

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

КИМАН АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 656.222.3:658.5

**ДИСЕРТАЦІЯ**

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

05.22.01 – Транспортні системи

275 – Транспортні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А.М. Киман

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник:

ЛАВРУХІН Олександр Валерійович,  
доктор технічних наук, професор

Харків – 2017

## ЗМІСТ

ВСТУП	21
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОСУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ	28
1.1 Аналіз показників експлуатаційної роботи вантажних вагонів...	28
1.2 Аналіз діючої технології організації та пропуску вагонопотоків по залізничних полігонах	33
1.3 Аналіз наукових досліджень з питань технології організації групових поїздів	49
1.4 Аналіз існуючих автоматизованих засобів управління вантажними перевезеннями	56
1.5 Висновки до першого розділу	61
РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	64
2.1 Передумови формалізації технології погодженої організації групових поїздів оперативного призначення	64
2.2 Формування математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення	65
2.3 Процедура рішення математичної моделі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення на основі генетичного алгоритму	74
2.4 Проведення експериментальних розрахунків щодо рішення математичної моделі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення на основі цілочисельного генетичного алгоритму	83
2.5 Висновки до другого розділу	90
РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ГРАФІКУ РУХУ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА СТАНЦІЯХ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ	92
3.1 Передумови формалізації технології синхронізації графіку руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів	94

3.2	Вимоги до технології узгодження плану формування групових поїздів оперативного призначення з графіком руху поїздів	93
3.3	Розробка математичної моделі для розрахунку розкладу руху групових поїздів на залізничній мережі	95
3.4	Рішення математичної моделі синхронізації графіку руху групових поїздів на станціях обміну груп вагонів за допомогою генетичного алгоритму з дійсним кодуванням	100
3.5	Порівняльний аналіз знайденого варіанту просування малопотужних вагонопотоків дальніх струменів у групових поїздах оперативного призначення з варіантом плану формування організації односторонніх поїздів	105
3.6	Висновки до третього розділу	116
	<b>РОЗДІЛ 4 ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ</b>	<b>119</b>
4.1	Вибір підходу щодо створення автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення на основі розподіленого штучного інтелекту	119
4.2	Загальні методи та принципи побудови системи підтримки прийняття рішень	124
4.3	Визначення структури автоматизованого управління поїзною роботою в умовах реалізації СППР формування та просування групових поїздів оперативного призначення	126
4.4	Формування графічного інтерфейсу системи підтримки прийняття рішення	130
4.5	Визначення техніко-економічної доцільності сформованої технології	132
4.6	Висновки до четвертого розділу	143
	<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>145</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>148</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	<b>161</b>

## ВСТУП

**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.

Основу 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 одногрупних 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 одногрупних призначень на 10,7 % від нормативного доцільним є прямуванням дальніх вагонопотоків одногрупних 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 вибрати 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 одногрупні 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" ДЕГУТ, 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" ДЕГУТ, 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.

## Список використаних джерел

1. Ададуrow С. Е., Гапанович В. А., Лябах Н. И., Шабельников А. Н. Железнодорожный транспорт на пути к интеллектуальному управлению. Ростов-на-Дону, 2010. 322 с.
2. Акулиничев, В. М. Организация вагонопотоков. Москва: Транспорт. 1979. С. 49-53.
3. Алейник В. С., Бочаров О. П., Ломотько Д. В., Приходько С. И. Удосконалення системи диспетчерського керування рухом на залізницях України. [\*Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті\*](#). 2014. № 1. С. 3-8.
4. Архангельский Е. В. Рациональное взаимодействие в работе сортировочных станций. *Железнодорожный транспорт*. 1988. №6. С. 37-39.
5. Балака Є. І., Зоріна О.І., Колеснікова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210с.
6. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Сапожников В. В., Василенко М. Н., Быков В. П. Системы поддержки принятия решений. *Железнодорожный транспорт*. 1995. N12. С. 19-21.
7. Безпека руху поїздів на залізничному транспорті: навч. посібник для вузів. Ч. 1 / В.М.Самсонкін та ін. Київ: КУЕТТ, 2005. 180 с.
8. Бернгард К. А. Групповые поезда (Вопросы организации вагонопотоков). *Труды ВНИИЖТа*. Москва, 1953. Вып.76. 168 с
9. Богомазова Г. Є. Проблема вибору раціонального варіанту організації вагонопотоків. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2011. № 1/3(49). С. 33-35.
10. Божко М. П., Мазуренко О. О. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники плану формування технічних станцій. Транспортні системи та технології перевезень. *Збірник наукових праць ДНУЗТ*. 2011. Вип. 2. С. 22-30.

