

Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

Сіконенко Григорій Михайлович

УДК 656.212.5

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ
ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Буцько Тетяна Василівна,
д.т.н., професор

Харків – 2005

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ МЕТОДИК ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ, ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ТОПОЛОГІЯ РОЗТАШУВАННЯ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ	12
1.1 Аналіз методів оцінки технічного рівня сортувальних станцій	12
1.2 Аналіз основних показників функціонування мережі сортувальних станцій	16
1.2.1 Аналіз вагонопотоків на мережі сортувальних станцій	16
1.2.2 Динаміка часу знаходження вагонів на технічних станціях і вплив на нього організації маневрової роботи	18
1.2.3 Визначення мінімальної кількості призначень плану формування	19
1.3 Аналіз методів формування мережі сортувальних станцій	27
1.3.1 Аналіз закордонного досвіду розташування сортувальних станцій	31
1.4 Висновки	34
РОЗДІЛ 2	
МЕТОД ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ЇЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	36
2.1 Метод оцінки технічного рівня сортувальної станції	36
2.2 Розробка моделі визначення ефективного завантаження сортувальної станції	39
2.3 Визначення основних параметрів цільової функції для рішення задачі ефективного завантаження сортувальної станції	42
2.4 Висновки	64
РОЗДІЛ 3	
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ ПРИ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ	67
3.1. Дослідження структури і оцінка параметрів імовірнісних характеристик при визначенні ефективного завантаження технічних засобів сортувальної станції	67
3.2. Моделювання визначення раціонального завантаження технічних засобів сортувальної станції	71
3.3 Метод визначення дислокації сортувальних станцій та основи організації вагонопотоків	73
3.4 Формування моделі розподілу сортувальної роботи між сортувальними станціями мережі залізниць	75
3.4.1 Модель визначення структури мережі сортувальних станцій	75

3.4.2 Розробка комплексної моделі взаємодії сортувальних станцій з урахуванням їх технічного рівня	79
3.5 Оптимізація цільової функції визначення ступені участі сортувальної станції у сортувальній роботі на основі її технічного рівня	91
3.6 Висновки.....	95
РОЗДІЛ 4	
МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО КОРИГУВАННЯ ГРП ДЛЯ УРАХУВАННЯ ЗМІН ВАГОНОПОТОКІВ ПРИ ПЕРЕРОЗПОДІЛІ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	
4.1 Удосконалення оперативного управління перевезеннями на основі автоматизації процесів	97
4.2 Оцінка ефективності планування перевезень вантажів на мережі залізниць	101
4.3 Формування комплексної системи розробки графіків руху поїздів	106
4.4 Прогнозний економічний ефект від приведення сортувальних станцій до необхідного технічного рівня в умовах перерозподілу сортувальної роботи	119
4.5 Висновки	122
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	127
ДОДАТОК А Структура дисертаційного дослідження	139
ДОДАТОК Б Аналіз основних показників роботи сортувальних станцій та мережі залізниць України за 1994-2004 р.р.	140
ДОДАТОК В Визначення пріоритетності вагонопотоку для розрахунку плану формування поїздів	144
ДОДАТОК Д Перевірка систем диференційних рівнянь на стійкість за критеріями Ляпунова і Рауса	146
ДОДАТОК Е Розрахунок потреби у маневрових локомотивах в умовах зміни вагонопотоку	149
ДОДАТОК Ж Аналіз статистичного матеріалу	152
ДОДАТОК З Фрагмент програми визначення компонентів оцінки необхідного технічного рівня сортувальної станції в умовах перерозподілу сортувальної роботи	158
ДОДАТОК К Інтерпретація основних понять генетичних алгоритмів та результати роботи програми	169
ДОДАТОК Л Автоматизоване складання графіку руху поїздів	175
ДОДАТОК М Розрахунок економічної ефективності приведення сортувальних станцій до необхідного технічного рівня в умовах перерозподілу вагонопотоку	178
ДОДАТОК Н Акти впровадження	182

ВСТУП

Однією з актуальних задач залізничного транспорту в умовах підвищення конкурентоспроможності на транспортному ринку є раціональне розподілення вантажопотоків на мережі, що приводить до більш ефективного використання пропускної та провізної спроможності дільниць, переробної спроможності станцій, прискорення обігу вагона, підвищення продуктивності рухомого складу, зменшення поточних витрат. Необхідність рішення цієї задачі передбачено Концепцією та Програмою реструктуризації залізничного транспорту України, директивами ЄС 91/440, Програмою інформатизації, в яких основним положенням є удосконалення існуючих та створення нових технологій експлуатаційної роботи у тому числі щодо залізничних напрямків та сортувальних станцій.

