваться при выполнении обмена групп вагонов.

Для исследования влияния оперативного формирования двугруппных поездов на эффективность организации грузовых вагонопотоков на железнодорожном

направлении усовершенствована двухуровневая имитационная модель работы железнодорожного направления. На макроуровне в состав модели работы железнодорожного направления введена модель оперативного управления поездообразованием, которая имитирует работу оперативно-распорядительного персонала в отношении организации вагонопотоков в поезда на железнодорожном направлении. На микроуровне в состав модели работы технической станции введена модель оперативного управления технологическим процессом работы для применения адаптивной технологии обмена групп вагонов в двугруппных поездах.

При помощи разработанных моделей выполнено исследование влияния оперативного формирования двугруппных поездов на основные качественные показатели работы каждой технической станции и железнодорожного направления в целом. Установлено степень влияния отдельных факторов на эффективность применения оперативного управления организацией грузовых вагонопотоков на железнодорожном направлении. В результате исследований определены условия, при которых использование двугруппных поездов есть эффективным.

Ключевые слова: железнодорожное направление, вагонопоток, имитационная модель, оперативное формирование, двугруппный поезд.

THE SUMMARY

Mazurenko A. A. The improvement of operative administration making-up the trains on railway directions. – Manuscript.

Thesis for an academic degree by speciality 05.22.01 – transport systems. – Dnipropetrovs'k National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovs'k, 2011.

Dissertation dedicated to the problem reducing operating costs associated with the organization of freight wagonflow in the trains and promote them to the railway direction by forming double-unit trains in operative conditions. Based on a study of the accumulation of compositions character income for some cars use plan formation and analysis of standard methodology for assessing the effectiveness of the organization wagonflows, developed the criteria and procedure for evaluation operative solution on the making-up double-unit trains passing on the basis of two single-group assignment plan of trains. The dependencies which can be used to determine the savings wagon-hours of accumulation as a consequence of making-up double-unit train at the headend and when the exchange of wagon unit with each of the possible technologies in the accompanying technical stations under operative conditions.

To study the influence operative of making-up double-unit trains on the effectiveness of the organization of freight wagonflows at the railway direction improved two-level simulation model of the railway direction. At the macro level in the model of the railway direction introduced a model operative management of the organization wagonflows, which simulates work operational-administrative personnel in the organization of the wagonflows the trains in the railway direction. At the micro level in the model of the technical station introduced a model operative process control work station for the use of adaptive technology in exchange of unit double-unit trains.

With the help of the developed models to study the effect operative of making-up double-unit trains on basic quality measures of each technical station and railway direction in general. The degree of influence of individual factors on the effectiveness of operative management of the organization of freight wagonflows at the railway direction. As a result of studies defined the conditions under which the use of trains double-unit is effective.

Key words: railway direction, wagonflow, simulation model, operative making-up the trains, two-unit train.

МАЗУРЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ПОЇЗДОУТВОРЕННЯМ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора
Підписано до друку 23.04.2012.
Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100 пр. Зам. № ____.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК №1315 від 31.03.03

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010