11. Бородин А. Ф. Комплексная система организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений: Дисс .... д-ра техн. наук. Москва, 2000. 491 с.
12. Бородин А. Ф. Принципы нормирования технически рационального числа назначений формируемых поездов. *Вестник ВНИИЖТ*, 1987. №1. С. 7-11.
13. Бутько Т. В., Ломотько Д. В., Прохорченко А. В., Олійник К. О. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіка руху поїздів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2009. Вип. 111. С. 23–31.
14. Быков В. П. Система поддержки принятия решений по управлению движением поездов на участках железных дорог. Хабаровск: ДВГУПС, 1999. 202 с.
15. Васильев И. И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок. Москва: Трансжелдориздат, 1941. 576 с.
16. Вернигора Р. В., Мазуренко О. О. Дослідження ефективності технології формування двогрупних поїздів в оперативних умовах з використанням імітаційної моделі роботизалізованого напрямку. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2011. №53. С.89-95.
17. Герасимов В. А. Методы решения проблемы нечеткости в задачах управления. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. 240 с.
18. [Гольштейн Е. Г., Юдин Д. Б. Задачи линейного программирования транспортного типа](#). Наука, ФИЗМАТЛИТ, 1969. 384 с.
19. Грунтов П. С., Дьяков Ю. В., Макарович А. М. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. учебник для вузов ж.д. транспорта. Москва: Транспорт, 1994. 543с.
20. Данько М. І, Бутько Т. В., Ломотько Д. В, Козак В. В. Методологічний аспект формування критеріїв ефективного управління

залізничною транспортною системою. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2010. Вип.113. С. 5-9.

21. Данько М. І., Лаврухін О. В., Рибальченко Л. І., Романчук В. О. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2010. Вип. 119. С. 7-11.

22. Довідник основних показників роботи залізниць України (2002–2012 роки). Київ: Поліграфсервіс. 2013. – 58 с.

23. Дубовицкий А. Я., Милютин А. А. Задачи на экстремум при наличии ограничений. *Журнал Высшая математика и математическая физика*. 1965. № 3. С. 395-453.

24. Ермольев Ю. М., Мельник И. М. Экстремальные задачи на графах. Киев: «Наукова думка», 1968. 174 с.

25. Жуковицький, І. В., Скалозуб В. В., Устинко А. Б. Принципи побудови системи підтримки прийняття рішень і управління вантажними перевезеннями на основі аналітичних серверів АСК ВП УЗ. [\*Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна\*](#). 2007. Вип. 17. С. 28-34.

26. Заглядимов Д. П., Петров А. П., Сергеев Е. С. Организация движения на железнодорожном транспорте: учебник для техникумов. 4-е изд. Москва: Транспорт, 1964. 543 с.

27. Заглядимов Д. П., Петров А. П., Сергеев Е. С. Организация движения на железнодорожном транспорте: учебник для техникумов / 4-е изд. Москва: Транспорт, 1964. 543 с.

28. Иловайский Н. Д., Рудых А. М., Каштанов Л. А. Организация вагонопотоков в условиях рынка. *Труды ВНИИЖТа*. Москва 1998. Вып. 4. С. 43-48.

29. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України: затв. наказом Укрзалізниці від 29.12.2004 р. №1028–ЦЗ. Київ: ТОВ «Швидкий рух», 2005. 100 с.

30. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України: затв. наказом Укрзалізниці від 15 грудня 2004 р. № 969-ЦЗ. *Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень*. 2004. 48 с.

31. Інструкція з розрахунку наявної пропускнує спроможності залізниць України: затв. наказом Укрзалізниці від 14.03.2001 р. № 143/Ц (ЦД-0036). 256 с.

32. Інструкція з складання графіка руху поїздів на залізницях України: затв. наказом Укрзалізниці від, наказ УЗ від 05.04.02 № 170-Ц (ЦД-0040).

33. [Калашнікова Т. Ю.](#) Формування адаптивної технології поїздоутворення: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Харків, 2003. 20 с.

34. Кекиш Н. А. Информационное обеспечение организации вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов. *Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. Днепропетровск. 2011. №36. С.175-180.

35. 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.

36. Ковалев В. И., Куценко Н. Н., Осьминин А. Т., Осьминина И. И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов. *Железнодорожный транспорт*. 2004. №4. С.25-26.

37. Когут Б.Б. Оперативное планирование эксплуатационной работы технических станций в условиях функционирования ОАО "РЖД" : дис канд. техн. наук : Москва, 2004. 166 с.