Актуальність теми. Мережа залізниць України остаточно сформувалась до 70-х років минулого сторіччя і була розрахована на переробку значно більшого вагонопотоку. Тому у директивних документах передбачено приведення виробничих потужностей у відповідність до обсягів роботи, що виконується.

Значну роль у роботі залізничного транспорту відіграють саме сортувальні станції, тому що більше 70% вагонопотоку переробляються на технічних станціях при прямуванні від станції навантаження до станції вивантаження [11, 108]. Слід зазначити, що у останні роки спостерігається тенденція зменшення кількості сортувальних станцій (за період 1991-2004рр. їх кількість скоротилась на 33% – з 54 до 36), але і у теперішній час сортувальні станції завантажені лише на 40-60%, що є недостатнім. Виходячи із закордонного досвіду ця тенденція зменшення кількості сортувальних станцій буде продовжуватись до досягнення їх ефективного завантаження на 70-85% [117]. Для вирішення цієї стратегічної задачі необхідна комплексна оцінка технічного рівня сортувальних станцій, що включає конструктивні елементи, перерозподіл вагонопотоків, раціональну кількість сортувальних станцій. Це в свою чергу потребує розробки комплексу методів оцінки технічного рівня сортувальних станцій в умовах перерозподілу їх роботи.

Інструментом для удосконалення методів оцінки технічного рівня для підвищення ефективності використання сортувальних станцій є використання інформаційних технологій, що враховують динамічність процесу перерозподілу вагонопотоків і можуть бути реалізовані як додаткові задачі АРМ інженерно-технічного та оперативного персоналу.

На підставі вище наведеного тему дисертаційної роботи доцільно кваліфікувати як актуальну.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій за рахунок удосконалення методів визначення їх технічного рівня в умовах перерозподілу сортувальної роботи. Поставлена мета визначила наступні задачі досліджень:

- провести аналіз існуючих методів оцінки ефективності та класності функціонування залізничних станцій, визначення кількості і розташування сортувальних станцій;

- відкоригувати умови виділення струменю вагонопотоку у самостійне призначення при розрахунку плану формування поїздів (ПФП) з урахуванням пріоритетного вагонопотоку;

- розробити модель оцінки раціонального завантаження сортувальної станції в умовах перерозподілу сортувальної роботи;

- розробити математичну модель для визначення раціональної кількості та розташування сортувальних станцій;

- розробити метод визначення технічного рівня сортувальних станцій в умовах перерозподілу сортувальної роботи;

- розробити модель оперативного коригування графіку руху поїздів для підвищення ефективності використання рухомого складу шляхом доопрацювання існуючої автоматизованої системи оперативного управління перевезеннями (АСОУП);

- оцінити економічну ефективність приведення сортувальних станцій до необхідного технічного рівня в умовах перерозподілу вагонопотоку.

Об'єкт дослідження – розробка методів оцінки технічного рівня в умовах перерозподілу вагонопотоку.

Предмет дослідження – технічний рівень сортувальної станції.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася у відповідності з „Концепцією та Програмою реструктуризації залізничного транспорту України”, прийнятою державною адміністрацією залізничного транспорту України у 1998 році, а також з науково – дослідницькою темою „Дослідження та розробка методів нормування маневрової роботи зі зниженням витрат паливно-енергетичних ресурсів на залізницях України” (ДР №0104U003708).

Методи дослідження. Виконані дослідження базуються на процедурі моніторингу надходження вагонів на сортувальну станцію з використанням інформаційної моделі процесу перевезення, методів статистичного аналізу, теорії імовірностей та математичної статистики для дослідження поїздопотоків, метод направленої перебору варіантів для розрахунку ПФП (варіантних схем), математичний апарат нелінійного програмування для визначення технічного рівня сортувальних станцій, теорія графів та методів дискретної математики для моделювання процесу оперативного коригування графіків руху поїздів, теорія нечітких множин та методи побудови генетичних алгоритмів для визначення раціональної кількості сортувальних станцій.