38. Концепція Державної Програми реформування залізничного транспорту України: схвал. розпорядж. Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 р. № 651-р. Київ: Магістраль, 2007 р.16 січ. № 1 (1179) 10. С. 6.

39. Костенніков О. М. Формування системи підтримки прийняття рішень оперативних працівників при виконанні місцевої роботи на залізничних полігонах. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2013. Вип. 137. С. 88-94.
40. Кочнев Ф. П., Сотников К. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог. Москва: Транспорт, 1990. 423 с.
41. Кудрявцев В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте. Москва: Транспорт, 1989. 278 с.
42. Кузнецов Г. А., Черноротова О. А. Организация движения поездов по специализированным «твёрдым» ниткам графика». *Железнодорожный транспорт №1*. 2009. С. 46–54.
43. Лаврухін О. В. Формування моделей і методів інтелектуальної технології оперативного управління поїздопотоками: дис. ... д-ра техн. Наук. Харків, 2012. 412 с.
44. [Лаврухін О. В.](#), Демченко Т. Б., Хансверов В. С. Формування моделі визначення оперативного плану роботи залізничної станції. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2013. Вип. 135. С. 54-57.
45. Лаврухін О. В., Долгополов П. В., Петрушов В. В., Ходаківський О.М. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями. Харків: ТОВ „Компанія СМІТ”, 2011. 118 с.
46. Лаврухін О. В., Долгополов П. В., Петрушов В. В., Ходаківський О. М. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями: навч. посіб. Харків: Тов. Компанія СМІТ, 2011. 118 с.
47. 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.
48. 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.

49. 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.

50. Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития. *Итоги 144 науки и техники. ВИНТИ. Техн. кибернетика*. 1987. № 21. С. 131-164.

51. Левит Б. Ю. О расценке сети в нелинейной задаче оптимального распределения потоков. *Сборник Трудов ИКТП*. 1970. вып. 19. С. 59-80.

52. Луговцов М. Н., Кекиш Н. А., Взаимосвязь методик расчета путевого развития сортировочных парков подходы к их усовершенствованию *Научно- практический журнал Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт*. 2007. Вып. 1/2. С.71-74.

53. Мазуренко О. О., Кудряшов А. В. Ефективність формування двогрупних поїздів в оперативних умовах організації вагонопотоків. *Зб. наук. праць ДНУЗТ*. 2014. Вип. 7. С. 50-55.

54. Максимей И. В., Сукач Е. И., Гируц П. В., Ерофеева Е. А. Имитационное моделирование вероятностных характеристик функционирования железнодорожной сети. *Математичні машини і системи*. 2008. № 4. С.147-153.

55. Матвеев Л. А. Информационные системы: Поддержка принятия решений. Санкт-Петербург, 1996. 242с.

56. Матвеев Л. А. Системы поддержки принятия решений. Санкт-Петербург, 1993. 80с.

57. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверин и др.; под ред. Д.А. Поспелова. Москва: Наука, 1986. 312с.



58. Организация вагонного хозяйства за рубежом. URL: <http://rail.uzdk.ru/transportniie-obsheinjenerniie-institut/organizaciya-vagonnogo-xozyaistva-za-rubejom> (дата звернення 19.10.2015).
59. Организация движения на железнодорожном транспорте: учебник для техникумов / Д. П. Заглядимов и др. 6-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт, 1978. 552 с.
60. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. Москва: Радио и связь, 1981. 286 с.
61. [Папахов О. Ю.](#), О कोरोков А. М., Логвінов О. М. Інформаційне забезпечення організації вагонопотоків в умовах функціонування АСК ВП УЗ. [Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна](#). 2008. Вип. 22. С. 154-157.
62. Петров А. П. План формирования поездов: Опыт, теория, методика расчетов. Москва: Трансжелдориздат, 1950. 483 с.
63. Покавкин В. А., Мелешко О. Н. Оперативное назначение групповых поездов и использование дифференцированных масс поездов в системе оптимальной организации вагонопотоков. *Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог. Межвуз. тематич. сб.* Ростов-на-Дону, 1985. Вып.182. с. 51-57.
64. Порядок направления вагонопотоков и организации их в грузовые поезда на железных дорогах Украины на 2016 – 2017 гг. (План формирования поездов): приказ ПАО «Укразилизныця» от 05.12.2016 г. № 744. 2016. 334 с.
65. Прохорченко А. В. Концептуальні підходи до управління пропускною спроможністю залізничної інфраструктури в умовах конкуренції на ринку перевезень. *Залізничний транспорт України*. 2013. Вип. 3/4. С. 63-65.
66. Прохорченко А. В. Удосконалення технології роботи полігону мережі на основі організації групових поїздів за жорстким графіком руху. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків, 2010. Вип.114. С. 192-196

67. Прохорченко А. В., Корженівський Л. В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2008. №6/6(36). С.37-40.

68. Распределенный искусственный интеллект. URL. <http://www.aiportal.ru> (дата звернення 3.01.2017)

69. Рибальченко Л. І. Підходи до реалізації системи підтримки прийняття рішення оперативного управління за допомогою сучасних технологій моделювання. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2012 №5. С. 20-24. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / пер.с польск. И. Д. Рудинский. Москва: Горячая линия – Телеком, 2004. 452 с.

70. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / пер.с польск. И. Д. Рудинский. Москва: Горячая линия – Телеком, 2004. 452 с.

71. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера. Киев: Техника, 1975. 766с.

72. Синюк В. Г., Котельников А. П. СППР: основные понятия и вопросы применения. – Белгород, 1998. 79 с.

73. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник / О. І. Пушкар і ін.; під. заг. ред. О. І. Пушкар. Харків: Інжек, 2006. 304 с

74. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. – Київ: КНЕУ, 2003. 614 с.

75. Собкевич А. В., Михайличенко К. М., Ємельянова О. Ю. Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України. Аналітична доповідь. Київ: Національний інститут стратегічних досліджень, 2014. 60 с.

76. Современный синтез критериев в задачах принятия решений / Катулев А. Н. и др. Москва: Радио и связь, 1992. 120 с.

77. Сотников Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы). Москва: Транспорт, 1986. 256 с.
78. Сотников Е. А., Левин Д. Ю., Архангельский Е. В. Вопросы совершенствования системы нормативов расчета плана формирования поездов. *Труды ВНИИЖТа*. Москва, 1982. Вып. 651. С. 31-55.
79. Сотников И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. Москва: Транспорт, 1976. 271 с
80. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах). М.: Транспорт, 1984. 256 с.
81. Спосіб блокування переміщення вагонів з небезпечними вантажами без прикриття: пат. 99290 Україна: МПК(2015.01) B61L24/00, B61F/00. №u201413795; заявл. 22.12.2014; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. 6 с.
82. Статут залізниць України: Постанова Кабінету Міністрів України від 6.04.1998 р. № 457. Київ: Транспорт України. 1998. 83 с.
83. Сукач Е. И. Автоматизация процесса исследования вариантов организации перемещения транспортных потоков в железнодорожной сети. *Математичні машини і системи*. 2009. № 4. С.161-168.
84. Технология движения грузовых поездов по твердым ниткам графика URL: <http://studydoc.ru/doc/487552/tehnologiya-dvizheniya-gruzovyh-poezdov-po-tverdym-nitkam-grafika> (дата звернення 28.10.2015).
85. Тихомиров И. Г., Сыцко П. А., Грунтов П. С. Организация движения на железнодорожном транспорте / под общ.ред. И.Г. Тихомирова. Ч.2. 3е изд. Минск:Высш. школа, 1979. 224 с.
86. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: схвал. розпорядж. Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. №1555-р. URL: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html>.
87. Тулупов Л. П. Оперативное планирование эксплуатационной работы. Москва: Транспорт, 1977. 206 с.

88. Тулупов Л. П., Жуковский Е. М., Гусятинер А. М. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах. Москва: Транспорт, 1991. 208 с.
89. Угрюмов А. К. Влияние суточной неравномерности вагонопотоков на эксплуатационную работу. *Железнодорожный транспорт*. 1964. № 3. С. 59-62.
90. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов. Москва: Транспорт, 1968. 112 с.
91. Угрюмов А. К. Суточная неравномерность вагонопотоков. *Сб. научн. тр. ЛИИЖТа*. Ленинград: Транспорт, 1960. Вып. 231. С. 54-83.
92. Угрюмов А. К., Кудрявцев В. А., Грошев Г. М., Платонов Г. А. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте. Москва: Транспорт, 1983. 240 с.
93. Укрзалізниця створила не маючу аналогів систему управління перевозками інформація  
URL:<http://glavred.info/archive/2012/07/26/110045-14>. (дата звернення 13.062016)
94. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: навч. посібник / М. І. Данько і ін.; за ред. М.І. Данька. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 174 с.
95. Форд Л., Фалкерсон Д. Потoki в сетях / пер. с англ. И.А. Ванштейн. Москва: Мир, 1966. 276 с.
96. Харари Ф. Теория графов. Москва: Наука, 1973. 300 с.
97. Хомоненко А. Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных. Санкт-Петербург: КОРОНА, 2004, 736 с.
98. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. Москва: Мир, 1974. 520 с.
99. Цветков В. Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью. *Мир транспорта*. 2013. № 5 (49). С. 6-9.