Наукова новизна отриманих результатів: в дисертаційній роботі шляхом розробки комплексу математичних моделей вирішено наукову задачу підвищення ефективності функціонування сортувальної станції за рахунок розробки методів оцінки їх технічного рівня в умовах перерозподілу сортувальної роботи.

Вперше розроблено та запропоновано:

- метод комплексної оцінки технічного рівня сортувальних станцій в умовах раціонального розподілу сортувальної роботи;
- модель ефективного завантаження сортувальної станції та коефіцієнт якості використання технічних засобів сортувальної станції, що характеризує відповідність технічного рівня до обсягів виконаної роботи;
- модель визначення раціональної кількості сортувальних станцій на мережі залізниць на основі перерозподілу переробки вагонопотоків із застосуванням фізичної моделі, теорії нечіткої логіки та генетичних алгоритмів.

Удосконалено:

- метод вибору варіантних схем розташування сортувальних станцій на мережі на основі побудови екстремальних дерев на графі мережі залізниць;
- модель коригування графіку руху поїздів в оперативному режимі за умови мінімізації простою рухомого складу та локомотивних бригад при організації вагонопотоків в умовах транспортного ринку на основі методів дискретної математики;
- умови виділення струменів вагонопотоку в самостійне призначення при розрахунку ПФП за умови пріоритетності вагонопотоку;
- систему оперативного управління перевезеннями АСОУП на основі автоматизації процесу вибору варіанту використання сортувальної станції у сортувальній роботі з урахуванням її технічного рівня.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій. Обґрунтованість і достовірність наукових результатів забезпечено коректною постановою задачі визначення раціонального технічного рівня в умовах перерозподілу сортувальної роботи, раціональними припущеннями при моделюванні підсистем, використанням відповідного до суті поставлених задач математичного апарату, а також репрезентативністю вибірки статистичного матеріалу. Підтвердженням достовірності є співпадіння з похибкою 4,75% результатів експериментів з результатами обробки даних натурних спостережень за 2000 - 2004 роки на сортувальних станціях п'яти залізниць.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений комплекс моделей дозволяє визначати раціональну кількість сортувальних станцій на мережі залізниць; оптимально перерозподілити сортувальну роботу з урахуванням наявного технічного забезпечення станцій, необхідного раціонального резерву переробної та пропускної спроможності, пріоритетності вагонопотоку, що просувається прискорено та на замовлення клієнтів; скоротити простій вагонів на сортувальних станціях та, як наслідок, прискорити доставку вантажу; розроблена дискретна модель дає можливість коригувати в оперативному режимі графік руху поїздів з урахуванням раціонального використання локомотивів та локомотивних бригад за умови ресурсозбереження; запропоновані генетичні алгоритми дозволяють при втіленні їх в автоматизовану систему оперативного управління перевезеннями скоротити простій вагонів на станціях та на шляху прямування на 8-14%.

Основні результати і розроблені методи з визначення завантаження технічних засобів використані і впроваджені на Південній залізниці, а також у навчальний процес УкрДАЗТ при вивченні дисциплін "Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень" і "Математичні моделі в розрахунках на ПЕОМ", у дипломному проектуванні і при проведенні навчально-дослідних робіт студентів, на ІППК при підготовці магістрів. Відповідно до цього виконано звіт з науково-дослідної роботи з проблем вищої школи "Аналіз ефективності використання комп'ютерних технологій при вивченні дисциплін "Математичні моделі в розрахунках на ПЕОМ" та профільюючих дисциплін спеціальності ОПУТ" (ДР №0102U002541, архів № 0202U006396). Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача.

Всі результати роботи отримані особисто автором або при його безпосередній участі.

Експериментальні дослідження вагопотоків та аналіз результатів виконано автором; розробка моделей для реалізації визначення необхідного технічного рівня в умовах перерозподілу сортувальної роботи та основні висновки належать дисертанту. Впровадження результатів та розробок в інформаційне та програмне забезпечення на виробництві і в навчальному процесі УкрДАЗТ виконувалося під керівництвом автора.

У співавторстві опубліковані чотири статті.

1 Бутько Т.В., Калашнікова Т.Ю., Сіконенко Г.М. Забезпечення стійкості функціонування сортувальної станції в умовах транспортного ринку // Зб. наук. пр. ХарДАЗТ.- Вип. 47.- 2001. – С. 22 - 27.

Сіконенко ГМ належить розроблена модель визначення завантаження колій в парках станції.

2 Бутько Т.В., Рустамов Р.Ш., Сіконенко Г.М. Оцінка технічного рівня і експлуатаційної ефективності функціонування сортувальних станцій // Залізничний транспорт України, 2002 № 6. – С. 15 – 18.

Дисертанту належить розроблена модель визначення завантаження маневрових локомотивів, формалізація моделі визначення раціональної кількості сортувальних станцій.

3 Бутько Т.В., Данько М.І., Сіконенко Г.М. До питання визначення оптимальної кількості сортувальних станцій // Коммунальное хозяйство городов. -Харьков: Техника, 2002.- № 45. – С. 237 – 242.

Дисертантом формалізована мережа залізниць у вигляді фізичної моделі, визначені вагові коефіцієнти для окремої сортувальної станції.

4 Бутько Т.В., Данько М.І., Сіконенко Г.М. Оптимізація роботи мережі залізниць на основі раціонального розподілу сортувальної роботи // Коммунальное хозяйство городов. -Харьков: Техника, 2002.- № 58. – С. 196 – 201.

Сіконенко Г.М. належить розроблена модель вибору варіантних схем розташування сортувальних станцій на мережі залізниць.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на:

- науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту в 2000-2001 рр.;
- міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту в 2002-2004 рр.;
- засіданні 16 міжнародної школи-семінару в 2003р. (м. Алушта);
- всеукраїнській науково-практичній конференції “Сучасні проблеми економіки підприємства”, Дніпропетровський національний університет (м. Дніпропетровськ), 2003 р.;
- міжнародній науково-практичній конференції “Сталий розвиток міст. Міські й регіональні проблеми транспортних систем і логістики”, Харківська державна академія міського господарства (м. Харків), 2004 р.

Публікації.

Відповідно до теми дисертації опубліковано 6 наукових робіт у виданнях, що затверджені ВАК України, як фахові (дві з них без співавторів).

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 11 додатків.

Повний обсяг роботи складає 184 сторінки, з яких обсяг основного тексту 125 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 59 сторінок. Робота ілюстрована 38 рисунками, наведено 9 таблиць. Список використаних джерел складає 131 найменування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 387 с.
- 2Акулиничев В.М. , Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. Математические методы в эксплуатации железных дорог. – М.Транспорт, 1981. – 224 с.
- 3Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях /под ред. М.И. Нечипуренко. - Новосибирск: наука, 1990. - 513 с.
- 4Алгоритмы решения сетевых задач / под ред. В.И. Ким, Б.В. Черкасского сборник статей АН СССР - Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1990. - 114 с.
- 5Алешинский Е.С. Разработка модели транспортного комплекса «сортировочная станция – прилегающие участки» для выбора рациональной технологии его функционирования. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Харьков: ХарДАЗТ, 2001. – 204 с.
- 6Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1990. – 216с.
- 7Анненков Е.А. Исследование влияния мощности струй вагонопотоков на отдельные элементы времени доставки грузов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – 97 с.
- 8Балаев С.В. Актуальные вопросы размещения сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 1965. – №11. – С. 33-37.
- 9Балашевич В.А Математические методы моделирования в управлении производством. – М.: Высшая школа, 1976.- 297 с.
- 10Баранов С.И. Минимизация условных вершин в граф-схемах алгоритма. - Киев: Наукова думка, 1972. – 39с.
- 11Бернгард К.А., Межова Р.В., Шулько В.П. Размещение сортировочных станций (методика расчетов) // Труды ЦНИИ МПС, вып. 458. –М.: Транспорт , 1972. – 160с.
- 12Болотный В.Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций. – М.: Транспорт, 1986. – 280 с.
- 13Браун Р., Мэзон Р., Фламгольд Э. Исследование операций (перевод с англ.). – М.: Мир, 1981. – 677 с.
- 14Буринская З., Кутах А., Мироненко В., Фурсова Т. Имитационное моделирование процесса распределение сортировочной работы и вагонопотоков между станциями // Сборник научных трудов. – К.:КУЭТ, 2003. – С.48-53.
- 15Бурков В.Н. Прикладные задачи теории графов - Тбилиси: Мецниереба, 1974. -234 с.
- 16Бутько Т.В., Данько М.І., Сіконенко Г.М. До питання визначення оптимальної кількості сортувальних станцій // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: Техника, 2002.- № 45. – С. 237 – 242.
- 17Бутько Т.В., Данько М.І., Сіконенко Г.М. Оптимізація роботи мережі залізниць на основі раціонального розподілу сортувальної роботи // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: Техника, 2002.- № 58. – С. 196 – 201.