100. Шаповал Г. В., С.М. Продащук С. М., А.Ю. Волкова А. Ю. Обґрунтування доцільності формування групових поїздів. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. Донецьк, 2009. Вип. 19. С. 24-32.
101. Шаров В. А., Пояркова М. А., Сурков М. Е. Эксплуатационно-технологические требования к организации вагонопотоков в условиях рыночной экономики. *Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики: Сб. научн. тр. ВНИИЖТ*. Москва, 1993. С. 56-61.
102. Шумик Д. В., Москаленко А. Д., Майоров А. М. Аналіз розвитку вантажних перевезень в умовах інформатизації. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2013. Вип. 135. - С. 96-100.
103. Щелоков А. И., Шапкин И. Н. Новое в технологии и управлении перевозками. *Железнодорожный транспорт*. 1995. №8. С. 8-10.
104. Экономика железнодорожного транспорта: учеб. / И.В. Белов, В.Г. Галабурда и др.; под общ. ред. И. В. Белова. Москва: Транспорт, 1989. 351 с.
105. Юрченко Ю. М., Погасій С.О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з теми «Визначення економічної ефективності заходів у галузі автоматизації, телемеханіки та зв'язку на залізничному транспорті». Харків. УкрДАЗТ, 2002. 34с.
106. Яновский П. А. Обоснование эффективности применения групповых поездов в условиях формирования транспортного рынка. *Безопасность движения поездов. Сб. науч. тр.* Москва:МИИТ, 2002.С.65-66.
107. Ярушкина Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: учеб.пособие. Москва: Финансы и статистика, 2004. 320с.
108. Яхьева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети. Москва: Интернет - Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 316 с.
109. Castelli L., Pesenti R., Ukovich W. Scheduling multimodal transportation systems. *European Journal of Operational Research*. 2004. Vol. 155(3). P. 603-615.

110. Ceder A, Golany O. Creating bus timetables with maximal synchronization. *Transportation Research*. 2000. Part A 35. P. 913 -928.
111. Colson G., de Bruyn Chz. Belg. J. Multiple criteria support on microcomputers. *Oper. Res, Statist and Comput. Sci.* 1987. Vol. 27. N 1. P. 29-58.
112. Daduna J., Voß S., Branco J., Paixão P. Practical Experiences in Schedule Synchronization. *Computer-Aided Transit Scheduling. Springer Berlin Heidelberg*. 1995. Vol. 430. P. 39-55.
113. Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs. *In Numerische Mathematik*. 1959. Vol.1. P. 269–271.
114. Dutta A. Integrating AI and optimization for decision support. *Decision Support Systems*. 1996. Vol. 18, pp.217-226.
115. Edosomwan J. A. Artificial intelligence series. Ten design rules for knowledge based expert systems. *Int. Eng. (USA)*. 1987. Vol. 19. N 8. P. 78-80.
116. Heena Goyal, Shilpa Yadav. Multi-Agent Distributed Artificial Intelligence. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. June 2011. Volume-1. Issue-NCAI2011. pp. 2231-2307
117. Heydenreich T., Lahrmann M., How to save wagonload freight. *Railway Gazette International*. 2010. P. 126-129.
118. URL: <http://gogaforever.narod.ru/>
119. Jovanovich D, Harker PT. Tactical scheduling of train operations: the SCAN I system. *Transportation Science*. 1991. Vol. 25. P. 46-64.
120. Kraay D, Harker P. Real-time scheduling of freight networks. *Transortation Research Part B 1994*. Vol. 29(3). P. 213-229.
121. Metcalfe [R. M., Boggs D. R. Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. ACM Communications. Vol. 19\(5\): 395-404, July 1976.](#)
122. Parsaye, K.A. Characterization of Data Mining Technologies and Processes. *The Journal of Data Warehousing*. 1998. №1. p. 12-24.

123. Sauder RL, Westerman W. Computer aided train dispatching: decision support through optimization. *Interfaces*. 1993; Vol. 13. P. 24-37.
124. Wang L. X. Fuzzy systems are universal approximators. *In Proc. of the IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems*. 1992. P. 1163–1169.
125. Wright A. Genetic algorithms for real parameter optimization. *Foundations of Genetic Algorithms*. V.1. 1991. P. 205-218.