- 18Бутько Т.В., Калашнікова Т.Ю., Сіконенко Г.М. Забезпечення стійкості функціонування сортувальної станції в умовах транспортного ринку // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ.- № 47. – 2001. – С. 22 - 27.
- 19Бутько Т.В., Рустамов Р.Ш., Сіконенко Г.М. Оцінка технічного рівня і експлуатаційної ефективності функціонування сортувальних станцій // Залізничний транспорт України, 2002 № 6. – С. 15 – 18.
- 20Бухалков М.И. Внутрифирменное планирование. – 2-е изд., – М.: ИНФРА-М, 2000. – 216 с.
- 21Буянов В. А., Кондрахина Н. В. Жесткий график движения поездов в среде информационных технологий организации перевозок // Вестник ВНИИЖТ. 2001. № 4. - С. 3 – 7.
- 22Ветухов А.Е., Аветикян М.А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов. – М.: Транспорт, 1986. – 206 с.
- 23Галабурда В.Г. Стратегическое планирование на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт. – 2000. –№6. – С. 12-17.
- 24Галабурда В.Г.Оптимальное планирование грузопотоков. - М.: Транспорт, 1985. – 256 с.
- 25Гершвальд А.С. Автоматизация управления сортировочной работой // Приборы и системы управления. – 1986. № 12. – С. 17-18.
- 26Гмурман В.Е. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику. - М.: Статистика, 1963. – 238 с.
- 27Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 257 с.
- 28Голубков Е.П. Использование системного анализа в принятии плановых решений. – М.: Экономика, 1982. – 159с.
- 29Грунтов П.С., Захаров В.А., Ярошевич В.П. Расчет и анализ транспортных потоков: Учебн. пособие, ч.1./ Под ред. Грунтова П.С.-Гомель: БелИИЖТ, 1983.-37с.
- 30Дерибас А.Т., Повороженко В.В., Смехов А.А. Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1980. – 327 с.
- 31Довідник основних показників роботи залізниць України 1994-2004 рр. – К.: Транспорт України, 2005. – 44 с.
- 32Дувалян С.В. Методы и алгоритмы решения задач планирования и учета на железнодорожном транспорте // труды ВНИИЖТа вып. 401. – М.: Транспорт, 1969. – 255с.
- 33Дьяков Ю. В., Расулов М. Л. Технология перевозок и график движения // Железнодорожный транспорт, 1991. - № 4. - С. 7 – 12.
- 34Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Алгоритмы обработки деревьев / сборник статей АН СССР Сибирское отделение ВЦ - Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1990. - 208 с.
- 35Евтушенко Е.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. – М.: Наука, 1982.- 432 с.
- 36Еловой И.А. Оценка эффективности транспортно- технологических систем в условиях неопределенности // Вестник ВНИИЖТ.-2002.-№1.-С.12-16.

- 37Ефименко Ю.И., Тулякова Н.В. Оптимизация путевого развития технических станций в условиях рыночной экономики //: Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог в современных условиях: Сб. науч. трудов ПГУПС. – СПб.:ПГУПС, 1999. – С. 12-18.
- 38Железнодорожные станции и узлы: Задачи, примеры, расчеты / Н.В. Правдин, Т.С. Банек, В.Я. Негрей и др.; Под ред. Н.В. Правдина.-М.: Транспорт, 1976.-325 с.
- 39Заглядимов Д.П., Сергеев Е.С. Размещение основных сортировочных станций по сети железных дорог СССР // Социалистический транспорт, 1940. – №8-9. – С. 15-26.
- 40Зозуляк В.П., Пасічник В.І. Показники залізничного транспорту країн світу (аналітичний огляд і прогноз динаміки) // Залізничний транспорт України.- 2000.-№1.- С.16-21.
- 41Иловайский Н.Д., Рудых А.М., Каштанов Л.А. Организация вагонопотоков в условиях рынка // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. – №4. – С. 43-48.
- 42Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Учебн. для вузов ж.-д. трансп./ Под ред. Э.К.Лецкого. 4 часть – М.: УМК МПС РОССИИ, 2001.-260с.
- 43Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України. – К.: Транспорт України, 2003. – 100 с.
- 44Інструкція з визначення станційних та міжпоїзних інтервалів. – К.: Транспорт України, 2001. – 151 с.
- 45Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. –М.: Знание, 1980. – 61с.
- 46Каханер Д., Наулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. – М.: Мир, 2001. – 575 с.
- 47Ковалев В. И., Дегтярев В. Г., Елисеев С. Ю., Осьминин А. Т. Оптимальное по стоимости управление вагонопотоками с учетом наличия в рабочем парке вагонов, принадлежащих России, странам СНГ и Балтии. // Вестник ВНИИЖТ.-2002.-№3.-С.18-24.
- 48Ковалев В.И. Организация вагонопотоков на сети железных дорог России в условиях реформирования отрасли (развитие теории расчета плана формирования поездов, экономико-математические модели). – СПб.: Информационный центр «Выбор», 2002. – 144 с.
- 49Ковалев В.И. Особенности расчета плана формирования поездов в условиях разделения вагонного парка между разными собственниками // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. Сб. науч. тр. – СПб.:ПГУПС, 2002. – С.68-74.
- 50Комплексная автоматизированная система управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ) // Под ред. Петрова А.П. – М.: Транспорт, 1977. – 600 с.
- 51Комплексная оценка эффективности инвестиционных проектов (финансовый аспект). Методические рекомендации. – К.: Международный центр приватизации, инвестиций и менеджмента, 1996. – 36 с.

- 52 Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України. - Київ, Міністерство транспорту, 1998. – 232 с.
- 53 Кочнев Ф. П. Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог. - М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
- 54 Крюков Н.Д. Васин А.Е. Совершенствование многосуточного планирования поездной работы. – М.: Транспорт, 1977. – С. 128 – 142.
- 55 Кюб К. Модернизация сортировочных станций в Северной Америке // Железные дороги мира. – 2003. – №9. – С. 13-15.
- 56 Левит Б.Ю., Лившиц В.Н. Нелинейные сетевые транспортные задачи. – М.: Транспорт, 1972. – 144 с.
- 57 Лившиц В.Н. Системный анализ экономических процессов на транспорте. – М.: Транспорт, 1986. – 239 с.
- 58 Липовець Н. В. Проблеми реорганізації роботи сортировочных станций // Залізничний транспорт України, 1999.-№6.- С.11-13.
- 59 Малахова Е.А. Создание новой информационной технологии на сортировочных станциях в условиях функционирования комплекса автоматизированных рабочих мест // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті, 1999. - №5. – С.46-50.
- 60 Малахова О.А. Удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення. Дисертація на здобуття наукового ступеню к.т.н. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – 220 с.
- 61 Масалов Ю.Л., Лукьянов Ю.Е. Установление оптимального режима функционирования сортировочной станции. – Харьков: ХИИТ, 1985. – 49 с.
- 62 Мельник И.М. Экстремальные задачи на динамических сетях и методы их решения // Автоматизированные системы на транспорте. – К.: ИК АН УССР, 1981. – с. 44-50.
- 63 Методика определения технического уровня ГКНТ СССР. – М.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
- 64 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. – М.: Госстрой России, 1994. – 54 с.
- 65 Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций. – М.: ВПТИТРАНСТРОЙ, 1988. – 467 с.
- 66 Мировые тенденции в грузовых перевозках // Железные дороги мира.- 1997.-№5.-с.8-20.
- 67 Мироненко В.К. Реорганізація роботи сортувальних станцій та системи підведення вагонопотоків // Залізничний транспорт України. – 2003. – №2. – С. 6-7
- 68 Негрей Н.П. Исследование закономерностей колебаний транспортных потоков, обслуживаемых сортировочной станцией // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Межвузовский сборник научных статей. Гомель: БелИИЖТ, 1982.-С.32-38.
- 69 Нейдштат С.И. Размещение сортировочных станций по сети железных дорог СССР // труды НИИЭЖД вып. 7. – М.: Трансжелдориздат, 1932. – 68 с.

- 70 Никифоров Н.А. Комплексная реконструкция сортировочных станций Белорусской дороги // Автоматика, связь информатика. – 2001. – №10. – С. 38-42
- 71 Образцов В.Н. Проект распределения узлов на русской железнодорожной сети и сортировочной работы узлов с целью сокращения маневровой работы и простоя вагонов // Техника и экономика путей сообщения. – 1922. – №2. – С. 445-466.
- 72 Сортировочная станция Мюнхен-Северный (Германия) // Железнодорожный транспорт за рубежом: ЭИ/ЦНИИТЭИ, 2001. – №4. – С.11-13.
- 73 Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
- 74 Персианов В.А., Усков Н.С. Системотехнические расчеты транспортных сооружений на ЭВМ методом моделирования. // Труды СоюздорНИИ, вып. 36. – М.: ДорНИИпроект, 1968. – 135 с.
- 75 Пешель М. Модернизация сортировочной станции Антверпен-Северный // Железные дороги мира. – 1999. – №2. – С. 5-8.
- 76 Плесневич Г.С. Алгоритмы в теории графов. - Ашхабад: Нлым, 1981. - 311 с.
- 77 Погожев И.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. – М.: Знание, 1971. – 40с.
- 78 Показники по віднесенню відособлених структурних підрозділів залізниць та підприємств до груп (класів) з оплати праці керівників. – К.: Транспорт України, 2003. – 66 с.
- 79 Порядок направления вагонопотоков и организация их в грузовые поезда на железных дорогах Украины на 2005-2006 гг. (план формирования поездов). – К.: Транспорт України, 2005. – 667 с.
- 80 Поттгофф Г. Учение о транспортных потоках (перевод с нем.). – М.: Транспорт, 1975. - 344 с.
- 81 Поттгофф Г. Об определении числа путей на станциях // Железнодорожный транспорт .-1958.-№9.-С.82-87.
- 82 Правила користування вагонами та контейнерами. Ставки плати за користування вагонами та контейнерами залізниць: Збірник № 1 правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України. – К.: Друк. ПЗЗ, 1999.
- 83 Прим Р.К. Кратчайшие связи графа и некоторые обобщения // Кибернетический сборник. – М.: Мир, 1981. – №2 – С.95-107.
- 84 Резер С.М. Управление транспортом за рубежом. – М.: Наука, 1994. –315 с.
- 85 Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.
- 86 Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений. – М.: Диалог-МГУ, 2003. – 81с.
- 87 Савенко А. С. , Музыкаина Г.И.. К расчету количества путей в парках станций// Залізничний транспорт України.- 1999.-№4 с.15-17.

- 88Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техника, 1975. – 766 с.
- 89Сіконенко Г.М. Методика визначення оптимальної кількості та раціональної схеми розташування сортувальних станцій на мережі залізниць України // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – № 53.- 2003. – С. 29 - 35.
- 90Сіконенко Г.М. Оцінка ефективності планування перевезень вантажів на мережі залізниць // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – № 62. – 2004. – С. 143 - 149.
- 91Соколов П.С. Экономика сортировочных станций и организация вагонопотоков. – М.: Трансжелдориздат, 1960. – 224 с.
- 92Солтан П.С. Экстремальные задачи на графах и алгоритмы их решения. - Кишинев: Штинца, 1973. - 90 с.
- 93Сортировочные станции зарубежных дорог. – М.: Трансжелдориздат, 1957. – 175 с.
- 94Сотников Е.А. Математическое моделирование работы сортировочных станций. М.: ВЗИИТ, 1974.- 36с.
- 95Сотников Е.А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы). – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
- 96Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 188 с.
- 97Сотников И.Б. Оптимальная технологии и мощность устройств сортировочных станций // Железнодорожный транспорт.-1971.- С.22-25.
- 98Справочник по аттестации качества продукции // Под ред. В.В. Кандыбы. – Харьков: Прапор, 1974. – 239с.
- 99Ставки плати за користування вагонами і контейнерами залізниць: Наказ МТУ від 02.09.99 № 53. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18.02.99 за № 103/3396.
- 100Статут залізниць України. – К.: Транспорт України, 1998.
- 101Структура экстремальных графов / под ред. Н.П. Хомяка. Сборник статей - К.: Институт математики, 1984. - 65 с.
- 102Типовий технологічний процес роботи сортувальної станції. – К.: Транспорт України, 1998. – 262 с.
- 103Тишкин Е.М. Автоматизация управления вагонным парком. – М.: Интекст, 2000. –224 с.
- 104Тулупов Л.П. О применении вычислительной техники на сортировочных станциях // Вестник ВНИИЖТ. – М.: ВНИИЖТ, 1992. - № 4. – С. 54 – 58.
- 105Тулякова Н.В. Оптимизация технического состояния и технологического обеспечения железнодорожных станций в современных условиях // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: Сб. науч. трудов ПГУПС. – СПб.:ПГУПС, 2002. – С. 146-149.
- 106Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. – М.: Транспорт, 1994 . – С. 1-112.
- 107Угрюмов А.К., Грошев Г.М., Кудрявцев В.А., Платонов Г.А. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.

- 108 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. // Под ред. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 544с.
- 109 Федотов Н.И., Макуха А.М. Простой вагонов при накоплении вагонов на сортировочных и грузовых станциях: Сб. науч. тр. – Новосибирск: НИИИЖТ, 1973. – С. 24 – 44.
- 110 Фролов А.Н. К вопросу о взаимодействии сортировочных станций // Техника и экономика путей сообщения. – 1921. – №8. – С. 19-24.
- 111 Фурунджиев Р.И., Бабушкин Ф.М., Варавко В.В. Решение прикладных задач в диалоговом режиме. Методы безусловной оптимизации. – Минск: ВПИ, 1981. – 67 с.
- 112 Фурунджиев Р.И., Бабушкин Ф.М., Варавко В.В. Решение прикладных задач в диалоговом режиме. Численные методы математического анализа. – Минск: ВПИ, 1983. – 72 с.
- 113 Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – М.: Мир, 1974. – 519 с.
- 114 Цисельский В.С., Нифатов А.В. Использование нейронных систем при расчете поездообразования на сортировочных станциях // Железнодорожный транспорт. – 2003. – №2. – С. 21-34.
- 115 Чен К., Джиблин П., Чрвинг А. MatLab в математических исследованиях. – М.: Мир, 2001. – 343 с.
- 116 Черната І.Г. Визначення основних параметрів динаміки поїздопотоків // Залізничний транспорт України. – 1997. – № 1. – С. 26-28.
- 117 Чхадзе И.В. Сортировочные станции XXI века // Железнодорожный транспорт. – 2000. – №3. – С. 54-62.
- 118 Шабалин Н.Н. Применение теории массового обслуживания для расчета устройств станции. Лекции.- М.: МИИТ.- 1968.-90с.
- 119 Шавкин Г.Б. Сортировочные станции железных дорог США. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 86 с.
- 120 Шор Я.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. – М.: Знание, 1971. – 56с.
- 121 Штейн К. Совершенствование работы сортировочных станций акционерного общества «Германские железные дороги» // Железнодорожный транспорт за рубежом: ЭИ/ЦНИИТЭИ. – 1996. – №5. – С.23-28.
- 122 Эксплуатационные требования к размещению сортировочных станций // Труды ВНИИЖТ вып. 25. – М.: Трансжелдориздат, 1948. – 289 с.
- 123 Ягудин Р.Ш. Сортировочные станции и эффективность перевозок // Железные дороги мира. – 1999. – №2. – С. 8-12.
- 124 Chariton P., Tarjan R.E. Finding minimum spanning trees // SAM J.Comput. – 1986. – Vol. 5. – P. 724-742.
- 125 Evolver – the Genetic Algorithm Problems Solver, Axcelis, Inc., 4668 Eastern Avenue N., Seattle. WA 98103, USA.
- 126 Fredman M.L., Tarjan R.E. Fibonacci heaps and their uses in improved network optimization algorithm // 25th Ann. Symp. Found. Comput. Sci. – N.Y.: Silver Spring, 1984. – P. 338-346.

- 127Guo Z., Uhrig R.E. Use of genetic algorithm to select inputs for neural networks, in: Proceed of international Workshop on Combinations of Genetic Algorithm and Neural Networks, COGANN-92, 1992 pp. 223-234.
- 128Harp S.A., Samad T., Guha A., Towards the genetic synthesis of neural Genetic Algorithms and Their Applications; Schaffer J.D. (ed), Morgan Kauffmann, San Mateo, CA, 1989, pp. 235-247.
- 129Syslo M.M., Deo N., Kovalik J.S. Discrete Optimization Algorithms. New Jersey: Prentice-hall, 1983. – 541 p.
- 130Whitley D., Starkweather T., Bogart C., Genetic algorithm and neural networks: Optimizing connections and connectivity, Parallel Computing, 1990, nr 14, pp. 347-361.
- 131Yao A.C. An algorithm for finding minimum spanning trees // Inf. Proc. Lett. – 1975. – Vol. 4. – P. 21-25.